

Buku Referensi

INTERNET OF THINGS

THINGS

Dalam Kemaritiman

Zulfachmi, M.T. | Zulkipli, M.Pd. | Vita Rahayu, M.Kom.
Aggry Saputra, M.T. | Muthi'ah As-Sa'idah, S.Pd., M.Si.
Abdul Rahmad, M.Pd. | Danil Hardinata, S.Sos., S.Kom.
Devi Asri Yana Vita | Lusya Yulfaturrahmi

BUKU REFERENSI

INTERNET OF THINGS DALAM KEMARITIMAN

Penulis

Zulfachmi, M.T

Zulkipli, M.Pd

vita rahayu, M.Kom

Aggry Saputra, M.T

Muthi'ah As-Sa'idah, S.Pd., M.Si

Abdul Rahmad, M.Pd

Danil Hardinata, S.Sos., S.Kom

Devi Asri Yana Vita

Lusya Yulfaturrahmi

Penerbit



INTERNET OF THINGS DALAM KEMARITIMAN

Ditulis oleh:

Zulfachmi, M.T
Zulkipli, M.Pd
vita rahayu, M.Kom
Aggry Saputra, M.T
Muthi'ah As-Sa'idah, S.Pd., M.Si
Abdul Rahmad, M.Pd
Danil Hardinata, S.Sos., S.Kom
Devi Asri Yana Vita
Lusya Yulfaturrahmi

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang keras memperbanyak, menerjemahkan atau mengutip baik sebagian ataupun keseluruhan isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit.



ISBN: 978-634-7012-51-7
III+ 156 hlm; 18, 2x25,7 cm.
Cetakan I, Januari 2025

Desain Cover dan Tata Letak:

Ajrina Putri Hawari, S.AB.

Diterbitkan, dicetak, dan didistribusikan oleh

PT Media Penerbit Indonesia

Royal Suite No. 6C, Jalan Sedap Malam IX, Sempakata

Kecamatan Medan Selayang, Kota Medan 20131

Telp: 081362150605

Email: ptmediapenerbitindonesia@gmail.com

Web: <https://mediapenerbitindonesia.com>

Anggota IKAPI No.088/SUT/202

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
KATA PENGANTAR	iii

BAB I PENGANTAR TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS (IOT)	1
A. Definisi dan Konsep Dasar Internet Of Things (IoT).....	1
B. Komponen Internet Of Things (IoT)	3
C. Aplikasi <i>Internet Of Things</i> (IoT) dalam Berbagai Bidang	6

BAB 2 SISTEM PEMBUANGAN AIR PADA KAPAL TRADISIONAL	11
A. Sistem Pembuangan Air	11
B. Sistem Pembuangan Air Manual	11

BAB 3 DESAIN SISTEM OTOMATIS BERBASIS IOT	17
A. Konsep Sistem Pembuangan Air Otomatis	17
B. Komponen dan Perangkat Keras	25
C. Perancangan Sistem.....	35

BAB 4 PERANGKAT LUNAK DAN PEMROGRAMAN IOT	41
A. Platform IoT untuk Sistem Pembuangan Air	41
B. Bahasa Pemrograman untuk IoT	50

BAB 5 IMPLEMENTASI IOT DALAM SISTEM MARITIM	61
A. Penerapan IoT dalam Kapal.....	61
B. Keunggulan Teknologi IoT pada Kapal Pompong	75

BAB 6 PENGUJIAN DAN VALIDASI SISTEM	77
A. Pengujian dan Validasi Sistem	77
B. Metodologi Pengujian Sistem IoT.....	78
C. Pengujian di lingkungan nyata (kapal pompong di laut).....	78
D. Proses pengumpulan data respon sistem.....	79
D. Parameter Pengujian Kecepatan respon sistem otomatis	84
F. Ketahanan sistem dalam kondisi laut yang berbeda	91
G. Instrumen Pengumpulan Data Pengujian	92
BAB 7 MANFAAT DAN TANTANGAN IMPLEMENTASI IOT	97
A. Internet Of Things	97
B. Manfaat Implementasi IoT	99
C. Tantangan Implementasi IoT.....	100
BAB 8 TRANSFORMASI MARITIM MELALUI IOT SERTA KONTRIBUSI MATEMATIKA UNTUK SISTEM CERDAS DAN EFISIEN DI MASA DEPAN	113
A. Peranan Matematika dalam IoT Maritim.....	113
B. Inovasi Terbaru IoT Maritim.....	114
C. Potensi Pengembangan Lebih Lanjut	122
DAFTAR PUSTAKA	131
GLOSARIUM.....	149
INDEKS.....	151
BIOGRAFI PENULIS.....	153

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat-Nya, buku *Internet of Things dalam Kemaritiman* ini dapat terselesaikan dan hadir di hadapan pembaca. Buku ini hadir untuk memberikan pemahaman yang lebih luas mengenai konsep dan penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam bidang kemaritiman, sebuah sektor yang terus berkembang pesat dengan kemajuan teknologi.

Teknologi IoT, yang menghubungkan berbagai perangkat secara cerdas melalui jaringan internet, memiliki potensi besar untuk membawa transformasi dalam berbagai sektor, termasuk di dunia kemaritiman. Dalam konteks ini, IoT dapat meningkatkan efisiensi operasional, meningkatkan keselamatan, serta mendukung pengelolaan sumber daya yang lebih baik di sektor maritim. Dari pemantauan kapal, pengelolaan pelabuhan, hingga perlindungan lingkungan laut, IoT memainkan peran yang sangat penting dalam mewujudkan sistem kemaritiman yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Melalui buku ini, pembaca diharapkan dapat memahami bagaimana teknologi IoT dapat diterapkan dalam dunia kemaritiman dan bagaimana hal ini akan mempengaruhi perkembangan industri tersebut di masa depan. Buku ini juga dirancang agar mudah dipahami oleh berbagai kalangan, baik akademisi, profesional, maupun siapa saja yang tertarik dengan inovasi teknologi di bidang kemaritiman.

Akhir kata, semoga buku ini dapat memberikan wawasan yang berguna bagi siapa pun yang ingin menabuh wawasan dalam dunia kemaritiman dan menjadi sumber inspirasi dalam menghadapi tantangan dan peluang yang ada dalam penerapan teknologi di dunia kemaritiman. Terima kasih atas perhatian dan partisipasi pembaca dalam memajukan dunia kemaritiman yang lebih cerdas dan modern.

Penulis

The background of the page is a blurred aerial night view of a city, likely a port or industrial area, with lights reflecting on the water. Overlaid on this is a glowing blue network of interconnected nodes and lines, symbolizing technology and data flow.

BAB I

PENGANTAR TEKNOLOGI

INTERNET OF THINGS (IOT)

A. Definisi dan Konsep Dasar Internet Of Things (IoT)

a. Pengertian *Internet Of Things* (IoT) dan Sejarah perkembangannya

Internet mulai dikenal pada tahun 1989 dan memulai kegiatan online. John Romkey memulai penelitian tentang perangkat yang dikendalikan melalui internet pada tahun 1990 dengan membuat pemanggang roti yang dapat diaktifkan dan dimatikan secara online. Setelah itu, banyak penelitian tentang perangkat keras dan lunak untuk pengendalian jarak jauh yang dilakukan melalui internet. Hal ini memicu berkembangnya IoT yang didukung oleh banyak perusahaan raksasa. (Wilianto & Kurniawan, 2018)

Internet Of Things (IoT) diciptakan oleh seorang anggota Radio Komunitas Kevin Ashton pada tahun 1999 melalui pengembang Frequency Identification (RFID) dan sekarang bertugas sebagai direktur eksekutif pusat auto ID di MIT. Sebagian besar karena pertumbuhan perangkat seluler, komunikasi tertanam dan di mana-mana, komputasi awan, dan analisis data, IOT menjadi lebih penting di dunia nyata. (Selay et al., 2022)

Internet of Things adalah sistem di mana objek dan orang memiliki identitas unik dan dapat mengirim data melalui jaringan tanpa memerlukan dua arah antara manusia ke manusia, yaitu sumber ke tujuan atau interaksi manusia ke komputer. Konsep *Internet of Things* adalah ide yang memungkinkan berbagai benda berkomunikasi satu sama lain melalui internet. Hal-hal seperti pengenalan gambar, sistem pendukung keputusan, manajemen aset, dan berbagai layanan baru semuanya dapat dibuat

menggunakan konsep ini. Sementara ada banyak teknologi sensing, Internet of Things terbagi menjadi dua kategori: teknologi perangkat lunak dan teknologi perangkat keras. (Juliansyah et al., 2021)

b. Prinsip Kerja IoT

Prinsip kerja *internet of things* (IoT) adalah proses yang memungkinkan perangkat fisik untuk saling terhubung dan komunikasi melalui internet agar dapat mengumpulkan berbagai, dan mengolah data. (Sektor et al., 2014). Berikut prinsip-prinsip kerja *internet of things* (IoT):

1. Sensor

Sensor merupakan perangkat yang berfungsi sebagai pendeteksi perubahan fisik disekitarnya dan mengubah perubahan tersebut menjadi sinyal yang dapat dibaca, baik manusia maupun oleh sistem elektronik. Sensor dapat mengubah perangkat Internet of Things, khususnya dalam hal jaringan, dari sistem yang pasif menjadi aktif dan terhubung ke lingkungan sekitar.

2. Kecerdasan buatan

Adalah cabang ilmu komputer yang berfokus pada pembuatan sistem atau mesin yang mampu melakukan tugas-tugas yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia. AI adalah komponen penting yang "menghidupkan" Internet of Things. Dengan bantuan AI, perangkat IoT dapat berkomunikasi secara pintar dan memiliki kemampuan analisis yang lebih kompleks, seperti koleksi data, mengatur jaringan, bahkan mengembangkan algoritma. Dengan demikian, AI memungkinkan perangkat IoT melakukan aktivitas sendiri tanpa instruksi pengguna.

3. Koneksi jaringan

Merupakan hubungan yang memungkinkan perangkat komputer atau perangkat lain untuk saling berkomunikasi dan berbagi data. Koneksi jaringan menjadi bagian dari sistem Internet of Things (IoT) agar dapat berkomunikasi dengan baik. Sebenarnya, konektivitas yang diperlukan

harus stabil, tetapi tidak diperlukan untuk load yang besar.

B. Komponen Internet Of Things (IoT)

a. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sistem komputer yang melakukan satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik. Itu disebut sebagai mikrokontroler satu chip karena seluruh atau sebagian besar komponennya dikemas dalam satu chip IC. (Sudarta, 2022) Ada beberapa teknis dalam mikrokontroler yaitu: (Agung Ahmad, 2018).

i. Arduino

Platform prototipe open-source Arduino berbasis perangkat keras dan lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Ini adalah mikrokontroler satu papan yang dimaksudkan untuk memudahkan proses elektronik dalam proyek multidisiplin. Untuk menghubungkan prosesor ke modul tambahan, gunakan konektor Arduino yang terekspos.

pemrograman diperlukan, sistem Arduino dapat dengan mudah berinteraksi dengan komputer melalui port USB. Meskipun demikian, Arduino tidak memiliki kapasitas penyimpanan permanen yang besar, sebagian besar menggunakan RAM volatil. Arduino tidak dapat terhubung ke monitor atau keyboard secara langsung, dan biasanya tidak akan meng-host sistem operasi. Arduino rumah pintar mendapatkan kode IR dari sensor di rumah untuk digunakan dalam laboratorium dan dalam aplikasi dunia nyata. Setelah dikumpulkan, Anda dapat memasukkan kode untuk menaikkan dan menurunkan suhu, memutar alat, dan memutar alat ke bawah. Kemudian, kode ini disematkan ke Arduino untuk dikirim ketika diperlukan.

ii. Raspberry Pi

Raspberry Pi, yang dikembangkan oleh yayasan Raspberry Pi, adalah komputer papan tunggal yang menggunakan sistem operasi berbasis kernel Linux. Tidak seperti komputer desktop, Raspberry Pi terbatas

pada kapasitas RAM dan daya CPU. Anda juga dapat menghubungkannya ke monitor, keyboard, dan mouse. Selain itu, memiliki sistem operasi dan fasilitas penyimpanan, dan terhubung ke internet secara langsung.

iii. Middleware

Middleware adalah sistem yang memungkinkan komunikasi yang mudah antara objek dan individu melalui berbagai protokol (atau saluran komunikasi) seperti email, Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP), Hyper Text Transfer Protocol (HTTP), Facebook, Jabber (pesan instan), MXit, Tag Identifikasi Frekuensi Radio (RFID), kode tanggapan cepat (QR), Short Messaging Service (SMS), Layanan Pesan Multimedia (MMS), dan Twitter.

Pengontrol adalah komponen utama middleware. Middleware berfungsi sebagai penghubung antara saluran dan layanan bisnis. Pengguna meminta layanan middleware melalui salah satu yang disebutkan di atas saluran. Layanan bisnis ini dapat mencakup penentuan tingkat kelembaban tanaman, tweet yang kembali tentang tingkat bendungan atau suhu objek, kalkulator, dll. Pengontrol mengarahkan mereka ke layanan bisnis.

iv. Komponen data analytics

Analisis data adalah proses pemeriksaan, pembersihan, transformasi, dan pemodelan data untuk menemukan informasi bermanfaat, membuat kesimpulan, dan membantu pengambilan keputusan. Dalam situasi ini, sistem mengontrol AC dan mengubah suhu ruangan berdasarkan jumlah orang. Suhu tetap konstan meskipun jumlah orang bervariasi. Mesin aturan menerima data dan memilih di mana untuk menyalakan atau mematikan AC.

v. Aplikasi

Komponen aplikasi mengatur aturan yang mengatur keputusan yang diambil pada kendali rumah pintar. Aplikasi juga akan mengumpulkan data dari biro cuaca dan utilitas listrik tentang ketersediaan listrik. Aplikasi kemudian menggunakan aturan seperti "Jika pintu ditutup

dan jendela ditutup dan suhu di bawah tingkat tertentu, kemudian sesuaikan AC sesuai". Pada akhirnya, Anda harus dapat mengontrol seluruh lingkungan rumah pintar dengan cara ini.

b. Sensor dan aktuator yang digunakan dalam berbagai sistem.

Sensor dan aktuator merupakan komponen yang digunakan dalam berbagai sistem. Berikut ini penjelasan mengenai sensor dan aktuator:

1. Sensor

Sensor adalah peralatan yang dapat mendeteksi sinyal atau gejala dari perubahan energi, seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, atau energi mekanik, antara lain. Sebagai contoh, kamera dapat berfungsi sebagai sensor penglihatan, telinga dapat berfungsi sebagai sensor pendengaran, kulit dapat berfungsi sebagai sensor peraba, dan LDR dapat berfungsi sebagai sensor cahaya. (Budiarso, 2015) Sensor adalah alat yang dapat mengubah besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga rangkaian listrik tertentu dapat digunakan untuk menganalisisnya. Hampir semua peralatan elektronik saat ini memiliki sensor yang tertanam di dalamnya. Saat ini, sensor tersebut dibuat dengan ukuran yang sangat kecil, yang membuatnya lebih mudah digunakan dan menghemat energi. Bagian transducer yang disebut sensor berfungsi untuk "merasakan dan menangkap" perubahan energi eksternal yang masuk ke bagian inputnya. Dengan demikian, perubahan kapasitas energi yang ditangkap segera dikirim ke bagian konverter transducer untuk diubah menjadi energi listrik. Sensor dalam sistem robotika dan pengendali memberikan karakteristik seperti lidah, hidung, mata, dan pendengaran, yang kemudian diproses oleh kontroler seperti otaknya. (Rahmadhani & Widya Arum, 2022)

2. Aktuator

Aktuator merupakan suatu alat yang terdiri dari perangkat elektronik dan mekanik dan berfungsi sebagai alat stabilizer multi-komponen untuk menggerakkan atau mengendalikan mekanisme atau sistem. (Azis et al., 2023) Aktuator menghasilkan daya gerakan dan dapat mengkonversikan

besaran listrik analog menjadi besaran lain, seperti kecepatan putaran.

Prinsip kerja aktuator dapat bervariasi tergantung pada jenisnya. (Mukhtar et al., 2023) Berikut ini adalah beberapa prinsip kerja yang umum digunakan:

- Elektromagnetik: Aktuator elektromagnetik menggunakan medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik untuk menghasilkan gerakan. Prinsip ini digunakan dalam motor listrik, solenoid, atau relay.
- Hidrolik: Untuk menghasilkan gerakan linear atau putar, aktuator hidrolik menggunakan fluida bertekanan, seperti minyak hidrolik.
- Pneumatik: Untuk menghasilkan gerakan mekanik, aktuator pneumatik menggunakan udara bertekanan. Udara bertekanan mengalir ke dalam ruang yang diatur, menggerakkan piston, menghasilkan gerakan yang diinginkan.

C. Aplikasi *Internet Of Things* (IoT) dalam Berbagai Bidang

Berbagai macam implementasi *Internet Of Things* (IoT) dalam kehidupan sehari-hari. Berikut ini *Internet Of Things* (IoT) dalam berbagai bidang:

1. *Internet Of Things* (IoT) bidang transportasi

Sektor transportasi mendapatkan banyak keuntungan dari penerapan *Internet of Things* (IoT) pada berbagai aspek yaitu efisiensi transportasi publik meningkat, mengurangi kemacetan, dan mengurangi emisi. (Saputra et al., 2024) Berikut ini beberapa penerapan penggunaan *Internet Of Things* (IoT) bidang transportasi, yaitu:

- Mobil Tesla
Sistem *Internet of Things* mencakup aplikasi seluler, konektivitas, sistem update, dan mode autopilot dan self-driving, yang memungkinkan mobil untuk mengemudikan dirinya sendiri. Aplikasi ini bertujuan untuk membantu pengemudi dengan mengurangi tugas manual mereka dengan lebih aman dan nyaman.
- Manajemen lalu lintas

peranan Internet of Things juga tidak bisa lepas dari manajemen lalu lintas, hingga sistem tracking dan pelacakan kendaraan. Dengan penggunaan Internet of Things (IoT), pengelolaan lalu lintas dan transportasi telah menjadi lebih baik. Salah satu contohnya adalah penggabungan kamera CCTV ke dalam sistem lalu lintas, yang akan memantau keberadaan transportasi publik dan memberikan laporan tentang kondisi jalan raya dan arus lalu lintas. Selain memberikan laporan tentang kondisi jalan raya dan arus lalu lintas, kamera CCTV juga dapat digunakan untuk memantau keberadaan transportasi publik, yang dapat meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga. Penumpang juga akan senang menggunakan transportasi umum terbaik.

2. *Internet Of Things* (IoT) dalam sistem otomatisasi rumah dan kota pintar

Otomatisasi rumah

Rumah pintar (smart home) adalah kombinasi teknologi dan layanan yang dirancang untuk meningkatkan keamanan, efisiensi, dan kenyamanan penghuni rumah. Sistem rumah pintar biasanya terdiri dari beberapa perangkat yang dapat diakses melalui komputer, seperti perangkat pengawasan dan kontrol. (Ashari & Lidyawati, 2019) Rumah Pintar, juga dikenal sebagai "Rumah Pintar", adalah aplikasi yang diprogram melalui komputer yang secara otomatis memberikan kenyamanan, keamanan, dan penghematan energi sesuai dengan kendali pengguna. Teknologi ini bertujuan untuk membuat pemilik rumah lebih mudah memantau kondisi peralatan elektronik yang terhubung dari perangkat elektronik mereka.

Salah satu contoh teknologi Internet of Things (IOT) adalah rumah pintar, yang menghubungkan perangkat elektronik seperti AC, kipas angin, lampu, dan lainnya ke internet, yang memungkinkan pengoperasian perangkat tersebut dari jarak jauh. Dengan teknologi IOT, kita dapat mematikan lampu saat kita berada di luar rumah. (Selay et al., 2022)

Smart city / rumah pintar

Konsep *smart city* mengacu pada metode yang efektif untuk mengelola dan membangun kota. Dengan menjadi salah satu negara dengan populasi terbesar di dunia, Indonesia pasti memiliki banyak masalah pengelolaan kota yang perlu diatasi secara efektif. *Smart city* mirip dengan rantai bisnis. Artinya, kota pintar ini bersaing untuk mendapatkan penghuni baru, investor, turis, dan bahkan dana tambahan dari pemerintah pusat. (Ardinata et al., 2022) Kota harus pintar, belajar dari situasi, dan semakin terhubung satu sama lain jika mereka ingin mengikuti perkembangan zaman. Ini adalah kota pintar skala besar yang didukung oleh Internet of Things. Teknologi yang tepat harus digunakan untuk mendukung gagasan *Smart City*. Berikut adalah salah satu contohnya: (Dandy, 2022)

- Smart Trafi

Teknologi juga digunakan di jalan raya. *Traffic light* memiliki remote yang dapat digunakan untuk mengubah mode menjadi suara. Sangat bermanfaat bagi orang buta untuk melintasi jalan. Sistem dapat mengidentifikasi dan mematikan lampu trafik saat pemadam kebakaran atau situasi darurat sehingga perjalanan dapat dilanjutkan. Ketika situasi darurat berakhir, sistem akan kembali normal.

- CCTV Online

Kamera pemantau yang terhubung ke jaringan internet tersebar di seluruh wilayah DKI Jakarta. Portal *Smart City Jakarta* terhubung ke kamera pemantau, yang dapat diakses oleh semua orang melalui websitenya. Diharapkan fasilitas *CCTV online* dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan warga dan memantau situasi Ibu Kota secara real time.

- .Pelacak Lokas

Bus Transjakarta Armada Transjakarta memiliki GPS untuk memantau pergerakan bus. *Tracking bus Transjakarta* tidak hanya membantu memantau kondisi armada di lapangan, tetapi juga mencatat jarak tempuh dan menggunakan data ini untuk membayar tagihan

operator. Portal Smart City Jakarta memungkinkan warga untuk memantau pergerakan bus Transjakarta. Selain itu, TransJakarta bekerja sama dengan Google Maps untuk membuat fitur transit yang menyajikan lokasi bus Transjakarta secara real time. Dengan fitur ini, orang dapat melihat waktu tempuhnya dan memantau pergerakan armada.

3. Penerapan *Internet Of Things* (IoT) di sektor Maritim

Teknologi maritim adalah ilmu pengetahuan terapan yang diperlukan untuk kelangsungan hidup dan kenyamanan manusia di laut. Ini mencakup teknologi sederhana (lowtech), menengah (medium tech), dan tinggi (hightech). Pada sektor Maritim *Internet Of Things* (IoT) memungkinkan pemantauan, kontrol, dan pengambilan keputusan yang lebih efisien di lingkungan maritim. Manfaat penerapan *Internet Of Things* (IoT) di sektor maritim dapat meningkatkan efisiensi operasional serta keamanan dan keselamatan. (Cahaya et al., 2020) Berikut ini beberapa contoh penerapan *Internet Of Things* (IoT) di sektor maritim:

- Smart ship : Kapal pintar yang memiliki sistem otomasi dan berbagai sensor untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan operasional.
- Pelabuhan pintar : Pelabuhan yang menggunakan teknologi Internet of Things untuk memaksimalkan keamanan, lalu lintas kapal, dan proses bongkar muat.
- Perikanan pintar : Sistem Internet of Things (IoT) digunakan untuk memantau kondisi air, melacak penangkapan ikan, dan menjamin keberlanjutan sumber daya laut.



BAB 2

SISTEM PEMBUANGAN AIR PADA KAPAL TRADISIONAL

A. Sistem Pembuangan Air

Sistem pembuangan air kapal merupakan komponen vital dalam operasional kapal yang mana sistem pembuangan terdiri dari jaringan pipa, tangki, pompa, dan peralatan lainnya. Sistem ini bertanggung jawab untuk mengumpulkan, mengolah, dan membuang berbagai jenis air yang dihasilkan di kapal. Salah satu kapal tradisional yang sangat membutuhkan sistem pembuangan air yaitu kapal pompong dari wilayah Sumatra, Kepulauan Riau dan Kalimantan.

B. Sistem Pembuangan Air Manual

a. Fungsi pembuangan air dalam operasi kapal tradisional.

Pembuangan air di kapal pompong sangat krusial, diantaranya untuk menjaga stabilitas dan keamanan kapal. Air yang masuk ke dalam lambung kapal, entah dari gelombang atau rembesan, bisa menyebabkan kapal menjadi berat, miring, atau bahkan tenggelam jika tidak segera dikeluarkan. Sistem pembuangan air membantu memastikan kapal tetap ringan dan mudah dikendalikan, sehingga perjalanan bisa berlangsung dengan lancar. Dengan menjaga kapal tetap kering juga penting untuk menghindari kerusakan pada peralatan yang ada di kapal seperti alat navigasi (GPS), alat penangkapan ikan, alat komunikasi, serta alat tambahan perkakas untuk memperbaiki mesin yang beresiko tinggi rusak (korosi). Selain peralatan yang disebutkan, baja ASTM A36 yang banyak digunakan pada industri maritim juga rentan terhadap masalah korosi (Ridho, 2024).

b. Deskripsi masalah pada kapal pompong (kebocoran, air masuk, dll.).

Kapal tradisional untuk pelayaran dengan berbahan baku kayu sudah dilakukan sejak lama di Indonesia (Dewi et al., 2020). Salah satu kapal tradisional yang banyak digunakan di perairan Indonesia khususnya Kepulauan Riau dikenal dengan Kapal pompong. Namun dalam prakteknya, penggunaan kapal berbahan baku kayu mendapati beberapa masalah umum seperti:

i. Korosi dan Kerusakan Kayu

Meskipun kapal pompong terbuat dari kayu, penggunaan logam pada bagian-bagian tertentu seperti mesin dan komponen lainnya masih rentan terhadap korosi akibat air laut. Garam mempercepat proses oksidasi pada logam, yang membuat permukaannya berkarat. Mesin kapal yang menggunakan logam, terutama baja dan besi, menjadi rentan terhadap kerusakan korosi jika tidak dilindungi dengan pelapis anti-karat atau dirawat secara berkala.

Selain itu, Bagian lambung dan struktur utama kapal biasanya terbuat dari kayu. Ketika kayu terus-menerus terkena air laut dan cuaca buruk, ia dapat membusuk, retak, atau lapuk. Air laut dapat meresap ke dalam serat kayu dan, seiring waktu, menyebabkan pembusukan kayu, terutama jika kayu tidak dilapisi atau dirawat dengan pelindung air seperti pelapis resin atau cat tahan air. Pembusukan ini terjadi karena kelembaban yang tinggi memungkinkan pertumbuhan jamur dan mikroorganisme yang merusak integritas kayu. Selain itu, siklus pemanasan dan pendinginan dari paparan sinar matahari dan air laut dapat menyebabkan kayu mengembang dan menyusut, yang bisa memicu keretakan atau kelemahan struktural pada kapal.

Dalam kondisi cuaca buruk, kayu juga lebih cepat mengalami degradasi. Angin kencang, hujan, dan ombak tinggi dapat mempercepat proses perusakan kayu, terutama pada sambungan dan celah di antara papan-papan kayu yang menyusun kapal. Jika kapal tidak dirawat secara rutin dengan perawatan seperti pengecatan ulang atau pengisian retakan dengan dempul kayu, kapal bisa kehilangan stabilitas dan keamanan. Penggunaan kapal kayu membutuhkan perawatan yang ekstra dan masa pakai yang terbatas (Ardhy et al., 2019).



Gambar 2.1 kapal berbahan baku kayu



Gambar 2.2 mesin kapal dan mesin pompa air

ii. Sistem Pembuangan Air yang Terbatas

Kapal pompong sering kali tidak dilengkapi dengan sistem pembuangan air yang otomatis, seperti pompa air yang biasanya digunakan di kapal yang lebih modern. Sebagai gantinya, pemilik atau awak kapal biasanya menggunakan metode manual untuk mengatasi air yang masuk ke lambung kapal, yakni dengan menggunakan ember atau alat-alat sederhana lainnya. Air dapat masuk ke lambung kapal melalui berbagai cara, seperti kebocoran kecil, percikan ombak, atau hujan. Jika air ini tidak segera dikeluarkan, bisa menyebabkan masalah serius, seperti penurunan stabilitas kapal atau, dalam kasus ekstrim, tenggelam. Jika air masuk dalam jumlah besar karena kebocoran atau jarak rongga-rongga, yang dapat menyebabkan kapal menjadi tidak stabil atau bahkan tenggelam jika sistem pembuangan tidak memadai (Yuliadi et al., 2023).



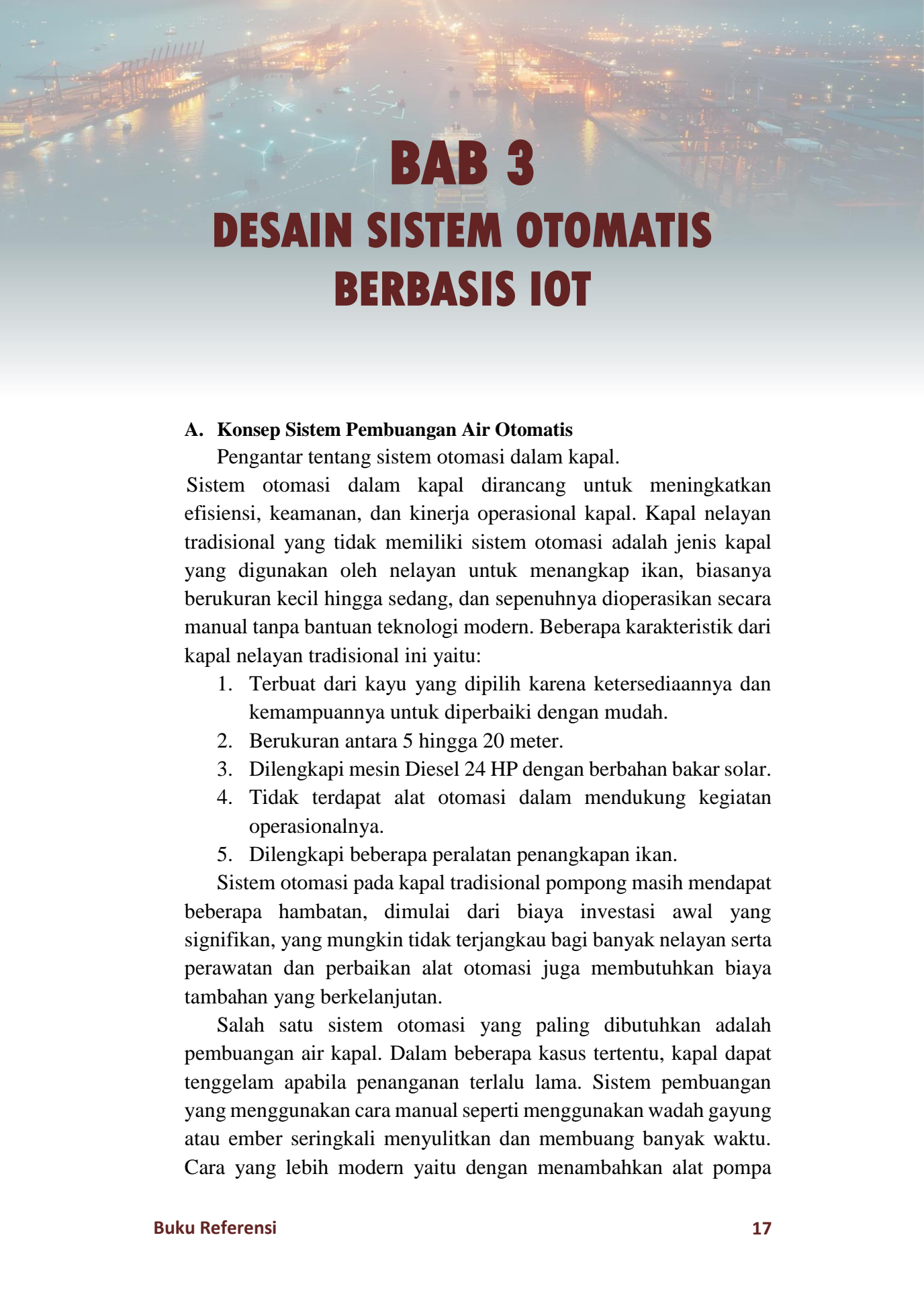
Gambar 2.3 pembuangan air menggunakan ember (ilustrasi by Canva.com)

Penggunaan ember sebagai alat utama untuk membuang air sangatlah umum di kapal-kapal kecil, terutama kapal tradisional seperti pompong, karena sederhana dan murah. Namun, metode ini memerlukan kerja manual yang signifikan dan bisa tidak efektif ketika air masuk dalam jumlah besar, terutama saat kondisi cuaca buruk atau gelombang tinggi. Dalam situasi semacam itu, pengurasan air menggunakan ember menjadi kurang efisien karena kecepatan pengurasan air yang lambat dibandingkan dengan jumlah air yang masuk ke kapal.

Di kapal yang lebih besar dan modern, air yang masuk ke lambung kapal biasanya ditangani oleh pompa keong, sebuah alat yang dirancang untuk memompa air keluar dari lambung secara lebih efisien.



Gambar 2.4 penggunaan pompa keong



BAB 3

DESAIN SISTEM OTOMATIS BERBASIS IOT

A. Konsep Sistem Pembuangan Air Otomatis

Pengantar tentang sistem otomasi dalam kapal.

Sistem otomasi dalam kapal dirancang untuk meningkatkan efisiensi, keamanan, dan kinerja operasional kapal. Kapal nelayan tradisional yang tidak memiliki sistem otomasi adalah jenis kapal yang digunakan oleh nelayan untuk menangkap ikan, biasanya berukuran kecil hingga sedang, dan sepenuhnya dioperasikan secara manual tanpa bantuan teknologi modern. Beberapa karakteristik dari kapal nelayan tradisional ini yaitu:

1. Terbuat dari kayu yang dipilih karena ketersediaannya dan kemampuannya untuk diperbaiki dengan mudah.
2. Berukuran antara 5 hingga 20 meter.
3. Dilengkapi mesin Diesel 24 HP dengan berbahan bakar solar.
4. Tidak terdapat alat otomasi dalam mendukung kegiatan operasionalnya.
5. Dilengkapi beberapa peralatan penangkapan ikan.

Sistem otomasi pada kapal tradisional pompong masih mendapat beberapa hambatan, dimulai dari biaya investasi awal yang signifikan, yang mungkin tidak terjangkau bagi banyak nelayan serta perawatan dan perbaikan alat otomasi juga membutuhkan biaya tambahan yang berkelanjutan.

Salah satu sistem otomasi yang paling dibutuhkan adalah pembuangan air kapal. Dalam beberapa kasus tertentu, kapal dapat tenggelam apabila penanganan terlalu lama. Sistem pembuangan yang menggunakan cara manual seperti menggunakan wadah gayung atau ember seringkali menyulitkan dan membuang banyak waktu. Cara yang lebih modern yaitu dengan menambahkan alat pompa

untuk membuang air berlebih. Alat ini dikenal dengan pompa keong atau dikenal dengan pompa sentrifugal. Pompa keong adalah pompa yang menggunakan prinsip gaya sentrifugal untuk memindahkan cairan. Pompa ini memiliki bentuk seperti rumah keong, sehingga disebut sebagai pompa keong. Pompa sentrifugal bekerja dengan cara mengubah energi mekanik dari motor atau mesin menjadi energi kinetik dalam cairan, yang kemudian diubah menjadi energi tekanan untuk memindahkan cairan tersebut. Komponen pompa keong terdiri dari:

1. *Impeller*

Bagian berputar dari pompa yang memiliki bilah-bilah untuk menggerakkan cairan. Impeller ini berputar dengan kecepatan tinggi dan menciptakan gaya sentrifugal yang memaksa cairan keluar ke sisi luar impeller.

2. *Casing*

Rumah atau tubuh pompa yang berbentuk spiral (seperti rumah keong) yang mengarahkan aliran cairan dari impeller ke saluran keluaran.

3. *Shaft*

Poros yang menghubungkan impeller dengan motor atau mesin penggerak.

4. *Suction Inlet*

Saluran masuk tempat cairan masuk ke dalam pompa.

5. *Discharge Outlet*

Saluran keluar tempat cairan keluar dari pompa setelah dipompa.

Berikut gambar pompa keong:



www.jarummas.com)

Pompa jenis ini memiliki beberapa kelemahan, salah satunya permasalahan utama pada pompa tersebut adalah getaran yang tinggi akibat kesalahan perencanaan (Sianturi & Naibaho, 2022). Getaran ini bisa sangat mempengaruhi ketidakseimbangan, kesalahan penyelarasan, keausan bantalan, atau resonansi, yang semuanya dapat berdampak pada kinerja mesin (Syahrudin & Martianis, 2024). Peran IoT dalam meningkatkan efisiensi dan keamanan sistem.

Internet of Things (IoT) merupakan salah satu konsep untuk menggabungkan berbagai perangkat elektronik yang dapat terhubung dan saling berkomunikasi. Perangkat yang terhubung dapat berupa ponsel, tablet, komputer, alat rumah tangga, kendaraan, dan mesin industri hingga sampai ke pengguna akhir (Aouedi et al., 2024). Teknologi IoT mengotomatisasi banyak proses dan aktivitas di berbagai aspek kehidupan masyarakat, memungkinkan penghematan waktu dalam pelaksanaan kegiatan tersebut sehingga waktu yang ada dapat dialokasikan kembali untuk keluarga dan rekreasi, yang pada akhirnya meningkatkan kualitas hidup masyarakat (Villamil et al., 2020). IoT memungkinkan otomatisasi dan analisis data secara real-time, yang memberikan manfaat dalam banyak bidang, seperti:

- i. **Rumah Pintar**
Perangkat IoT memungkinkan otomatisasi di rumah, seperti pengaturan suhu, pencahayaan, dan keamanan.



Gambar 3.2 Rumah Pintar

- ii. **Kota Pintar**
IoT dapat meningkatkan efisiensi energi, pengelolaan limbah, dan lalu lintas di perkotaan.



Gambar 3.3 Kota Pintar

iii. **Industri**

Dalam bidang manufaktur dan logistik, IoT membantu dalam pemantauan proses produksi, pengelolaan inventaris, dan perawatan mesin secara prediktif.



Gambar 3.4 Industri

iv. **Kesehatan**

IoT memungkinkan pemantauan kesehatan pasien secara jarak jauh dan meningkatkan efisiensi dalam pelayanan kesehatan.



Gambar 3.5 Kesehatan

Dengan mengintegrasikan perangkat IoT, data yang dikumpulkan dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya, dan menciptakan pengalaman pengguna yang lebih baik di berbagai sektor. Berikut merupakan contoh perbandingan cara konvensional dan modern ketika sektor pertanian didukung oleh kemajuan teknologi melalui penerapan IoT.



Gambar 3.6 Perbandingan pertanian konvensional (kiri) dan modern (kanan)

Cara konvensional tergolong sederhana dengan mengandalkan pengamatan visual, dan alat-alat sederhana. Penyiraman, pemupukan, dan pengendalian hama dilakukan secara manual,

tanpa bantuan sensor atau otomatisasi. Adapun kelebihan dan kekurangan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Perbandingan metode konvensional dan modern

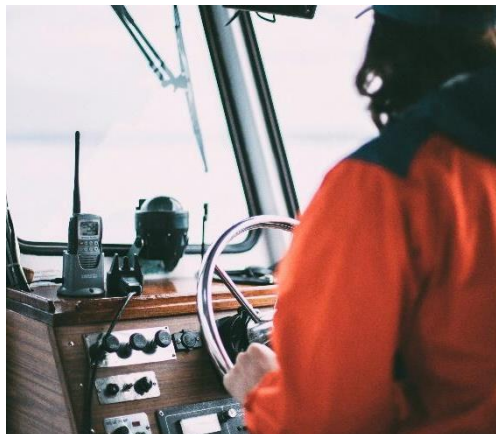
Konvensional	Modern
Penggunaan sumber daya kurang optimal	Penggunaan sumber daya yang efisien
Tidak memerlukan pelatihan khusus	Butuh pelatihan teknis
kurangnya data <i>real-time</i> untuk penyesuaian cuaca	Data cuaca dan tanah yang terus diperbarui
Mengandalkan perkiraan dan intuisi petani	Mengandalkan data terbaru dalam penyesuaian kondisi

Contoh lain dalam bidang perikanan seperti Nelayan juga memiliki perbedaan yang besar jika dibandingkan cara konvensional dan modern. Sebagai contoh sederhana, teknologi yang biasa digunakan para nelayan adalah alat navigasi. Tanpa alat ini, nelayan konvensional hanya mengandalkan pengetahuan tentang musim ikan dan lokasi penangkapan. Terdapat beberapa kelemahan dan kelebihan dari masing-masing metode, diantaranya:

Tabel 2. Perbandingan metode konvensional dan modern

Konvensional	Modern
Ketidakpastian lokasi ikan	Efisiensi tinggi dalam mencari keberadaan ikan
Rentan terhadap cuaca ekstrem	Dapat mengantisipasi cuaca ekstrem melalui data cuaca
Biaya awal yang rendah	Investasi terhadap peralatan seperti

	sensor, alat navigasi yang cukup mahal
Tidak membutuhkan pelatihan teknis	Membutuhkan pelatihan teknis dalam menggunakan perangkat modern



Gambar 3.7 Perbandingan kapal nelayan konvensional (kiri) dan modern (kanan)

Dengan teknologi IoT, usaha maritim dan penangkapan ikan bisa lebih efisien, aman, dan berkelanjutan. Meskipun investasi awal cukup tinggi, keunggulan dari sisi keselamatan, produktivitas, dan pengelolaan sumber daya menjadikannya pilihan yang menjanjikan untuk meningkatkan hasil bagi nelayan modern.

B. Komponen dan Perangkat Keras

Deskripsi sensor yang digunakan (sensor air, sensor tekanan, dll.)

Sensor merupakan bagian penting dalam jaringan IoT, karena berfungsi sebagai pengumpul data yang kemudian dikirimkan ke sistem atau aplikasi untuk dianalisis dan memicu tindakan otomatis jika diperlukan. Adapun cara kerja dan fungsi sensor yaitu:

- i. Sensor mendeteksi data fisik dari lingkungan sekitar, seperti suhu, kelembaban, tekanan, cahaya, dan getaran.
- ii. Informasi yang diperoleh dari lingkungan diubah menjadi sinyal digital yang dapat diinterpretasi oleh perangkat IoT.
- iii. Data yang dihasilkan oleh sensor dikirimkan ke perangkat atau server untuk diproses lebih lanjut, sering kali melalui jaringan nirkabel seperti WiFi, Bluetooth, atau protokol IoT khusus seperti LoRa atau Zigbee.
- iv. Data yang dikumpulkan dapat dianalisis untuk memicu tindakan tertentu atau memberikan wawasan bagi pengguna. Misalnya sensor suhu pada rumah pintar dapat mengaktifkan pendingin ruangan jika suhu melebihi batas yang diinginkan.

Contoh implementasi penggunaan sensor dalam perancangan sistem pembuangan air otomatis kapal adalah sebagai berikut:

1. Sensor Pengukur Tingkat Air (*Liquid Level Controller*)

Sensor pengukur tingkat air sangat penting dalam sistem pembuangan air otomatis kapal pompong. Sensor ini berfungsi untuk mengukur ketinggian air di dalam kapal. Sensor diletakkan di dalam kotak kontrol, sedangkan bagian yang mendeteksi air (mata sensor) ditempatkan di dasar kapal. Sensor ini seperti penggaris yang mengukur tinggi air di dalam kapal. Ketika air terlalu tinggi, sensor akan memberitahu sistem untuk menyalakan pompa dan membuang air kelebihan.



Gambar 3.8 Sensor pengukur tingkat air

2. Sensor Aliran (*Flow Sensor*)

Sensor aliran dipasang pada saluran pipa pembuangan untuk mendeteksi kecepatan dan volume aliran air yang dikeluarkan dari kapal. Hal ini memastikan bahwa sistem bekerja dengan benar dan tidak ada penyumbatan dalam pipa.



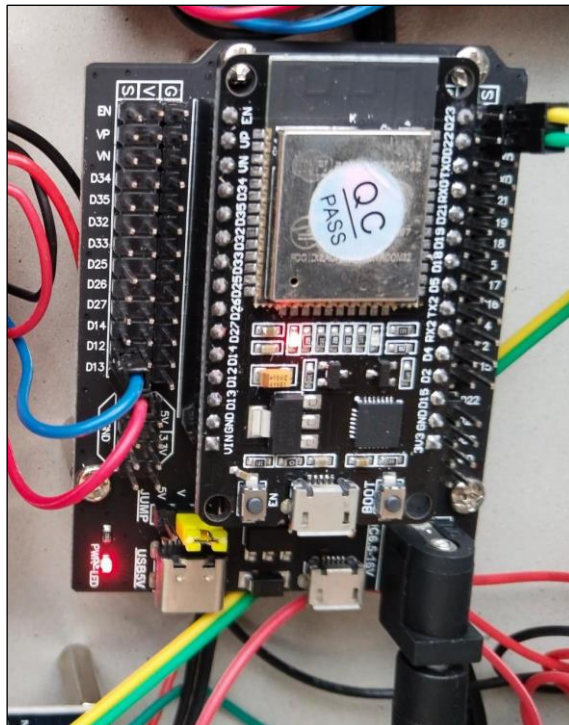
Gambar 3.9 Sensor aliran

Komponen lain seperti pompa, valve, dan mikrokontroler.

Perancangan sistem pembuangan air otomatis pada kapal tidak hanya bergantung pada penggunaan sensor, akan tetapi ada beberapa komponen pendukung yang penting dalam membangun sistem pembuangan air otomatis di kapal. Berikut adalah komponen-komponen tersebut beserta fungsinya:

a) Mikrokontroler atau unit pengendali

Mikrokontroler berfungsi untuk mengatur seluruh komponen dalam sistem, menerima data dari sensor, menganalisisnya, dan mengaktifkan atau menonaktifkan pompa atau alarm sesuai kebutuhan. Mikrokontroler seperti Arduino, Raspberry Pi, atau mikrokontroler berbasis STM32. Mikrokontroler ini dihubungkan ke sensor dan aktuator serta mampu memproses data dari sensor untuk menentukan tindakan selanjutnya. Mikrokontroler yang digunakan pada sistem ini yaitu NodeMCU ESP32.

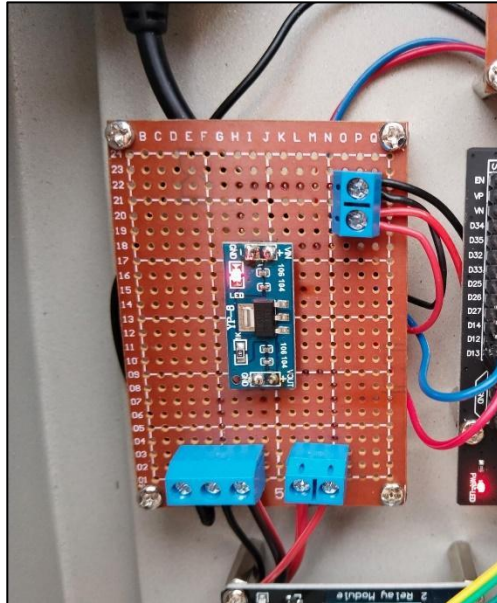


Gambar 3.10 Mikrokontroler nodemcu esp32

b) Step Down Module AMS1117 5V

Modul Step Down AMS1117 5V berfungsi menurunkan tegangan dari baterai (12V atau lebih) menjadi 5V yang stabil. Tegangan 5V ini sangat dibutuhkan oleh komponen seperti mikrokontroler dan modul Wifi untuk bekerja dengan baik. Dengan adanya modul ini, komponen-komponen elektronik pada

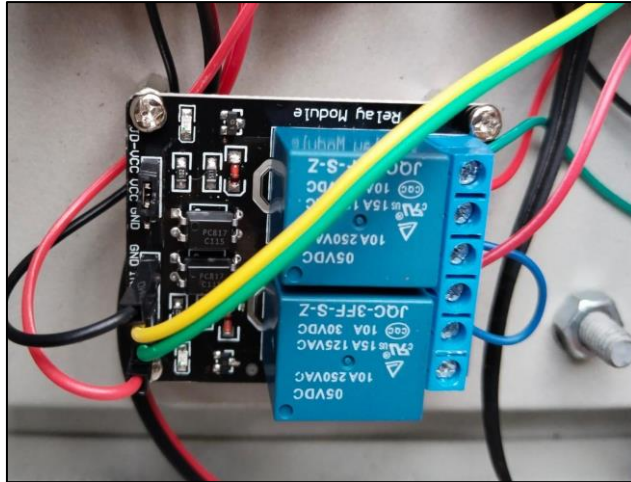
sistem pembuangan air otomatis Pompong Nelayan terlindungi dari kerusakan akibat tegangan yang terlalu tinggi. Selain itu, kinerja sistem juga menjadi lebih stabil dan handal.



Gambar 3.11 Step Down Module AMS1117 5V

c) Relay 2 Channel 5V

Peran relay sebagai penghubung dan pemutus arus antara mikrokontroler dan pompa. Relay bertindak sebagai saklar elektronik yang memungkinkan mikrokontroler dengan daya rendah untuk mengontrol komponen dengan daya lebih tinggi, seperti pompa. Relay akan bekerja sesuai perintah dari kontroler. Jika kontroler mendeteksi air terlalu banyak, relay akan menghidupkan pompa. Begitu air sudah cukup, relay akan mematikan pompa. Dengan menggunakan relay 2 channel, sistem dapat mengontrol dua pompa air secara independen.



Gambar 3.12 Relay 2 channel 5v

d) Pompa Air

Pompa air memiliki peran penting untuk membuang air yang terdeteksi oleh sensor. Jenis pompa air juga beragam dan dapat disesuaikan dengan kebutuhannya. Jenis pompa air yang cocok untuk sistem ini yaitu pompa air DC 12 volt. Pompa air 12V akan aktif berdasarkan sinyal dari ESP32. ESP32 mengirim sinyal ini ke relay untuk mengontrol pompa. Ada dua mode kerja secara otomatis (tanpa perlu perintah) dan manual (diperlukan perintah). Adapun letak pompa DC 12 Volt juga diletakkan pada bagian dasar atau bilga kapal pompong nelayan.



Gambar 3.13 Pompa air DC 12 volt

e) Sumber daya listrik dan cadangan baterai

Listrik merupakan bagian yang paling dibutuhkan oleh sistem pembuangan otomatis, karena semua komponen pada akhirnya membutuhkan sumber daya listrik untuk dapat dijalankan. Sumber listrik bisa diperoleh dari Panel Surya dan Baterai ACCU sebagai media penyimpanannya. Panel Surya dan baterai memiliki ukuran dan kemampuan yang berbeda-beda, berikut spesifikasi yang digunakan pada sistem ini:

1. Panel Surya

Kapal pompong nelayan ini menggunakan tenaga surya untuk mengoperasikan sistem pembuangan airnya secara otomatis.



Gambar 3.14 Panel surya

2. Akumulator atau Aki

Aki berfungsi sebagai baterai yang menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Energi yang tersimpan di aki akan digunakan untuk mengoperasikan pompa air saat panel surya tidak dapat menghasilkan listrik yang cukup. Dengan adanya aki, kinerja sistem pembuangan air menjadi lebih stabil dan handal.



Gambar 3.15 Akumulator

f) *Solar Charger Controller (SCC)*

SCC adalah perangkat pintar yang mengontrol pengisian aki dari panel surya. SCC memastikan aki tidak diisi terlalu penuh atau terlalu kosong. Selain itu, SCC juga melindungi sistem dari kerusakan akibat tegangan yang terlalu tinggi atau terlalu rendah.



Gambar 3.16 *Solar charger controller*

g) *Modul charger USB*

Modul *charger* USB merupakan komponen penting dalam sistem pembuangan air otomatis pada kapal pompong nelayan yang menggunakan teknologi IoT dan tenaga surya. Modul ini menyediakan sumber daya stabil untuk modem WiFi yang menghubungkan sistem pembuangan air dengan jaringan internet. Dengan mengkonversi tegangan dari panel surya menjadi 5 Volt yang dibutuhkan modem, modul *charger* USB memastikan perangkat mendapat daya yang diperlukan tanpa resiko kerusakan. Modul ini juga dilengkapi fitur perlindungan untuk mencegah *overcharging* dan *overcurrent*, menjaga keandalan dan masa pakai perangkat. Efisiensi modul ini memaksimalkan penggunaan daya dari panel surya, yang penting untuk komunikasi dalam sistem

pembuangan air otomatis pada kapal pompong berbasis IoT. Kesimpulannya, modul charger USB mendukung fungsi komunikasi yang andal dan efisien dalam sistem ini.



Gambar 3.17 Modul *charger* USB

h) Modem wifi

Modul komunikasi nirkabel, seperti WiFi atau Bluetooth merupakan komponen penting dalam sistem Internet of Things (IoT) yang memungkinkan mikrokontroler terhubung ke jaringan dan bertukar data dengan aplikasi atau perangkat jarak jauh. WiFi adalah teknologi terkenal yang memanfaatkan peralatan elektronik untuk bertukar data secara nirkabel (menggunakan gelombang radio) melalui jaringan komputer, termasuk koneksi internet berkecepatan tinggi (Nahak et al., 2020).

Modem WiFi berfungsi sebagai perangkat komunikasi yang menghubungkan sistem pembuangan

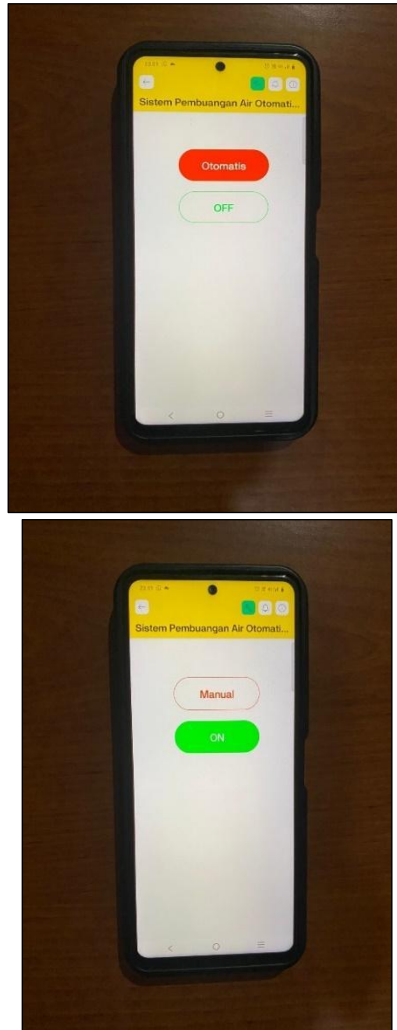
air otomatis pada kapal pompong dengan internet. Hal ini memungkinkan sistem untuk terhubung dengan perangkat dan aplikasi lain yang berada di luar kapal pompong, sehingga dapat dikendalikan secara *remote*. Dengan menggunakan modem WiFi, sistem dapat mengirimkan informasi terkait operasi pembuangan air ke perangkat lain seperti smartphone melalui Aplikasi Blynk. Pengguna dapat melakukan kontrol jarak jauh atas sistem pembuangan air pada Pompong Nelayan.



Gambar 3.18 Modem wifi

i) Aplikasi antar muka (*interface*)

Blynk adalah aplikasi yang memungkinkan nelayan mengontrol pompa air kapal secara jarak jauh melalui smartphone. Dengan Blynk, nelayan bisa memantau dan mengelola kapal dengan lebih efisien. Dengan Blynk, nelayan bisa menghemat waktu dan tenaga dalam mengelola kapal.

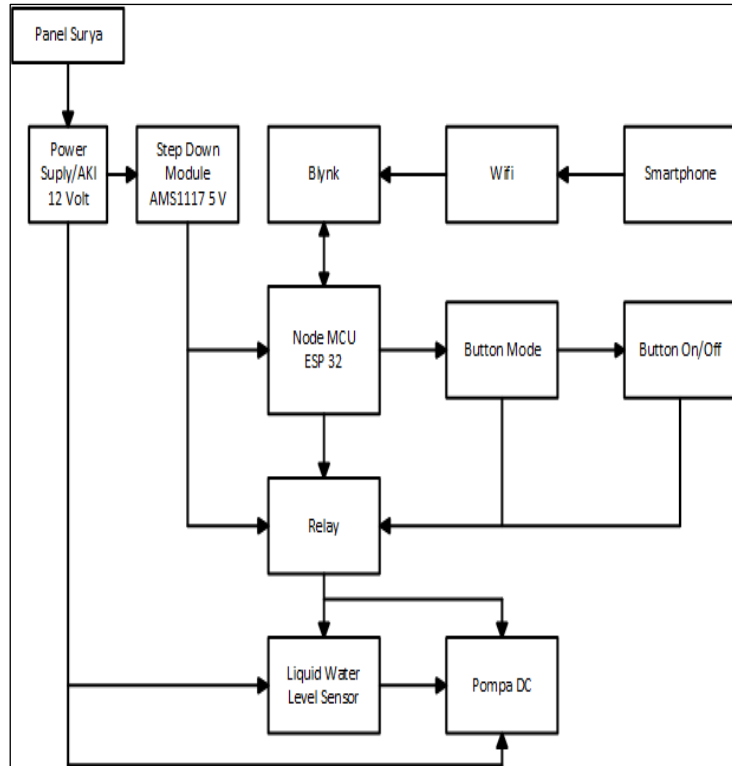


Gambar 3.19 Tampilan aplikasi

C. Perancangan Sistem

a). Skema blok sistem.

Gambaran umum sistem ditampilkan dalam bentuk diagram blok. Diagram blok merupakan visualisasi grafis dari suatu sistem atau proses yang menggunakan blok-blok terpisah untuk mewakili komponen atau langkah-langkah yang berbeda dalam sistem tersebut. Berikut adalah diagram blok untuk Sistem Pembuangan Air Otomatis pada Kapal Pompong Nelayan yang menggunakan Tenaga Surya berbasis Internet of Things.



Gambar 3.20 Diagram blok sistem

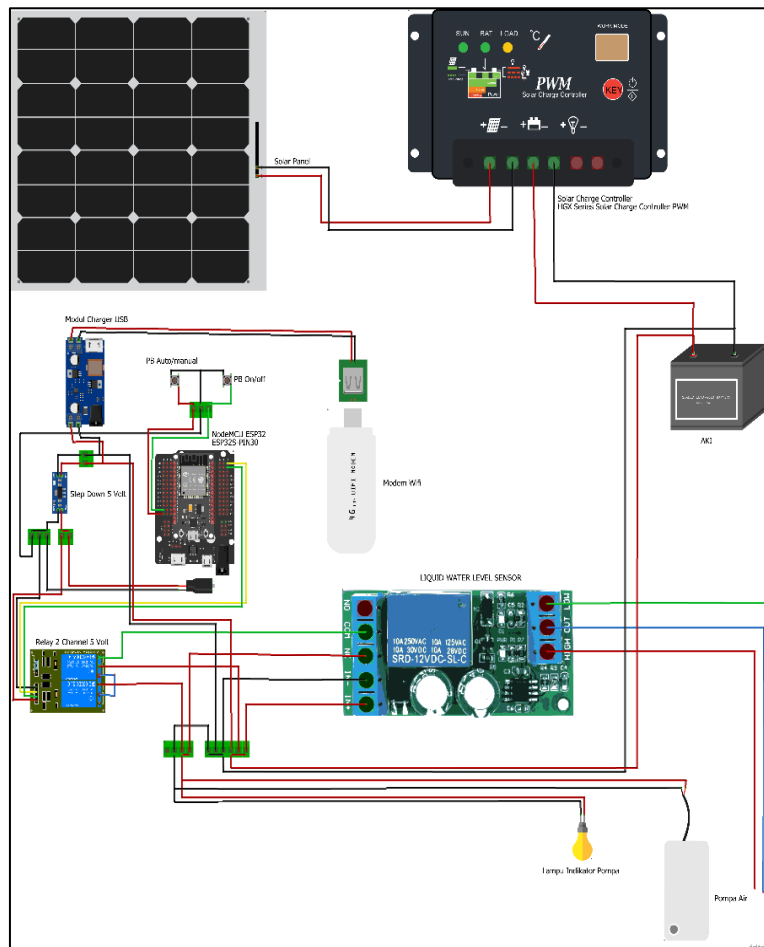
Berikut penjelasan diagram blok dari sistem pembuangan air otomatis pada kapal pompong nelayan menggunakan tenaga surya berbasis Internet of Things (IoT):

1. Smartphone digunakan Pengguna untuk berinteraksi dengan sistem melalui aplikasi Blynk yang sebelumnya sudah tersambung ke jaringan Wifi
2. Dari aplikasi Blynk yang sudah tersambung ke Wifi akan terhubung ke NodeMCU ESP32 yang merupakan unit mikrokontroler yang berfungsi sebagai unit pemrosesan dan pengendalian pusat untuk sistem aplikasi.
3. Selanjutnya pengguna akan memilih Button Mode untuk mengendalikan sistem secara Otomatis atau Manual menggunakan tombol.
4. Jika Mode Otomatis maka akan tersambung ke Relay dan seterusnya ke Liquid Water Level Sensor dan Pompa DC untuk menghidupkan dan mematikan pompa DC secara otomatis.

5. Jika Mode Manual maka akan diarahkan ke Button On/Off selanjutnya ke Relay dan Pompa DC untuk menghidupkan dan mematikan pompa DC secara Manual

Selanjutnya, penggunaan desain perangkat keras yang terintegrasi dengan baik memungkinkan pengujian dan verifikasi sistem yang lebih mudah, serta memastikan bahwa setiap komponen berfungsi sesuai dengan spesifikasi. Ini membantu dalam mengidentifikasi potensi masalah sejak awal dan melakukan perbaikan sebelum tahap produksi.

Berikut gambaran arsitektur sistem pembuangan air otomatis pada pompong nelayan berbasis IoT dan tenaga surya secara keseluruhan sistem dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

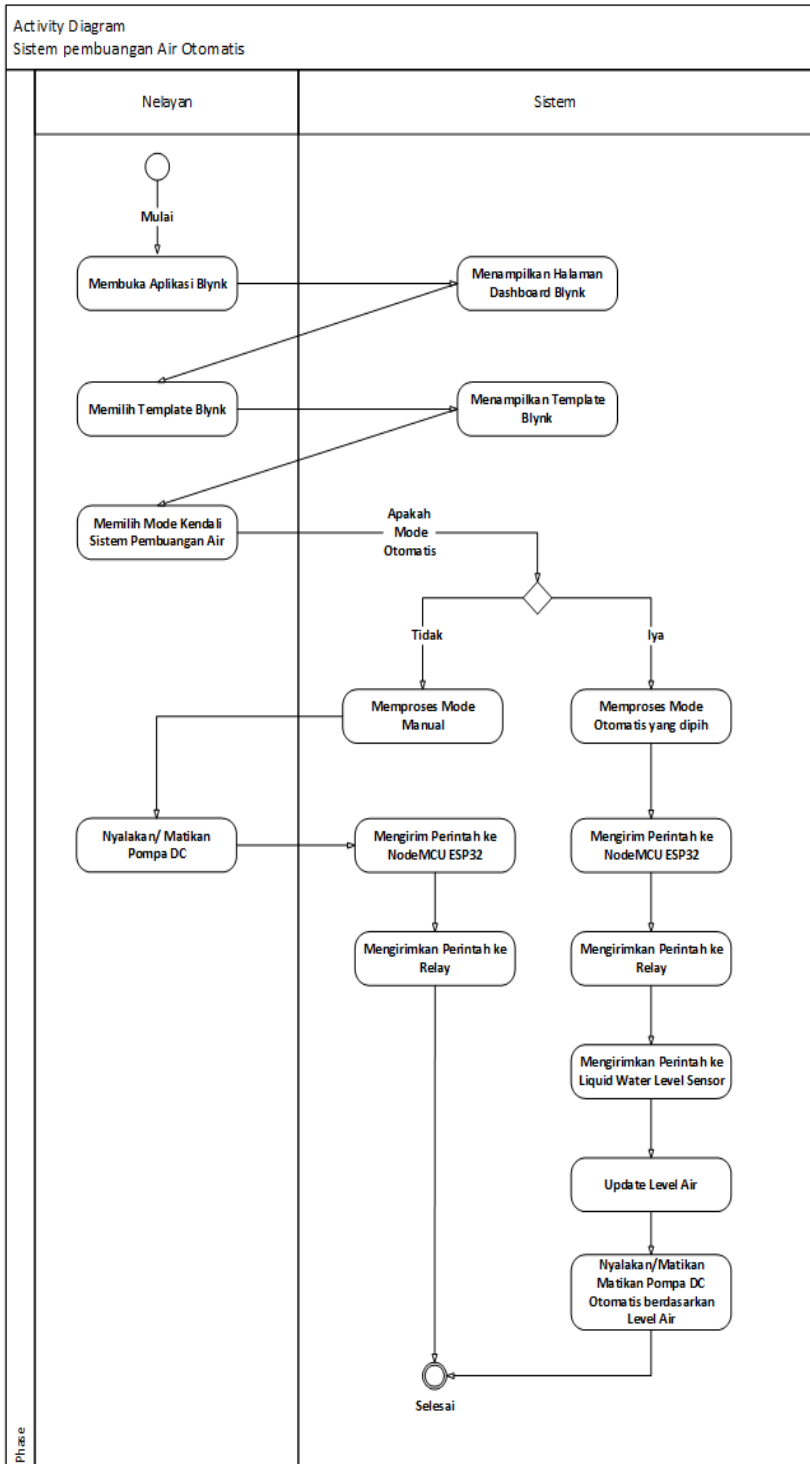


Gambar 3.21 Perancangan sistem pembuangan air otomatis pada pompong nelayan berbasis iot

Gambar tersebut menunjukkan integrasi berbagai komponen hardware seperti sensor, mikrokontroler, modul komunikasi, dan sumber energi listrik yang berasal dari panel surya.

b). Diagram alur kerja sistem otomatis.

Activity diagram adalah alat yang penting untuk merancang dan menganalisis sistem pembuangan air otomatis. Diagram ini menggambarkan alur kerja sistem secara detail, mulai dari deteksi level air hingga tindakan pembuangan. Selain itu, diagram ini juga menunjukkan bagaimana keputusan dibuat berdasarkan data yang diperoleh dari sensor dan bagaimana sistem ini terintegrasi dengan teknologi IoT untuk memungkinkan pemantauan dan kontrol jarak jauh.



Gambar 3.22 Activity diagram sistem pembuangan air otomatis

Penjelasan dari activity diagram di atas sebagai berikut:

1. Dimulai dari Aktor memulai aplikasi dengan membuka aplikasi. *Blynk*
2. Sistem akan menampilkan halaman dashboard utama dan *template blynk*.
3. Aktor memilih mode sistem, apakah menggunakan mode otomatis atau mode manual.
4. Jika mode otomatis, sistem akan mengirimkan perintah ke NodeMCU ESP32 untuk mengoperasikan relay yang terhubung dengan pompa DC dan sensor level air.
5. Relay akan mengaktifkan/mematikan pompa DC berdasarkan pembacaan level air oleh sensor. Proses tersebut diulang untuk menjaga level air tetap sesuai pada level yang ditentukan sistem
6. Jika mode manual, pelaku dapat mengoperasikan pompa DC secara langsung melalui antarmuka sistem. Apakah Menyalakan Pompa DC atau Mematikan Pompa DC
7. Proses berakhir apabila pengguna memutuskan untuk keluar dari aplikasi *Blynk*
8. Selesai



BAB 4

PERANGKAT LUNAK DAN PEMROGRAMAN IOT

A. Platform IoT untuk Sistem Pembuangan Air

1. Platform yang umum digunakan dalam pembangunan IoT

Berbagai platform telah dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan IoT, masing-masing menawarkan keunggulan dan fitur yang berbeda sesuai dengan kebutuhan pengguna, baik untuk prototipe kecil hingga sistem berskala industri. Beberapa platform yang umum digunakan di antaranya adalah Blynk, Node-RED, dan ThingSpeak. Setiap platform ini memiliki karakteristik unik yang memungkinkan pengembang untuk menghubungkan, mengontrol, dan memonitor perangkat IoT dengan lebih efisien (Putra et al., 2023).

a. Blynk

Aplikasi Blynk adalah platform yang memfasilitasi pembuatan antarmuka grafis untuk proyek yang akan diterapkan, menggunakan metode drag and drop widget sehingga sangat mudah dioperasikan (Nurma'atin, 2021). Blynk memungkinkan pengguna untuk membangun aplikasi mobile untuk memonitor dan mengendalikan perangkat IoT (Sonya, 2024). Dengan Blynk, pengguna bisa menghubungkan perangkat berbasis mikroprosesor seperti Arduino, Raspberry Pi, ESP32, dll., dengan cloud untuk mengendalikan perangkat dari jarak jauh.



Gambar 4.1 Logo Blynk

Kelebihan aplikasi Blynk :

- 1) User-friendly
Aplikasi Blynk menawarkan interface drag-and-drop yang memudahkan pengguna merancang UI di ponsel mereka tanpa memerlukan keterampilan pemrograman yang mendalam.
- 2) Multiplatform
Mendukung berbagai jenis perangkat IoT seperti Arduino, ESP32, Raspberry Pi.
- 3) Real-time monitoring
Menyediakan dashboard yang bisa menampilkan data secara real-time.
- 4) Cloud Integration
Menghubungkan perangkat langsung dengan cloud, memungkinkan remote control dan monitoring dari mana saja.
- 5) Fleksibel
Mendukung berbagai widget seperti tombol, slider, dan display untuk memonitor data sensor.

Kekurangan aplikasi Blynk :

- 1) Fitur terbatas di versi gratis
Beberapa fitur canggih hanya tersedia di versi premium.
- 2) Kurang cocok untuk aplikasi skala besar
Lebih cocok untuk proyek kecil atau prototipe daripada implementasi sistem IoT berskala besar.
- 3) Bergantung pada cloud

Memerlukan koneksi internet yang stabil untuk berfungsi optimal, dan semua data melewati server cloud.

Source Code pada aplikasi Blynk :

```
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

// You should get Auth Token in the Blynk App.
char auth[] = "YourAuthToken";

// Your WiFi credentials.
char ssid[] = "yourSSID";
char pass[] = "yourPassword";

int pinLED = D2;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  pinMode(pinLED, OUTPUT);
}

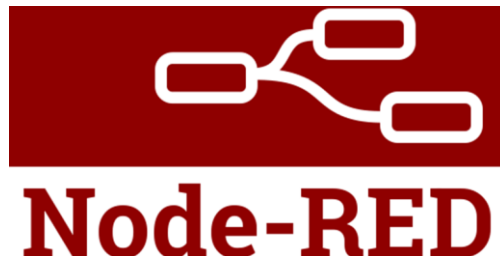
void loop()
{
  Blynk.run();
}

BLYNK_WRITE(V0) {
  int pinValue = param.asInt(); // Read digital pin value
  digitalWrite(pinLED, pinValue);
}
```

b. Node-RED

Node-RED adalah alat pemrograman berbasis alur kerja (flow-based) yang memungkinkan pengguna untuk menghubungkan perangkat keras, API, dan layanan online dengan menggunakan diagram alur (Rosalin & Aribowo, 2023). Alat ini berbasis web dan dirancang untuk memudahkan pengembangan aplikasi IoT. Node-RED dibangun di atas Node.js yang memiliki runtime ringan

dengan model non-blocking dan event-driven. Flow yang dibangun dengan Node-RED dapat disimpan dalam berkas JSON sehingga mudah diimpor dan diekspor.



Gambar 4.2 Logo Node-RED

Kelebihan aplikasi Node Red:

- 1) Graphical Interface
Pengguna dapat merancang dan mengatur alur logika dengan drag-and-drop menggunakan antarmuka berbasis browser.
- 2) Integrasi API yang Mudah
Node-RED memungkinkan integrasi berbagai API dan layanan cloud melalui node yang sudah tersedia.
- 3) Scripting Power
Pengguna dengan kemampuan pemrograman dapat menambah fungsionalitas melalui JavaScript.
- 4) Open-source
Gratis digunakan dan didukung oleh komunitas besar.
- 5) Cross-platform
Berjalan di berbagai platform, termasuk perangkat IoT seperti Raspberry Pi.

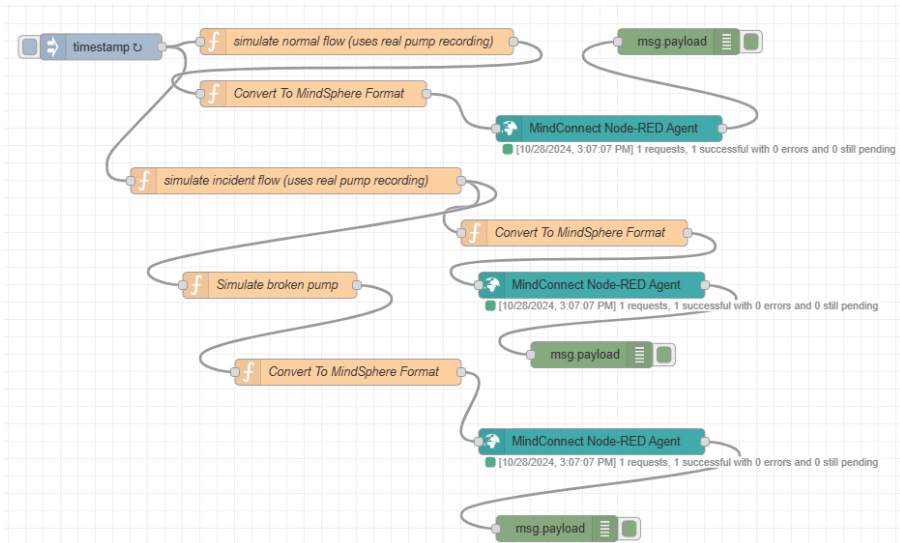
Kekurangan aplikasi Node Red:

- 1) Tidak cocok untuk pemula
Meskipun menyediakan interface grafis, pemahaman alur kerja dan logika bisa menjadi rumit bagi pemula.
- 2) Konsumsi sumber daya

Membutuhkan lebih banyak sumber daya dibandingkan beberapa platform lainnya, terutama ketika digunakan pada perangkat IoT dengan daya rendah.

- 3) Memerlukan pengetahuan teknis
- 4) Dibutuhkan pemahaman teknis yang lebih dalam untuk mengintegrasikan alur kompleks atau bekerja dengan API eksternal.

Tampilan aplikasi Nod-RED :



Gambar 4.3 Tampilan aplikasi Nod-RED

c. ThingSpeak

ThingSpeak adalah platform IoT berbasis cloud yang dirancang untuk mengumpulkan, memvisualisasikan, dan menganalisis data dari sensor yang terhubung ke perangkat IoT (Putra, 2020). ThingSpeak sangat cocok digunakan untuk aplikasi pengumpulan data secara real-time dan analisis.



Gambar 4.4 Logo ThingSpeak

Kelebihan aplikasi ThingSpeak :

- 1) Mudah digunakan
Menawarkan antarmuka yang sederhana untuk mengumpulkan dan memvisualisasikan data sensor secara real-time.
- 2) Matlab Integration
Mendukung analisis data menggunakan Matlab, yang dapat membantu pengguna mengolah data secara lebih mendalam.
- 3) Real-time data processing
Mendukung pemrosesan dan visualisasi data secara langsung di platform tanpa perlu menggunakan perangkat lunak tambahan.
- 4) Gratis untuk proyek kecil
Versi gratis cukup untuk proyek-proyek kecil, dengan batasan tertentu.

Kekurangan aplikasi ThingSpeak :

- 1) Batasan versi gratis
Platform ini memiliki batasan jumlah pesan dan penyimpanan di versi gratis, yang bisa menjadi kendala untuk proyek-proyek besar.
- 2) Keterbatasan integrasi perangkat
Tidak seluas platform lain seperti Node-RED dalam hal integrasi berbagai perangkat atau API.
- 3) Ketergantungan pada koneksi internet
Seperti kebanyakan platform IoT berbasis cloud, ThingSpeak bergantung pada koneksi internet untuk mengumpulkan dan mengakses data.

Tampilan aplikasi ThingSpeak :

Login

Channel ID: 737192

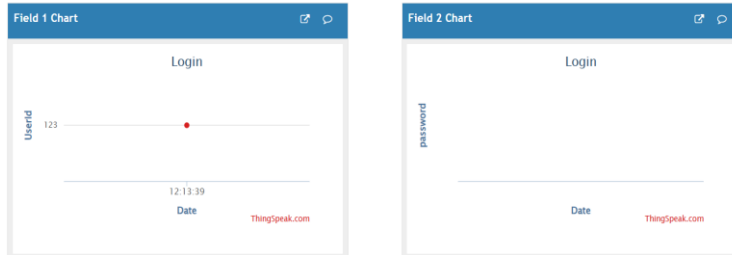
Author: abasna

Access: Public

Export recent data

MATLAB Analysis

MATLAB Visualization



Gambar 4.5 Tampilan Aplikasi ThingSpeak

Source Code pada aplikasi ThingSpeak :

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <DHT.h>

#define DHTPIN 2 // Pin data DHT11 terhubung ke D2
#define DHTTYPE DHT11 // Tipe sensor DHT11

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
SoftwareSerial espSerial(10, 11); // RX, TX untuk ESP8266

const char* ssid = "YOUR_SSID"; // Nama WiFi
const char* password = "YOUR_PASSWORD"; // Password WiFi
String apiKey = "YOUR_API_KEY"; // API key Thingspeak

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  espSerial.begin(9600);
  dht.begin();

  // Menghubungkan ke WiFi
  connectToWiFi();
}

void loop() {
  float suhu = dht.readTemperature();
  float kelembapan = dht.readHumidity();

  if (isnan(suhu) || isnan(kelembapan)) {
    Serial.println("Gagal membaca dari sensor DHT!");
  }
}
```

```

return;
}

// Mengirim data ke Thingspeak
sendDataToThingspeak(suhu, kelembaban);

// Delay 20 detik sebelum pengiriman berikutnya
delay(20000);
}

void connectToWiFi() {
  sendCommand("AT+RST", 1000); // Reset ESP8266
  sendCommand("AT+CWMODE=1", 1000); // Atur mode sebagai
  Station
  sendCommand("AT+CWJAP=\"" + String(ssid) + "\",\"" +
  String(password) + "\"", 5000); // Sambungkan ke WiFi
}

void sendDataToThingspeak(float suhu, float kelembaban) {
  String cmd = "AT+CIPSTART=\"TCP\",\"api.thingspeak.com\",80";
  if (sendCommand(cmd, 3000)) {
    String getStr = "GET /update?api_key=" + apiKey + "&field1=" +
    String(suhu) + "&field2=" + String(kelembaban) + " HTTP/1.1\r\nHost:
    api.thingspeak.com\r\nConnection: close\r\n\r\n";
    cmd = "AT+CIPSEND=" + String(getStr.length());

    if (sendCommand(cmd, 1000)) {
      espSerial.print(getStr);
      Serial.println("Data berhasil dikirim ke Thingspeak");
    }
    sendCommand("AT+CIPCLOSE", 1000); // Tutup koneksi
  }
}

bool sendCommand(String cmd, int timeout) {
  espSerial.println(cmd);
  long int time = millis();
  while ((time + timeout) > millis()) {
    while (espSerial.available()) {
      String response = espSerial.readString();
      Serial.print(response);
      if (response.indexOf("OK") != -1 || response.indexOf("SEND OK")
      != -1) {
        return true;
      }
    }
  }
}

```



```
}  
}  
return false;  
}
```

2. Cloud computing dan komunikasi data dalam sistem IoT.

Cloud Computing dalam Sistem IoT

Cloud computing merupakan elemen kunci dalam pengembangan sistem Internet of Things (IoT). Dengan dukungan komputasi awan, berbagai perangkat IoT yang terhubung dapat memanfaatkan kapasitas komputasi dan penyimpanan yang fleksibel dan skala besar. Melalui layanan cloud, perangkat IoT mampu mengunggah dan memproses data secara real-time dan fleksibel, meminimalkan keterbatasan perangkat keras lokal yang sering kali terbatas daya komputasinya (Rachmad et al., 2023).

Penggunaan cloud computing dalam IoT memungkinkan berbagai manfaat seperti pengolahan data besar (big data), pengambilan keputusan berbasis kecerdasan buatan (AI), dan pengelolaan infrastruktur secara jarak jauh. Selain itu, cloud memfasilitasi integrasi dengan teknologi lain, seperti machine learning, yang dapat meningkatkan kemampuan sistem IoT dalam memprediksi pola atau menganalisis anomali.

Komunikasi Data dalam Sistem IoT

Komunikasi data adalah tulang punggung utama bagi keberhasilan penerapan IoT. Sistem IoT bekerja dengan mengandalkan aliran data yang terus-menerus antara sensor, perangkat, *gateway*, dan platform analitik yang umumnya berada di cloud. Oleh karena itu, protokol komunikasi data yang andal dan aman sangat penting dalam memastikan integritas data dan performa sistem IoT.

Berbagai protokol seperti MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) dan CoAP (Constrained Application Protocol) sering digunakan untuk komunikasi data pada perangkat IoT, karena efisiensi bandwidth dan kemampuannya untuk beroperasi dalam lingkungan jaringan yang terbatas. Di samping itu, jaringan seluler, seperti 4G/5G,

serta teknologi *low-power wide-area network* (LPWAN) seperti LoRa dan Sigfox, memungkinkan transmisi data jarak jauh dengan konsumsi daya yang minimal (Hidayati et al., 2022).

Kombinasi antara *cloud computing* dan komunikasi data dalam IoT membuka peluang bagi pengembangan aplikasi cerdas yang terhubung secara global, dari smart city hingga automasi industri, dimana perangkat dapat berinteraksi secara otonom untuk menghasilkan data yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat.

B. Bahasa Pemrograman untuk IoT

1. Dasar pemrograman untuk mikrokontroler.

Mikrokontroler merupakan otak dari banyak perangkat elektronik, mulai dari alat rumah tangga, robot, hingga sistem kontrol industri. Pemrograman mikrokontroler adalah proses penulisan kode yang diunduh ke perangkat keras agar dapat melakukan tugas-tugas spesifik. Bahasa pemrograman yang umum digunakan untuk mikrokontroler antara lain C++, Python, dan Arduino IDE. Masing-masing bahasa ini memiliki karakteristik, kelebihan, dan kekurangannya sendiri dalam konteks pengendalian perangkat keras.

a. Pemrograman Mikrokontroler dengan C++

C++ adalah bahasa pemrograman yang sangat populer dalam pengembangan perangkat lunak untuk mikrokontroler karena kedekatannya dengan perangkat keras. C++ memungkinkan akses langsung ke memori dan register mikrokontroler, serta menawarkan kecepatan yang tinggi (Darmawaningsih et al., 2022).

1) Struktur Dasar Program C++ untuk Mikrokontroler

Program dalam C++ biasanya terdiri dari dua fungsi utama:

- `setup()`: Fungsi yang dijalankan sekali saat mikrokontroler mulai beroperasi, digunakan untuk inisialisasi seperti menetapkan pin I/O.

- `loop()`: Fungsi yang berulang kali dijalankan selama mikrokontroler aktif, berisi logika utama program.

Contoh kode sederhana untuk menyalakan dan mematikan LED pada pin digital tertentu menggunakan C++:

```
int ledPin = 13; // LED terhubung ke pin digital 13

void setup() {
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // Set pin sebagai output
}

void loop() {
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // Nyalakan LED
  delay(1000);                // Tunggu 1 detik
  digitalWrite(ledPin, LOW);  // Matikan LED
  delay(1000);                // Tunggu 1 detik
}
```

2) Kelebihan C++ untuk Mikrokontroler

- C++ mendukung akses langsung ke perangkat keras dan C++ memberikan kinerja yang optimal, terutama dalam sistem yang memerlukan kecepatan tinggi dan penggunaan memori yang minimal.
- Dengan C++, programmer dapat mengakses register dan port secara langsung, sehingga dapat mengontrol perangkat keras dengan sangat presisi.

3) Kekurangan

Pemrograman mikrokontroler menggunakan C++ sering kali memerlukan pemahaman mendalam tentang arsitektur perangkat keras, seperti pemetaan memori dan pengelolaan sumber daya.

b. Pemrograman Mikrokontroler dengan Python

MicroPython adalah implementasi Python untuk mikrokontroler, yang dirancang agar ringan dan bisa dijalankan pada perangkat dengan memori terbatas (Muniroh, 2022). MicroPython memungkinkan

programmer menggunakan fitur-fitur Python, seperti tipe data dinamis, dalam lingkungan mikrokontroler.

1) Struktur Dasar Program Python untuk Mikrokontroler

Berikut contoh sederhana untuk menyalakan dan mematikan LED menggunakan MicroPython

```
from machine import Pin
import time

led = Pin(2, Pin.OUT) # Set pin 2 sebagai output

while True:
    led.value(1) # Nyalakan LED
    time.sleep(1) # Tunggu 1 detik
    led.value(0) # Matikan LED
    time.sleep(1) # Tunggu 1 detik
```

2) Kelebihan Python untuk Mikrokontroler

- Python dikenal sebagai bahasa pemrograman yang mudah dipelajari dan dipahami, sehingga sangat cocok untuk pemula.
- Dengan sintaksis yang lebih sederhana dibanding C++, pengembangan perangkat lunak bisa lebih cepat.

3) Kekurangan

- Python, meskipun mudah digunakan, tidak seefisien C++ dalam hal penggunaan memori dan kecepatan eksekusi.
- Tidak semua mikrokontroler mendukung Python atau MicroPython, dan jika mendukung, biasanya terbatas pada perangkat keras dengan spesifikasi lebih tinggi.

c. Pemrograman Mikrokontroler dengan Arduino IDE

Arduino IDE merupakan lingkungan pemrograman yang paling populer untuk mikrokontroler. Bahasa yang digunakan dalam Arduino IDE berbasis C++, namun lebih mudah dan ramah pengguna berkat adanya berbagai library bawaan yang memudahkan akses ke perangkat keras tanpa perlu menulis kode yang rumit.

1) Struktur Dasar Program Arduino

Arduino IDE menggunakan dua fungsi utama, `setup()` dan `loop()`, seperti halnya dalam C++. Contoh untuk menyalakan dan mematikan LED.

```
int ledPin = 13;

void setup() {
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(ledPin, LOW);
  delay(1000);
}
```

2) Kelebihan Arduino IDE

- Lingkungan ini sangat cocok untuk pemula dengan antarmuka yang sederhana dan mudah dipahami.
- Tersedia berbagai library untuk sensor, aktuator, dan modul komunikasi, yang membuat pengembangan proyek mikrokontroler menjadi lebih cepat.

3) Kekurangan

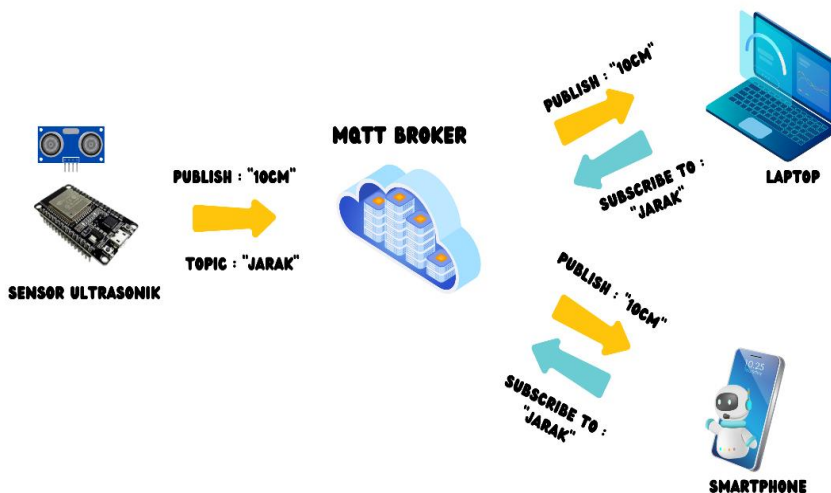
- Meski dapat digunakan untuk berbagai mikrokontroler, Arduino IDE lebih optimal jika digunakan dengan board berbasis Arduino, seperti Arduino Uno, Nano, atau Mega.
- Arduino IDE mungkin tidak cocok untuk proyek yang memerlukan kontrol perangkat keras yang sangat spesifik.

2. Protokol komunikasi dalam Internet Of Things.

Di dalam dunia Internet of Things (IoT), protokol komunikasi adalah komponen penting yang memungkinkan perangkat saling berinteraksi dan bertukar data secara efektif. Pada dasarnya, protokol-protokol ini memungkinkan koneksi antara perangkat IoT dengan server, aplikasi, atau perangkat lain dalam jaringan IoT. Di antara protokol komunikasi yang umum digunakan dalam implementasi IoT adalah MQTT, HTTP, dan WebSockets (Sakinah, 2023). Setiap protokol memiliki karakteristik unik, yang membuatnya cocok untuk aplikasi tertentu dalam IoT.

a. Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

MQTT adalah protokol komunikasi yang sering digunakan dalam aplikasi IoT karena efisiensinya dalam menangani koneksi yang minim bandwidth dan rendah daya. Protokol ini dirancang untuk komunikasi "publish-subscribe," di mana perangkat yang mengirim data disebut *publisher*, sementara perangkat yang menerima data disebut *subscriber*.



Gambar 4.6 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) pada Sensor Jarak

1. Publish dan Subscribe

MQTT menggunakan model "Publish" dan "Subscribe". Singkatnya ada 2 bagian pada MQTT yakni Publisher yang dapat melakukan Publish dan Subscriber yang

dapat melakukan subscribe. Publish artinya membagikan suatu “topic”. Sedangkan Subscribe berlangganan suatu “topic”. Jadi, Publish dan Topic ini bisa dibidang seperti tipe data khusus untuk membagikan atau berlangganan suatu topic. Jadi dalam penggunaannya pada protokol MQTT, akan dideklarasikan terlebih dahulu suatu variabel misalkan Subscriber Sensor Ultrasonik yang artinya membuat suatu Subscriber bernama Sensor Ultrasonik.

2. Topic

Topic adalah label atau jalur yang digunakan untuk mengatur dan memfasilitasi distribusi pesan di antara perangkat yang berkomunikasi. Topic berfungsi seperti saluran komunikasi di mana perangkat (atau klien) dapat "publish" (mengirimkan) pesan atau "subscribe" (berlangganan) untuk menerima pesan yang diterbitkan oleh perangkat lain. Struktur topic ini membuat MQTT sangat fleksibel untuk berbagai kebutuhan komunikasi data pada sistem IoT. Topik adalah suatu string dan dipisahkan dengan tanda “/” untuk sub sub topiknya sehingga tanda “/” menunjukkan level topic. Lalu perlu diingat kalau topic ini bersifat *Case Sensitive* yang artinya kapital tidaknya huruf akan berpengaruh. misalkan “Jarak” dan “jarak” adalah suatu hal yang berbeda.

3. Messages

Messages adalah isi dari suatu topik, bisa berisi suatu data, misal nilai jarak 10 cm. Bisa juga berisi suatu perintah misalkan menyalakan lampu atau mematikan lampu. Jika sudah subscribe suatu topic misalnya topic jarak. Maka subscriber akan mendapatkan nilai jarak dari topic tersebut setiap jangka waktu tertentu, misalnya tiap 5 detik, subscriber akan menerima data jarak. Jangka waktu ini kemudian bisa diatur di program.

4. Broker

Broker berfungsi untuk menerima semua pesan, lalu mengolah atau menyaring semua pesan tersebut agar pesan-pesan hanya sampai pada subscriber topik yang bersesuaian (Pratama, 2021).

Karakteristik utama MQTT meliputi:

- 1) MQTT dirancang untuk meminimalkan kebutuhan sumber daya. Ia menggunakan sedikit bandwidth, membuatnya ideal untuk aplikasi IoT dengan jaringan berkapasitas rendah.
- 2) MQTT bekerja dengan model publish/subscribe, di mana klien (perangkat) mengirimkan ("publish") pesan ke topik tertentu, dan klien lainnya dapat menerima ("subscribe") pesan-pesan dari topik tersebut. Hal ini memungkinkan komunikasi yang terstruktur dan terdesentralisasi.
- 3) MQTT menawarkan tiga tingkat Quality of Service (QoS) untuk mengelola keandalan pengiriman pesan:
QoS 0: Pengiriman sekali saja tanpa konfirmasi.
QoS 1: Pengiriman dengan konfirmasi, memastikan pesan diterima setidaknya sekali.
QoS 2: Pengiriman tepat satu kali, mencegah pesan dikirim ulang.
- 4) MQTT memungkinkan perangkat terhubung ke server ("broker") dalam jangka waktu lama, cocok untuk sensor atau perangkat yang membutuhkan komunikasi real-time atau semi real-time.
- 5) Protokol MQTT relatif mudah untuk diimplementasikan, baik pada perangkat keras maupun perangkat lunak, sehingga mempercepat pengembangan solusi IoT.
- 6) MQTT mendukung struktur topik bersarang, sehingga memungkinkan organisasi pesan dalam hierarki yang mudah dipahami, yang bermanfaat dalam sistem IoT skala besar.
- 7) MQTT mendukung enkripsi TLS dan otentikasi berbasis username/password untuk keamanan data

dalam transmisi, meskipun keamanan ini bergantung pada implementasi tambahan.

- 8) Fitur ini memungkinkan broker MQTT menyimpan pesan terbaru dari topik tertentu, sehingga klien baru yang bergabung dapat langsung mendapatkan informasi terbaru tanpa menunggu publish berikutnya.

Penggunaan MQTT sangat umum dalam aplikasi seperti pemantauan sensor jarak jauh, sistem kontrol rumah pintar, dan sistem pengawasan industri. MQTT dirancang untuk memungkinkan komunikasi yang berkesinambungan meskipun jaringan tidak stabil, sehingga data dapat terus dikirim dan diterima dengan waktu tunda yang minimal.

b. Hypertext Transfer Protocol (HTTP)

HTTP adalah protokol komunikasi yang paling populer untuk transfer data di internet dan juga digunakan dalam beberapa aplikasi IoT. Protokol ini menggunakan pendekatan komunikasi berbasis "request-response", dimana perangkat mengirim permintaan (request) ke server, dan server merespons dengan data atau informasi yang diminta.

Karakteristik HTTP dalam perangkat Internet of Things antara lain:

- 1) HTTP mendukung berbagai metode permintaan (GET, POST, PUT, DELETE, dll.) yang memungkinkan berbagai jenis interaksi antara perangkat dan server.
- 2) HTTP menggunakan format teks untuk mengirimkan data, yang membuatnya mudah dibaca dan didebug.
- 3) HTTPS, versi HTTP yang dienkripsi menyediakan enkripsi dengan SSL/TLS untuk melindungi data selama transmisi.
- 4) HTTP menyediakan interoperabilitas yang luas dan memungkinkan perangkat IoT untuk berkomunikasi

langsung dengan aplikasi web atau server tanpa konversi data tambahan.

- 5) HTTP kurang cocok untuk aplikasi yang membutuhkan komunikasi real-time

Namun, HTTP memiliki beberapa kekurangan untuk aplikasi IoT yang membutuhkan komunikasi waktu nyata karena setiap permintaan harus diinisiasi ulang. Penggunaannya lebih tepat untuk aplikasi IoT yang tidak memerlukan data yang selalu diperbarui, seperti pengambilan data dari server yang diakses secara berkala atau pengaturan perangkat yang tidak memerlukan komunikasi terus-menerus.

c. WebSockets

WebSockets adalah protokol komunikasi yang memungkinkan koneksi tetap terbuka antara perangkat dan server, sehingga memungkinkan pertukaran data dua arah secara waktu nyata. Berbeda dari HTTP yang hanya mendukung komunikasi satu arah (client-server), WebSockets memungkinkan client dan server untuk mengirim data kapan saja, membuatnya cocok untuk aplikasi yang membutuhkan respons cepat dan latensi rendah (Kojansow et al., 2024).

Beberapa karakteristik WebSockets dalam perangkat Internet of Things:

- 1) WebSockets memungkinkan koneksi full-duplex atau dua arah antara klien dan server, sehingga keduanya dapat saling bertukar data tanpa perlu membuat permintaan HTTP berulang.
- 2) WebSockets memungkinkan pengiriman data hampir secara instan, tanpa waktu tunda (latensi) yang besar.
- 3) WebSockets menggunakan protokol TCP dan menghindari overhead HTTP yang biasanya diperlukan pada komunikasi HTTP konvensional.
- 4) WebSockets mendukung streaming data real-time, yang sangat berguna dalam aplikasi IoT yang perlu mengirim data dalam aliran yang berkelanjutan

- 5) WebSockets banyak didukung oleh berbagai browser dan perangkat, membuatnya mudah diintegrasikan dengan aplikasi web dan aplikasi seluler.

WebSockets ideal digunakan untuk aplikasi IoT seperti streaming data dari sensor, sistem pengawasan secara real-time, atau aplikasi kontrol yang memerlukan respons langsung antara perangkat IoT dan server.

An aerial night view of a port with a network overlay. The port is illuminated with lights, and the water reflects the lights. A network of blue lines and dots is overlaid on the image, representing a network or data flow. The title 'BAB 5 IMPLEMENTASI IOT DALAM SISTEM MARITIM' is centered in a bold, dark red font.

BAB 5

IMPLEMENTASI IOT DALAM SISTEM MARITIM

A. Penerapan IoT dalam Kapal

1. Penerapan IoT dalam monitoring kapal pompong laut.

Teknologi Internet of Things (IoT) telah membawa perubahan besar dalam berbagai sektor, termasuk bidang perkapalan tradisional seperti kapal pompong laut. Dalam penerapannya, IoT memungkinkan pemantauan kondisi kapal secara real-time, mulai dari posisi geografis, kecepatan, hingga kondisi cuaca di sekitar kapal. Hal ini sangat penting bagi nelayan atau operator kapal kecil yang sering kali beroperasi di perairan yang jauh dari pantauan darat. Dengan IoT, berbagai sensor dipasang di kapal untuk mengumpulkan data, yang kemudian dikirimkan ke sistem pusat melalui jaringan internet. Data ini dapat diakses melalui perangkat seperti smartphone atau komputer, memberikan kemudahan bagi pemilik atau pengelola kapal dalam memonitor kapal kapan saja dan di mana saja.

Pemanfaatan teknologi ini tidak hanya memberikan keamanan bagi awak kapal namun juga membantu dalam efisiensi operasional. Sebagai contoh, sensor suhu dan kelembaban dapat membantu mendeteksi perubahan kondisi cuaca yang tiba-tiba, memungkinkan kapal menghindari potensi bahaya. Selain itu, pemantauan konsumsi bahan bakar yang akurat dapat mengoptimalkan penggunaan bahan bakar, sehingga menghemat biaya operasional. Teknologi IoT juga memungkinkan pelacakan rute, yang berguna untuk memastikan bahwa kapal berada pada jalur yang aman dan sesuai rencana (Kamaliyah K.D. et al., 2024).



Gambar 5.1 Implementasi Panel Surya

2. Implementasi Perangkat Keras

Pada sistem pembuangan air otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang untuk kapal pompong laut, implementasi perangkat keras merupakan komponen vital yang memungkinkan sistem ini berfungsi secara mandiri dan efisien di lingkungan laut. Komponen perangkat keras utama yang digunakan meliputi panel surya, aki mobil, Solar Charger Controller, mikrokontroler NodeMCU ESP32, relay, sensor level air, modul step-down, pompa air, serta modem Wi-Fi untuk koneksi IoT.

a). Panel Surya

Panel Surya digunakan sebagai sumber energi listrik untuk menjalankan seluruh komponen Sistem Pembuangan Air Otomatis pada Kapal Pompong laut Menggunakan Tenaga Surya berbasis Internet of Things.

Adapun letak panel surya pada sistem yang dibangun berada pada sisi atas atau atap dari rumah mesin pompong laut. Hal ini memungkinkan panel surya untuk menerima cahaya matahari secara optimal dan menghasilkan energi listrik yang dibutuhkan oleh sistem.



Gambar 5.2 Implementasi Panel Surya

b). Akumulator/Aki Mobil

Merupakan komponen penting untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Hal ini sangat penting agar sistem dapat tetap beroperasi bahkan ketika tidak ada sinar matahari yang cukup untuk menghasilkan daya dari panel surya. Dalam implementasinya menggunakan aki yang berkapasitas 45 Ampere.

Dengan adanya aki, sistem pembuangan air otomatis pada pompong laut dapat terus beroperasi tanpa gangguan, bahkan saat panel surya tidak dapat menghasilkan daya yang cukup. Hal ini penting untuk menjaga kinerja sistem pembuangan air agar tetap berfungsi dengan baik, terlepas dari fluktuasi ketersediaan sinar matahari.



Gambar 5.3. Implementasi Panel Surya

c). Solar Charger Controller (SCC)

Solar Charger Controller (SCC) memiliki fungsi penting dalam sistem tersebut. SCC berfungsi untuk mengatur pengisian daya baterai (aki) dari panel surya secara efisien dan aman. Pertama, SCC akan memantau tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya, lalu menyesuaikannya dengan tegangan dan kapasitas pengisian aki. Hal ini mencegah overcharging yang dapat merusak baterai. Kedua, SCC juga dilengkapi dengan fitur proteksi seperti pelepasan beban berlebih dan perlindungan terhadap tegangan berlebih. Ini menjaga keamanan sistem dan komponennya.

Selain itu, SCC dapat mengatur prioritas penggunaan daya, misalnya untuk mengutamakan pengisian aki terlebih dahulu sebelum menyuplai daya ke perangkat lain. Fungsi ini penting untuk memastikan ketersediaan daya cadangan pada baterai. Dengan demikian, SCC berperan vital dalam mengelola aliran daya dan menjaga keandalan sistem pembuangan air otomatis pada pompong laut yang berbasis energi surya dan IoT.



Gambar 5.4 Implementasi SCC pada Pompong Laut

d). Mikrokontroler NodeMCU ESP32

Digunakan untuk mengontrol kerja sensor dan pompa air berdasarkan informasi ketinggian air yang diterima dari Liquid Level Controller Sensor dan digunakan untuk menghubungkan sistem pembuangan air otomatis dengan internet, sehingga nelayan dapat memantau dan

mengendalikan sistem dari jarak jauh melalui smartphone sehingga sistem pembuangan air berjalan tepat waktu, mencegah terjadinya overload atau bahkan tenggelamnya kapal pompong.

Mikrokontroler NodeMCU ESP32 pada sistem yang dibangun diletakkan pada kotak atau box panel surya bersamaan dengan Liquid Level Controller Sensor, Relay dan Solar Charge Controller (SCC).

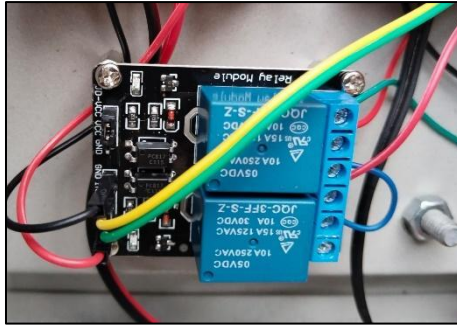


Gambar 5.5 Implementasi Mikrokontroler NodeMCU ESP32

e). Relay 2 Channel 5 V

Relay 2 Channel 5 Volt berfungsi sebagai saklar elektronik yang dapat mengontrol aliran listrik ke komponen-komponen sistem. Dalam konteks ini, relay digunakan untuk mengaktifkan dan menonaktifkan pompa air yang digunakan untuk membuang air dari kapal pompong laut. Secara spesifik, relay akan menerima sinyal dari kontroler atau mikrokontroler dalam sistem. Saat kontroler mendeteksi adanya air yang perlu dibuang, relay akan mengaktifkan pompa air dengan menyalurkan arus listrik ke pompa tersebut. Sebaliknya, saat air sudah dibuang, kontroler akan mengirimkan sinyal untuk menonaktifkan relay, sehingga pompa air berhenti beroperasi.

Dengan menggunakan relay 2 channel, sistem dapat mengontrol dua pompa air secara independen. Hal ini memungkinkan pembuangan air dilakukan secara terpisah untuk masing-masing Mode Pembuangan Air yang dipilih sehingga meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas sistem pembuangan air otomatis.



Gambar 5.6 Implementasi Relay 2 Channel 5V pada pompong laut

f). Liquid Level Controller Sensor

Liquid Level Controller Sensor memainkan peran krusial dalam sistem pembuangan air otomatis pada kapal pompong laut yang dikembangkan dalam penelitian ini. Sensor ini digunakan untuk mengontrol ketinggian atau level air di dalam kapal pompong.

Modul Liquid Level Controller Sensor pada sistem diletakkan pada kotak atau box panel sedangkan Mata Sensor yang digunakan ditempatkan pada bagian dasar atau bilga kapal pompong laut. Hal ini agar mata sensor dapat menjangkau dan mendeteksi air yang terkumpul di dasar kapal secara efektif sesuai batas air atau ketinggian air yang ditentukan. Ketika level air mencapai atau melewati batas yang telah ditetapkan, sensor akan mendeteksi kondisi tersebut dan mengirimkan sinyal ke sistem kontrol.



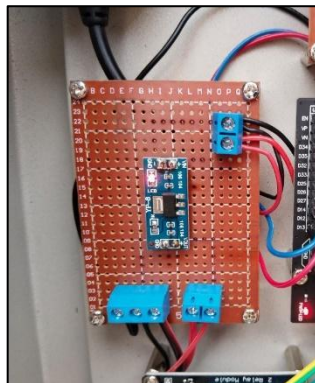
Gambar 5.7 Implementasi Liquid Level Controller Sensor

g). Step Down Module AMS1117 5V

Step Down Module AMS1117 5V berfungsi sebagai regulator tegangan yang menurunkan tegangan dari sumber daya utama menjadi tegangan yang sesuai untuk komponen-komponen sistem. Pada sistem ini, sumber daya utama berasal dari baterai atau aki yang memiliki tegangan tinggi, sekitar 12V atau lebih. Namun, sebagian besar komponen elektronik, seperti mikrokontroler, relay dan Modem Wifi hanya membutuhkan tegangan 5V untuk beroperasi.

Oleh karena itu, Step Down Module AMS1117 5V bertugas untuk mengkonversi tegangan tinggi dari baterai menjadi tegangan 5V yang stabil dan aman bagi komponen-komponen tersebut. Modul ini dapat menjaga tegangan 5V tetap konstan, bahkan jika terjadi fluktuasi pada tegangan Aki.

Dengan adanya Step Down Module AMS1117 5V, sistem dapat beroperasi dengan aman dan stabil, serta terhindar dari kerusakan akibat tegangan yang tidak sesuai. Hal ini menjamin keandalan dan ketahanan sistem pembuangan air otomatis pada Pompong Laut.



Gambar 5.8 Step Down Module AMS1117 5V

h). Pompa air DC 12 Volt

Digunakan untuk membuang air yang masuk ke dalam kapal pompong secara otomatis. Pompa Air DC 12 Volt akan menyala setelah menerima inputan perintah melalui mikrokontroler ESP32 yang selanjutnya akan diteruskan ke Relay 5 Volt 2 Channel yang mana terbagi menjadi 2 (dua) yaitu 1 channel digunakan untuk inputan mode Manual dan

1 channel lagi digunakan untuk inputan mode otomatis. Dengan demikian Pompa DC 12 Volt akan menyala mengikuti inputan perintah yang diberikan, apakah menyala secara otomatis maupun manual.

Adapun letak pompa DC 12 Volt juga diletakkan pada bagian dasar atau bilga kapal pompong nelayan. Letak ini dipilih agar Pompa DC dapat lebih optimal dan efektif dalam memompa air yang berada dalam kapal pompong nelayan.



Gambar 5.9 Implementasi Pompa DC 12 Volt

i). Modul Charger USB

Modul Charger USB berfungsi sebagai komponen penting dalam sistem pembuangan air otomatis pada kapal pompong nelayan dengan teknologi IoT dan tenaga surya. Modul ini menyediakan sumber daya yang stabil dan tepat untuk modem WiFi, yang digunakan untuk komunikasi data antara sistem pembuangan air dan jaringan internet.

Dengan konversi tegangan dari sumber energi, seperti panel surya, menjadi 5 Volt yang dibutuhkan modem, modul charger USB memastikan bahwa perangkat mendapatkan daya yang diperlukan tanpa resiko kerusakan. Selain itu, modul charger USB juga dilengkapi dengan fitur perlindungan untuk mencegah overcharging dan overcurrent, menjaga keandalan dan masa pakai perangkat.



Gambar 5.10. Modul Charger USB

Efisiensi penggunaan dari modul ini membantu memaksimalkan penggunaan daya yang dihasilkan dari panel surya, yang penting untuk sistem komunikasi khususnya untuk menyalakan Modem Wifi pada Sistem Pembuangan Air Otomatis pada pompong nelayan menggunakan tenaga surya berbasis Internet Of things (IoT). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa modul charger USB mendukung fungsi komunikasi yang andal dan efisien dalam sistem yang dirancang.

j). Modem WiFi

Modem WiFi berfungsi sebagai perangkat komunikasi yang menghubungkan sistem pembuangan air otomatis pada kapal pompong dengan internet. Hal ini memungkinkan sistem untuk terhubung dengan perangkat dan aplikasi lain yang berada di luar kapal pompong, sehingga dapat dikendalikan secara remote.



Gambar 5.11 Implementasi Modem Wifi

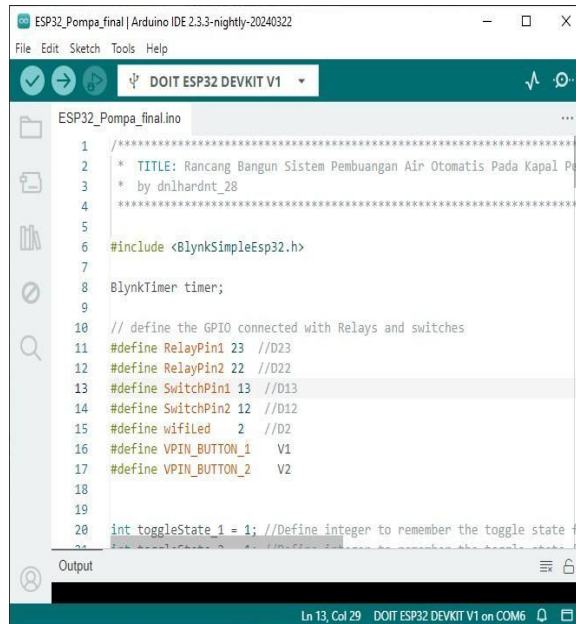
Dengan menggunakan modem WiFi, sistem dapat mengirimkan informasi terkait operasi pembuangan air ke perangkat lain seperti smartphone melalui Aplikasi Blynk. Pengguna dapat melakukan kontrol jarak jauh atas sistem pembuangan air pada Pompong.

3. Implementasi Perangkat Lunak

Pada bagian perangkat lunak, sistem pembuangan air otomatis ini membutuhkan program yang mampu mengintegrasikan seluruh komponen perangkat keras untuk menciptakan suatu sistem yang beroperasi secara efektif dan efisien. Program tersebut dirancang untuk memungkinkan nelayan memantau dan mengendalikan sistem dari jarak jauh melalui koneksi Internet of Things (IoT).

Implementasi perangkat lunak ini melibatkan pengkodean yang ditanamkan dalam mikrokontroler NodeMCU ESP32, yang berperan sebagai pusat kendali utama sistem. NodeMCU ESP32 bertugas mengontrol seluruh operasi, termasuk mengaktifkan dan menonaktifkan pompa berdasarkan data dari Liquid Level Controller Sensor. Selain itu, NodeMCU ESP32 juga mengatur komunikasi antara perangkat keras dan antarmuka pengguna, memungkinkan nelayan mengontrol sistem dari jarak jauh menggunakan perangkat seperti smartphone atau komputer.

Proses pengkodean dilakukan dengan Arduino IDE, yang memfasilitasi integrasi dan pengujian secara efisien. Pengkodean ini mencakup logika dasar untuk operasi sistem, seperti bagaimana sistem merespons perubahan level air, bagaimana data dikirimkan ke antarmuka pengguna, serta bagaimana sistem terhubung dan berkomunikasi dengan jaringan WiFi. Dengan implementasi perangkat lunak yang baik, sistem pembuangan air otomatis ini diharapkan dapat memberikan kinerja optimal dan memperpanjang umur perangkat keras, serta memastikan operasi yang akurat sesuai kondisi lapangan.



Gambar 5.12 Pengkodean Arduino untuk NodeMCU ESP32

4. Implementasi Pemrograman Arduino dan Blynk

```

#include <BlynkSimpleEsp32.h>

BlynkTimer timer;

// define the GPIO connected with Relays and switches
#define RelayPin1 23 //D23
#define RelayPin2 22 //D22
#define SwitchPin1 13 //D13
#define SwitchPin2 12 //D12
#define wifiLed 2 //D2
#define VPIN_BUTTON_1 V1
#define VPIN_BUTTON_2 V2

int toggleState_1 = 1; //Define integer to remember the toggle state for
relay 1
int toggleState_2 = 1; //Define integer to remember the toggle state for
relay 2
int wifiFlag = 0;

#define AUTH "CfkCHT-5EoWattl60CDAsdPlksWC4iAD"
#define WIFI_SSID "pompa" //Enter Wifi Name
#define WIFI_PASS "1234567890" //Enter wifi Password

```

```

void relayOnOff(int relay){

switch(relay){
case 1:
    if(toggleState_1 == 1){
        digitalWrite(RelayPin1, LOW); // turn on relay 1
        toggleState_1 = 0;
        Serial.println("Device1 ON");
    }
    else{
        digitalWrite(RelayPin1, HIGH); // turn off relay 1
        toggleState_1 = 1;
        Serial.println("Device1 OFF");
    }
    delay(100);
break;
case 2:
    if(toggleState_2 == 1){
        digitalWrite(RelayPin2, LOW); // turn on relay 2
        toggleState_2 = 0;
        Serial.println("Device2 ON");
    }
    else{
        digitalWrite(RelayPin2, HIGH); // turn off relay 2
        toggleState_2 = 1;
        Serial.println("Device2 OFF");
    }
    delay(100);
break;

default : break;
}
}

void with_internet(){
    //Manual Switch Control
    if (digitalRead(SwitchPin1) == LOW){
        delay(200);
        relayOnOff(1);
        Blynk.virtualWrite(VPIN_BUTTON_1, toggleState_1); // Update
        Button Widget
    }
    else if (digitalRead(SwitchPin2) == LOW){
        delay(200);

```



```

    relayOnOff(2);
    Blynk.virtualWrite(VPIN_BUTTON_2, toggleState_2); // Update
Button Widget
  }
}

void without_internet(){
  //Manual Switch Control
  if (digitalRead(SwitchPin1) == LOW){
    delay(200);
    relayOnOff(1);
  }
  else if (digitalRead(SwitchPin2) == LOW){
    delay(200);
    relayOnOff(2);
  }
}

BLYNK_CONNECTED() {
  // Request the latest state from the server
  Blynk.syncVirtual(VPIN_BUTTON_1);
  Blynk.syncVirtual(VPIN_BUTTON_2);
}

// When App button is pushed - switch the state

BLYNK_WRITE(VPIN_BUTTON_1) {
  toggleState_1 = param.asInt();
  digitalWrite(RelayPin1, toggleState_1);
}

BLYNK_WRITE(VPIN_BUTTON_2) {
  toggleState_2 = param.asInt();
  digitalWrite(RelayPin2, toggleState_2);
}

void checkBlynkStatus() { // called every 3 seconds by SimpleTimer

  bool isconnected = Blynk.connected();
  if (isconnected == false) {
    wifiFlag = 1;
    digitalWrite(wifiLed, LOW); //Turn off WiFi LED
  }
}

```

```

    }
    if (isconnected == true) {
        wifiFlag = 0;
        digitalWrite(wifiLed, HIGH); //Turn on WiFi LED
    }
}

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(RelayPin1, OUTPUT);
    pinMode(RelayPin2, OUTPUT);
    pinMode(wifiLed, OUTPUT);
    pinMode(SwitchPin1, INPUT_PULLUP);
    pinMode(SwitchPin2, INPUT_PULLUP);

    //During Starting all Relays should TURN OFF
    digitalWrite(RelayPin1, toggleState_1);
    digitalWrite(RelayPin2, toggleState_2);

    WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASS);
    timer.setInterval(3000L, checkBlynkStatus); // check if Blynk server is
connected every 3 seconds
    Blynk.config(AUTH);
}

void loop()
{
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
    {
        Serial.println("WiFi Not Connected");
    }
    else
    {
        Serial.println("WiFi Connected");
        Blynk.run();
    }

    timer.run(); // Initiates SimpleTimer
    if (wifiFlag == 0)
        with_internet();
    else
        without_internet();
}

```

B. Keunggulan Teknologi IoT pada Kapal Pompong

Dalam rangka meningkatkan keamanan dan efisiensi operasi kapal pompong nelayan, penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) telah diterapkan pada sistem pembuangan air otomatis berbasis tenaga surya. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi, mengontrol, dan mengatur proses pembuangan air tanpa campur tangan manusia. Hasil penelitian yang dilaksanakan pada rancang bangun sistem pembuangan air otomatis ini menunjukkan berbagai keunggulan yang signifikan, baik dari segi efisiensi energi, keamanan, hingga peningkatan produktivitas nelayan.

Salah satu keunggulan utama dari sistem ini adalah kemampuannya untuk bekerja secara otomatis. Dengan menggunakan sensor ketinggian air (liquid level controller), NodeMCU ESP32 sebagai unit pengendali utama, serta pompa air 12V, sistem ini mendeteksi ketinggian air dalam kapal dan secara otomatis mengaktifkan pompa jika air mencapai batas tertentu (Supriyadi et al., 2022). Dengan proses ini, air yang terkumpul di kapal dapat dikeluarkan secara efektif tanpa memerlukan tindakan manual dari nelayan. Hal ini menjadi sangat penting saat kondisi cuaca buruk atau ketika nelayan sibuk dengan kegiatan lainnya, di mana kemampuan untuk beroperasi mandiri dapat membantu mencegah situasi yang berpotensi berbahaya.

Dari segi energi, sistem ini didukung oleh panel surya sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Energi yang dihasilkan oleh panel surya disimpan di dalam aki yang memungkinkan sistem untuk tetap berfungsi bahkan saat sinar matahari tidak tersedia. Penggunaan energi surya ini mengurangi ketergantungan pada bahan bakar konvensional, yang tidak hanya menghemat biaya operasional tetapi juga membantu menjaga kelestarian lingkungan. Hal ini sejalan dengan upaya untuk mengurangi emisi karbon dan penggunaan sumber daya fosil, menjadikan sistem ini pilihan yang berkelanjutan bagi operasional kapal pompong nelayan.

Keunggulan lain dari penerapan IoT pada sistem ini adalah kemampuan untuk mengintegrasikan kontrol melalui smartphone. Nelayan dapat memonitor dan mengendalikan sistem pembuangan

air kapan saja dan dari mana saja menggunakan aplikasi IoT yang terhubung melalui NodeMCU ESP32. Fitur ini memberikan kemudahan dan kontrol yang lebih besar bagi nelayan, memungkinkan mereka untuk mengetahui kondisi air di kapal tanpa harus selalu berada di dekat kapal. Sistem ini juga dapat memberikan notifikasi saat terjadi perubahan signifikan pada level air, sehingga nelayan dapat lebih cepat merespons situasi darurat.

Secara keseluruhan, implementasi sistem pembuangan air otomatis berbasis IoT ini membawa manfaat yang luas bagi nelayan. Dengan meningkatkan keselamatan di laut, mengurangi risiko tenggelamnya kapal akibat penumpukan air, serta menghemat waktu dan tenaga, sistem ini juga mengurangi konsumsi bahan bakar dan biaya operasional. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga memperkuat ketahanan kapal pompong nelayan dalam menghadapi berbagai tantangan alam. Melalui penerapan teknologi IoT dan energi terbarukan, kapal pompong nelayan kini menjadi lebih modern, aman, dan ekonomis dalam operasionalnya, menjadikan inovasi ini sebuah solusi yang tepat dan berdaya guna bagi keberlanjutan industri perikanan.



BAB 6

PENGUJIAN DAN VALIDASI SISTEM

A. Pengujian dan Validasi Sistem

Bagian ini akan menjelaskan Sistem IoT yang akan diuji serta divalidasi untuk menilai kelayakan dari sistem yang telah dirancang. Pembahasan meliputi Metodologi Pengujian Sistem IoT, Parameter apa saja yang akan diuji, serta Hasil dan Analisis. Metodologi Pengujian yang akan dibahas yaitu pengujian di lingkungan nyata (kapal pompong laut) yang merupakan objek yang dijadikan media pengujian dan Proses pengumpulan data dari sensor serta respon sistem. Kemudian, Parameter Pengujian yang digunakan diantaranya Kecepatan respon sistem terhadap kondisi air dan Ketahanan sistem dalam kondisi laut yang berbeda (gelombang, tekanan, dll). Setelah itu, hasil pengujian dianalisis dengan memperhatikan data performa sistem dalam pengoperasian pembuangan air otomatis. Membahas mengenai pengujian dari sistem, rangkaian IoT diuji secara simultan berdasarkan fungsi dari rangkaian yang terdiri dari beberapa komponen. Adapun komponen-komponen tersebut sudah dijelaskan pada BAB sebelumnya.

Pengujian rangkaian perangkat dilakukan untuk memastikan bahwa semua komponen perangkat keras dan perangkat lunak berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian sistem menyeluruh ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua komponen bekerja dengan baik dalam satu kesatuan sistem yang terintegrasi sehingga sistem siap digunakan dengan optimal.

B. Metodologi Pengujian Sistem IoT

Setelah Perangkat Diimplementasikan, keseluruhan sistem yang menghasilkan sebuah Rangkaian sistem Pembuangan Air Otomatis, perlu dilakukan pengujian untuk memastikan apakah sistem yang diimplementasikan memenuhi tujuan yang dinyatakan.

C. Pengujian di lingkungan nyata (kapal pompong di laut).

Rangkaian IoT pada kapal pompong diuji menggunakan metode Uji Black Box. Sebenarnya, terdapat dua pendekatan yang digunakan untuk menguji perangkat IoT, diantaranya pengujian black box dan white box. Sebelum membahas lebih jauh mengenai metode penelitian, alangkah baiknya dibahas perbedaan dari kedua pendekatan pengujian tersebut untuk mengetahui jenis mana yang lebih tepat diimplementasikan di lingkungan nyata (kapal pompong).

1. Pengujian Black Box

Pengujian Black Box diartikan sebagai pengujian tanpa akses ke kode sumber atau arsitektur internal perangkat (Setiawan, 2021). Penguji memperlakukan perangkat sebagai "kotak hitam," hanya memberikan input dan memantau output tanpa mengetahui mekanisme internal perangkat tersebut. Pendekatan ini mencerminkan pengalaman pengguna atau pihak ketiga yang tidak memiliki informasi mendalam tentang sistem, sehingga memberikan hasil pengujian yang lebih realistis.

2. Pengujian White Box

Di sisi lain, Pengujian White Box memberikan penguji akses lengkap ke kode sumber, arsitektur, dan dokumentasi perangkat IoT (Utomo, 2023). Dengan metode ini, penguji dapat menganalisis logika internal dan struktur kode secara mendalam untuk mengidentifikasi potensi kerentanan yang tersembunyi.

Memperhatikan perbedaan dari kedua jenis pengujian tersebut, dapat dikatakan bahwa metode pengujian yang tepat diimplementasikan pada kapal pompong adalah Pengujian Black Box, yang ditujukan untuk memberikan hasil pengujian yang realistis. Selain itu, pengujian Black Box memudahkan pengguna untuk mendapatkan hasil pengujian yang basisnya merupakan realitas di lapangan. Pengujian sistem pembuangan air otomatis yang dilakukan menggunakan metode *black box testing* tentu saja

ditujukan untuk memastikan bahwa sistem pembuangan air otomatis telah berfungsi sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan yang telah ditentukan, tanpa perlu memperhatikan bagaimana sistem tersebut diimplementasikan secara internal.

D. Proses pengumpulan data respon sistem.

Proses pengumpulan data Proses pengujian pompa air otomatis berbasis IoT melibatkan beberapa tahap kritis (Laela Uziah et al., 2024). Pertama, lakukan analisis kebutuhan untuk memahami spesifikasi sistem, termasuk sensor, aktuator, dan konektivitas jaringan. Tahap berikutnya adalah perancangan skenario uji untuk mengidentifikasi kondisi operasi normal dan skenario kegagalan. Setelah skenario uji ditetapkan, tahap implementasi pengujian dilakukan dengan memasang perangkat dan sensor di lokasi yang sesuai dan memastikan perangkat IoT terhubung dengan jaringan. Pada tahap pengujian fungsional, sistem diuji dengan memberikan berbagai input untuk memastikan semua fungsi berjalan dengan baik dan output yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan. Selain itu, pengujian keamanan juga dilakukan untuk mengidentifikasi dan menanggulangi potensi kerentanan terhadap serangan siber. Setelah pengujian selesai, data hasil uji dievaluasi dan dianalisis untuk mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan, serta memastikan sistem bekerja dengan efisien dan aman.

a. Analisis kebutuhan untuk memahami spesifikasi sistem

Menganalisis kebutuhan untuk memahami spesifikasi sistem IoT pada pompa air otomatis melibatkan beberapa langkah penting (Hardinata et al., 2024). Berikut adalah prosesnya:

1. **Identifikasi Tujuan dan Kebutuhan Pengguna:** Pahami apa yang diharapkan oleh pengguna akhir dari sistem ini. Apakah mereka menginginkan kontrol jarak jauh, pemantauan penggunaan air, atau notifikasi kerusakan?
2. **Analisis Lingkungan Operasional:** Pertimbangkan kondisi lingkungan di mana sistem akan beroperasi, seperti temperatur, kelembaban, dan potensi gangguan fisik.
3. **Evaluasi Komponen Utama:** Tentukan komponen utama seperti sensor untuk mendeteksi level air, aktuator untuk

mengendalikan pompa, dan modul komunikasi untuk konektivitas IoT.

4. **Kebutuhan Konektivitas:** Tentukan bagaimana sistem akan terhubung ke internet. Apakah menggunakan Wi-Fi, jaringan seluler, atau teknologi lainnya?
5. **Keamanan Sistem:** Identifikasi kebutuhan keamanan untuk melindungi data dan mencegah akses tidak sah ke sistem. Ini termasuk enkripsi data dan autentikasi pengguna.
6. **Kompatibilitas dan Integrasi:** Pastikan sistem dapat berintegrasi dengan perangkat lain atau platform yang sudah ada, seperti aplikasi mobile atau dashboard monitoring.
7. **Skalabilitas dan Pemeliharaan:** Pertimbangkan bagaimana sistem dapat diperluas atau diperbarui di masa depan dan bagaimana proses pemeliharaannya.

b. Perancangan skenario uji untuk mengidentifikasi kondisi operasi normal dan skenario kegagalan

Berikut adalah langkah-langkah untuk merancang skenario uji untuk mengidentifikasi kondisi operasi normal dan skenario kegagalan pada pompa air otomatis berbasis IoT (Irawan et al., 2023):

1. Identifikasi Fungsi Utama

Identifikasi fungsi utama dari pompa air otomatis, seperti:

- Mengukur level air dalam tangki.
- Mengaktifkan pompa saat level air rendah.
- Mematikan pompa saat level air tinggi.
- Mengirim notifikasi ke pengguna.

2. Definisikan Kondisi Operasi Normal

Tentukan kondisi operasi normal, misalnya:

- Sensor level air memberikan pembacaan yang akurat.
- Pompa beroperasi sesuai perintah dari sensor.
- Data sensor dikirim dan diterima dengan benar oleh sistem monitoring.
- Koneksi jaringan stabil.

3. Definisikan Skenario Kegagalan

Identifikasi berbagai skenario kegagalan, seperti:

- Sensor level air gagal berfungsi atau memberikan pembacaan yang salah.

- Pompa gagal menyala atau mati.
- Koneksi jaringan terputus.
- Gangguan daya yang menyebabkan sistem mati atau restart.

4. Buat Skenario Uji

Susun skenario uji yang mencakup kondisi operasi normal dan skenario kegagalan. Contohnya:

a. Skenario Operasi Normal

- Tujuan: Memastikan semua fungsi utama berjalan dengan benar.
- Langkah-langkah: Simulasikan operasi sehari-hari.
- Input: Variasi level air dalam tangki.
- Output yang Diharapkan: Pompa aktif dan nonaktif sesuai kebutuhan, notifikasi dikirim.

b. Skenario Kegagalan

- Tujuan: Menguji bagaimana sistem menangani kegagalan.
- Langkah-langkah: Simulasikan kegagalan sensor, putusnya jaringan, dan gangguan daya.
- Input: Simulasi kondisi kegagalan (sensor tidak berfungsi, jaringan putus).
- Output yang Diharapkan: Sistem mendeteksi dan merespons kegagalan sesuai prosedur darurat.

5. Pelaksanaan Uji

Lakukan pengujian sesuai skenario yang telah dirancang, baik untuk kondisi operasi normal maupun skenario kegagalan.

6. Dokumentasi dan Evaluasi

Dokumentasikan hasil setiap pengujian dan bandingkan dengan output yang diharapkan. Evaluasi hasil untuk mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki atau ditingkatkan.

7. Tindakan Perbaikan

Jika ditemukan kelemahan atau kerentanan, lakukan tindakan perbaikan dan ulangi pengujian hingga sistem berfungsi dengan optimal dalam semua kondisi. Dengan merancang skenario uji yang komprehensif, dapat dipastikan pompa air otomatis berbasis IoT berfungsi dengan baik dalam

berbagai kondisi dan dapat menangani kegagalan dengan efektif.

c. Implementasi Pengujian

Untuk mengimplementasikan pengujian perangkat IoT seperti pompa air otomatis, ada beberapa langkah yang perlu Anda ikuti untuk memastikan perangkat dan sensor berfungsi dengan baik dan terhubung dengan jaringan. Berikut langkah-langkahnya:

1. Persiapan Perangkat dan Sensor

- **Pemilihan Lokasi:** Pilih lokasi yang tepat untuk memasang perangkat dan sensor. Pastikan lokasi tersebut memungkinkan sensor berfungsi optimal dan terlindung dari gangguan lingkungan.
- **Perakitan:** Pasang semua komponen perangkat dan sensor sesuai dengan panduan instalasi. Pastikan semua koneksi fisik dilakukan dengan benar.

2. Instalasi Perangkat dan Sensor

- **Penempatan Sensor:** Tempatkan sensor pada posisi yang sesuai, misalnya sensor level air di dalam tangki air. Pastikan sensor terpasang dengan kuat dan dalam kondisi yang memungkinkan pengukuran yang akurat.
- **Pengaturan Aktuator:** Pasang aktuator seperti pompa atau katup pada tempat yang sesuai. Pastikan aktuator dapat beroperasi dengan lancar tanpa hambatan.

3. Konektivitas Jaringan

- **Konfigurasi Jaringan:** Hubungkan perangkat IoT ke jaringan yang akan digunakan, seperti Wi-Fi atau jaringan seluler. Pastikan sinyal cukup kuat dan stabil di lokasi pemasangan.
- **Pengaturan Perangkat Lunak:** Konfigurasikan perangkat lunak yang mengatur komunikasi antara perangkat dan jaringan. Masukkan pengaturan yang diperlukan seperti SSID Wi-Fi, kata sandi, dan alamat IP jika perlu.

4. Pengujian Konektivitas

- **Uji Koneksi:** Lakukan pengujian awal untuk memastikan perangkat terhubung ke jaringan dan dapat

berkomunikasi dengan server atau platform monitoring. Periksa apakah data dari sensor diterima dengan benar.

- Pemantauan Kinerja Jaringan: Monitor kinerja konektivitas jaringan untuk memastikan tidak ada gangguan atau putusnya koneksi.

5. Pengujian Fungsionalitas

- Simulasi Kondisi Operasional: Uji perangkat dalam kondisi operasional normal untuk memastikan semua komponen bekerja sesuai yang diharapkan. Misalnya, uji apakah pompa menyala dan mati sesuai dengan level air yang terdeteksi oleh sensor.
- Pengujian Skenario Kegagalan: Lakukan pengujian dengan mensimulasikan berbagai skenario kegagalan seperti gangguan pada sensor atau putusnya koneksi jaringan.

6. Evaluasi dan Dokumentasi

- Analisis Hasil Pengujian: Analisis data hasil pengujian untuk menemukan kelemahan atau area yang perlu ditingkatkan.
- Dokumentasi: Dokumentasikan seluruh proses pengujian dan hasilnya sebagai referensi untuk perbaikan dan pengembangan lebih lanjut.

Dengan mengikuti prosedur, dapat dipastikan bahwa perangkat IoT terpasang dengan benar, terhubung ke jaringan, dan berfungsi sesuai yang diharapkan dalam berbagai kondisi.

d. Uji Keamanan

Pengujian keamanan memang sangat penting untuk memastikan sistem IoT seperti pompa air otomatis tetap aman dari potensi ancaman siber. Prosesnya melibatkan beberapa langkah kunci (Mikelsten, 2019). Pertama-tama, analisis risiko dilakukan untuk mengidentifikasi potensi ancaman yang bisa dieksploitasi oleh penyerang. Kemudian, uji penetrasi atau penetration testing dilakukan untuk mengevaluasi keamanan sistem dengan mensimulasikan serangan. Ini membantu mengidentifikasi kelemahan yang mungkin tidak terlihat selama pengujian biasa.

Setelah pengujian selesai, data hasil uji dievaluasi secara mendalam. Evaluasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi area yang

memerlukan perbaikan, baik dari sisi perangkat keras, perangkat lunak, maupun protokol komunikasi yang digunakan. Langkah selanjutnya adalah menerapkan tindakan perbaikan yang diperlukan dan melakukan pengujian ulang untuk memastikan bahwa kerentanan tersebut telah ditangani dengan benar. Proses evaluasi ini juga memastikan bahwa sistem bekerja dengan efisien dan tetap aman dari potensi serangan di masa depan.

D. Parameter Pengujian Kecepatan respon sistem otomatis

a. Pengujian Fungsionalitas *Liquid Water Level Sensor*

Pengujian fungsionalitas sensor level air (IoT) dilakukan dengan memulai sistem dalam kondisi hidup. Pengujian dimulai dengan memasukkan air ke dalam pompong hingga menyentuh sensor level tinggi, untuk memastikan bahwa sensor dapat mendeteksi batas atas level air dengan akurat. Setelah itu, pengujian dilanjutkan dengan mengeluarkan air dari pompong hingga menyentuh sensor level rendah. Langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa sensor dapat mendeteksi batas bawah level air dengan tepat. Keseluruhan proses pengujian ini membantu memverifikasi bahwa sensor level air berfungsi dengan baik dalam kondisi operasional normal (Abdul Azis et al., 2024).



Gambar 6.1 Mata Sensor *Liquid Level Controller* pada pompong

Pengujian ini juga mencakup pemantauan output dari sistem sensor saat beroperasi pada berbagai kondisi air. Hasil yang diharapkan adalah bahwa sistem harus mengaktifkan dan menonaktifkan pompa secara otomatis sesuai dengan level air yang terdeteksi oleh sensor, yaitu, pompa harus menyala saat air mencapai level rendah dan mati saat air mencapai level tinggi. Selain itu, data yang dihasilkan oleh sensor harus dikirim ke platform pemantauan secara real-time untuk memastikan pemantauan yang efektif dan respons yang cepat terhadap perubahan kondisi air. Dengan menguji seluruh rangkaian kondisi operasional ini, pengembang dapat memastikan bahwa sistem sensor level air berbasis IoT bekerja dengan efisien dan andal dalam berbagai situasi

b. Pengujian Fungsionalitas Pompa Air DC

Pengujian fungsionalitas pompa air DC dimulai dengan memastikan bahwa sistem berada dalam keadaan hidup. Langkah pertama pengujian dilakukan dengan memberikan sinyal untuk

mengaktifkan pompa air. Proses ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa pompa air dapat merespons sinyal aktivasi dengan benar dan mulai beroperasi sesuai dengan perintah yang diberikan (Hudati et al., 2021). Ketika sinyal aktivasi diterima, pompa air harus segera menyala dan mulai memompa air, yang akan menunjukkan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan spesifikasinya.

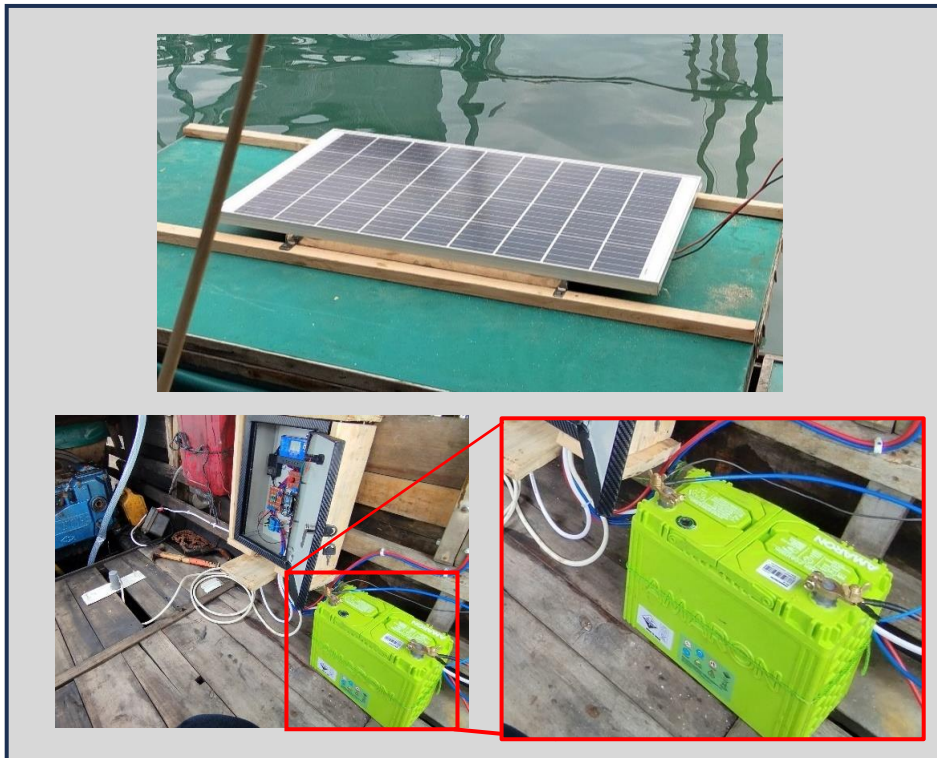


Gambar 6.2 Pompa DC 12 Volt pada Pompong Nelayan

Setelah memastikan pompa air aktif, langkah pengujian berikutnya adalah memberikan sinyal untuk mematikan pompa air. Ini dilakukan untuk memastikan bahwa pompa air dapat merespons sinyal de-aktivasi dengan tepat dan berhenti beroperasi sesuai perintah yang diberikan. Ketika sinyal de-aktivasi diterima, pompa air harus segera mati dan menghentikan proses pemompaan, yang menandakan bahwa sistem bekerja dengan benar dalam mengendalikan operasi pompa air berdasarkan sinyal yang diterima.

c. Pengujian Fungsionalitas Panel Surya dan Baterai

Pengujian fungsionalitas panel surya dan baterai dimulai dengan memastikan sistem berada dalam keadaan hidup (Rahmawati et al., 2023). Langkah pertama pengujian adalah mengekspos panel surya ke sinar matahari. Tujuan dari langkah ini adalah untuk memverifikasi bahwa panel surya dapat menghasilkan daya listrik yang cukup saat terkena sinar matahari. Selama pengujian ini, sistem akan memantau arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya untuk memastikan bahwa outputnya sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.



Gambar 6.3 Implementasi Panel Surya dan Baterai

Selanjutnya, dengan sistem masih dalam keadaan hidup dan baterai terisi penuh, langkah pengujian berikutnya adalah memutuskan sambungan listrik dari panel surya. Langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa baterai dapat menyediakan daya yang diperlukan untuk menjaga sistem tetap berjalan ketika panel surya tidak menghasilkan listrik. Pengujian ini akan mengevaluasi kinerja baterai dalam mendukung operasi sistem secara independen, serta memastikan bahwa sistem dapat beralih ke daya baterai dengan mulus tanpa gangguan operasional.

d. Pengujian Fungsionalitas Aplikasi Blynk

Pengujian fungsionalitas aplikasi Blynk dimulai dengan memastikan sistem terhubung dengan jaringan WiFi (Rochani et al., 2024). Langkah pertama adalah membuka aplikasi Blynk di perangkat seluler. Tujuan dari langkah ini adalah untuk memverifikasi bahwa aplikasi dapat berkomunikasi dengan sistem melalui jaringan WiFi. Setelah aplikasi terbuka, pengujian memastikan bahwa koneksi antara perangkat seluler dan sistem stabil, memungkinkan kontrol dan pemantauan dari jarak jauh.

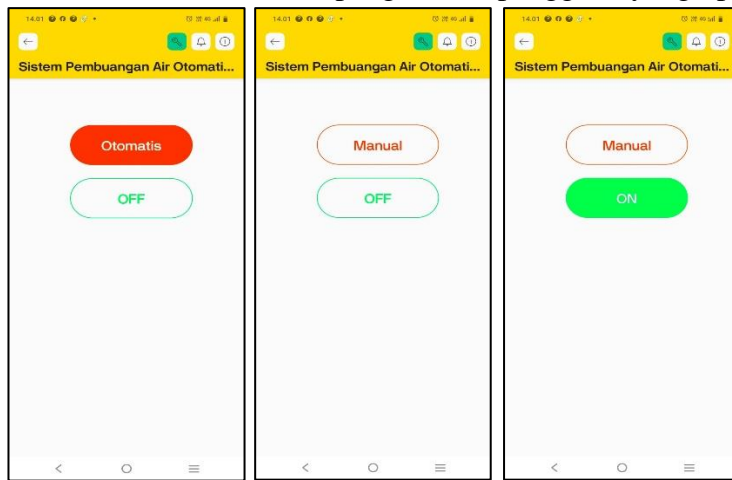


Gambar 6.4 Modem Wifi pada Sistem Pembuangan Air berbasis IOT

Setelah aplikasi Blynk terbuka, pengujian dilanjutkan dengan menekan tombol "Manual atau Otomatis" untuk mengubah mode operasi sistem. Langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa aplikasi dapat mengirim perintah dengan benar dan sistem dapat merespons dengan sesuai. Selanjutnya, pengujian melibatkan menekan tombol "On" dan "Off" untuk memastikan bahwa aplikasi dapat mengaktifkan dan menonaktifkan perangkat IoT secara langsung. Pengujian ini memverifikasi bahwa fungsi dasar kontrol dari aplikasi Blynk berjalan dengan baik dan sistem dapat dikendalikan secara efektif melalui perangkat seluler.

e. Pengujian Antarmuka Pengguna

Pengujian antarmuka pengguna dimulai dengan memastikan bahwa aplikasi Blynk terbuka dan berjalan dengan baik (Tri et al., 2023). Langkah pertama dalam pengujian ini adalah memeriksa tampilan antarmuka pengguna. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua elemen tampilan, seperti tombol, menu, dan indikator, terlihat jelas dan mudah diakses. Selama pengujian, penguji juga memeriksa keselarasan dan konsistensi desain antarmuka untuk memastikan pengalaman pengguna yang optimal.

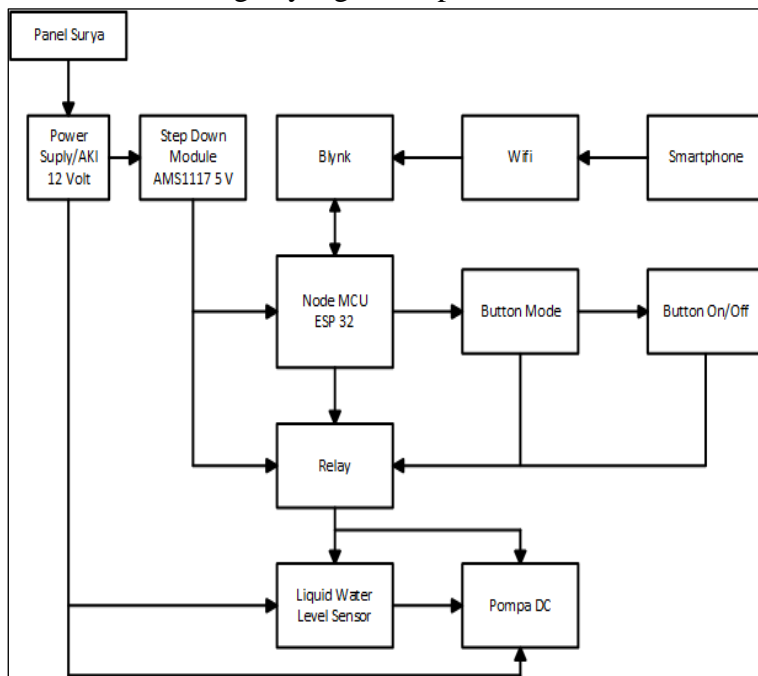


Gambar 6.5 Tampilan antarmuka aplikasi *Blynk*

Setelah memeriksa tampilan antarmuka, pengujian dilanjutkan dengan mengakses berbagai fitur antarmuka pengguna yang disediakan oleh aplikasi Blynk. Langkah ini mencakup pengujian navigasi melalui menu, penggunaan tombol kontrol, dan interaksi dengan berbagai elemen interaktif lainnya. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa semua fitur berfungsi dengan baik dan respon antarmuka terhadap perintah pengguna cepat dan akurat. Pengujian ini membantu memastikan bahwa pengguna dapat mengoperasikan aplikasi dengan mudah dan efisien.

f. Pengujian Integrasi Sistem

Pengujian integrasi sistem pompa air otomatis berbasis IoT dimulai dengan memastikan bahwa seluruh sistem berada dalam keadaan hidup (Zurayyah et al., 2019). Langkah pertama pengujian ini adalah menjalankan seluruh sistem secara terintegrasi. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa semua komponen sistem, termasuk sensor, aktuator, dan modul komunikasi, bekerja sama dengan baik. Pengujian ini mencakup pemantauan respon sistem terhadap berbagai input dan memastikan bahwa output yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 6.6 Rangkaian Sistem Pembuangan Air Otomatis pada Kapal Pompong berbasis *Internet of Things*

Setelah memastikan sistem berjalan secara terintegrasi, langkah pengujian berikutnya adalah mensimulasikan kondisi level air tinggi. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk memverifikasi bahwa sistem dapat mendeteksi level air yang tinggi dan mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air sesuai dengan kondisi tersebut (Muntasiroh et al., 2024). Selain itu, pengujian juga dilakukan dengan mengontrol sistem melalui aplikasi Blynk. Langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa pengguna dapat mengendalikan pompa air dari

jarak jauh menggunakan aplikasi, serta memantau kinerja dan status sistem secara real-time melalui antarmuka aplikasi.

F. Ketahanan sistem dalam kondisi laut yang berbeda

Berikut ini merupakan penjelasan tentang proses pengujian sistem pembuangan air otomatis pada berbagai kondisi laut, termasuk ketahanan terhadap gelombang dan tekanan (Budiyanto & Handono, 2020):

a. Persiapan Pengujian

Identifikasi Kondisi Uji: Tentukan kondisi laut yang akan disimulasikan, seperti berbagai tingkat gelombang, tekanan air, dan korosi akibat air laut.

Pilih Lokasi Pengujian: Jika memungkinkan, pilih lokasi yang dapat mereplikasi kondisi laut yang berbeda, seperti kolam uji atau laboratorium yang dilengkapi dengan simulator kondisi laut.

b. Pengujian Stabilitas dan Ketahanan Gelombang

Simulasi Gelombang: Gunakan simulator gelombang atau kolam uji untuk menghasilkan gelombang dengan berbagai ketinggian dan frekuensi.

Pemantauan Sistem: Amati dan catat respons sistem pembuangan air terhadap perubahan kondisi gelombang, seperti apakah sistem tetap beroperasi dengan efisien atau terjadi gangguan.

Pengukuran Stabilitas: Ukur stabilitas fisik sistem, termasuk komponen yang terpasang, untuk memastikan tidak ada kerusakan atau pergeseran yang signifikan.

c. Pengujian Ketahanan Tekanan

Variasi Tekanan Air: Gunakan alat untuk mensimulasikan tekanan air yang berbeda, mencakup skenario dari tekanan rendah hingga tinggi yang bisa terjadi di laut.

Pemantauan Respons Sistem: Periksa apakah sistem pembuangan air dapat menahan berbagai tingkat tekanan tanpa kehilangan kinerja atau mengalami kebocoran.

d. Pengujian Ketahanan Korosi

Eksposur Air Laut: Rendam sistem dalam air laut atau larutan garam untuk periode waktu yang ditentukan guna mensimulasikan efek korosi.

Inspeksi Visual: Lakukan inspeksi visual secara berkala untuk mendeteksi tanda-tanda awal korosi pada komponen sistem.

Pengujian Fungsi Setelah Eksposur: Setelah periode eksposur selesai, uji kembali fungsi sistem untuk memastikan bahwa korosi tidak mempengaruhi kinerjanya.

e. Dokumentasi dan Analisis Hasil

Catat Data Pengujian: Dokumentasikan semua data yang diperoleh selama pengujian, termasuk respons sistem terhadap kondisi gelombang, tekanan, dan korosi.

Analisis Kinerja: Analisis data untuk mengidentifikasi potensi kelemahan atau area yang perlu perbaikan.

Rekomendasi Perbaikan: Berdasarkan analisis, buat rekomendasi untuk memperbaiki atau memperkuat sistem agar lebih tahan terhadap kondisi laut yang ekstrem.

Dengan menjalankan pengujian ketahanan dalam berbagai kondisi laut ini, pengembang dapat memastikan bahwa sistem pembuangan air otomatis tetap berfungsi dengan baik dan andal meskipun dihadapkan pada tantangan lingkungan yang keras.

G. Instrumen Pengumpulan Data Pengujian

Parameter pengujian sudah dijelaskan pada sub bab 6.3, diantaranya Fungsionalitas *Liquid Water Level Sensor*, Fungsionalitas Pompa Air DC, Fungsionalitas Panel Surya dan Baterai, Fungsionalitas Aplikasi *Blynk*, Antarmuka Pengguna, serta Integrasi Sistem. Pada bagian ini akan membahas mengenai prosedur pengujian fungsi operasional sistem, dimana fungsionalitas sistem akan dipecah ke dalam beberapa kasus pengujian, dan untuk masing masing kasus akan diberikan pra kondisi, langkah pengujian, hasil yang diharapkan, hasil sebenarnya dan kesimpulan. Pengujian ini memecah fungsi fungsi sistem menjadi beberapa bagian yang kemudian akan dinyatakan valid atau tidak sesuai kecocokan antara hasil sebenarnya yang diperoleh terhadap hasil yang diharapkan. Berikut adalah contoh hasil pengujian Black Box untuk bagian bagian atau kasus pengujian

pada penggunaan Sistem pembuangan air otomatis yang diimplementasikan dan disajikan dalam bentuk tabel.

a. Kasus 1: Pengujian Fungsionalitas *Liquid Water Level Sensor*

Pada kasus ini, terdapat dua Pra Kondisi. Pertama, sistem dalam keadaan hidup, dengan hasil yang diharapkan sensor dapat mendeteksi level air tinggi dan mengirimkan sinyal ke sistem. Pra Kondisi kedua, sistem dalam keadaan hidup, dengan hasil yang diharapkan sensor dapat mendeteksi level air rendah dan mengirimkan sinyal ke sistem.

Tabel 6.1 Instrumen Pengujian *Black Box* Kasus 1

Pra Kondisi	Langkah pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil yang Sebenarnya	Valid
Sistem dalam keadaan hidup	Memasukkan air ke dalam pompong hingga menyentuh sensor level tinggi	Sensor mendeteksi level air tinggi dan mengirimkan sinyal ke sistem	[]	
Sistem dalam keadaan hidup	Mengeluarkan air dari pompong hingga menyentuh sensor level rendah	Sensor mendeteksi level air rendah dan mengirimkan sinyal ke sistem	[]	

b. Kasus 2: Pengujian Fungsionalitas Pompa Air DC

Pada kasus ini, terdapat dua Pra Kondisi. Pertama, sistem dalam keadaan hidup, dengan hasil yang diharapkan Pompa air menyala dan memompa air. Pra Kondisi kedua, Pompa air aktif, dengan hasil yang diharapkan pompa air berhenti beroperasi.

Tabel 6.2 Instrumen Pengujian *Black Box* Kasus 2

Pra Kondisi	Langkah pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil yang Sebenarnya	Valid
Sistem dalam keadaan hidup	Memberikan sinyal untuk mengaktifkan pompa air	Pompa air menyala dan memompa air		[]
Pompa air aktif	Memberikan sinyal untuk mematikan pompa air	Pompa air berhenti beroperasi		[]

c. Kasus 3: Pengujian Fungsionalitas Panel Surya dan Baterai

Pada kasus ini, terdapat dua Pra Kondisi. Pertama, sistem dalam keadaan hidup, dengan hasil yang diharapkan panel surya menghasilkan energi listrik dan mengisi baterai. Pra Kondisi kedua, Sistem dalam keadaan hidup, baterai terisi penuh, dengan hasil yang diharapkan Sistem beralih ke penggunaan baterai sebagai sumber daya.

Tabel 6.3 Instrumen Pengujian *Black Box* Kasus 3

Pra Kondisi	Langkah pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil yang Sebenarnya	Valid
Sistem dalam keadaan hidup	Mengekspos panel surya ke sinar matahari	Panel surya menghasilkan energi listrik dan mengisi baterai		[]
Sistem dalam keadaan hidup, baterai terisi penuh	Memutuskan sambungan listrik dari panel surya	Sistem beralih ke penggunaan baterai sebagai sumber daya		[]

d. Kasus 4: Pengujian Fungsionalitas Aplikasi *Blynk*

Pada kasus ini, terdapat empat Pra Kondisi. Pertama, Sistem terhubung dengan jaringan WiFi, dengan hasil yang diharapkan Aplikasi terbuka dan menampilkan status sistem. Pra Kondisi kedua, Aplikasi *Blynk* terbuka, dengan hasil yang diharapkan Pompa air menyala dan mati sesuai mode yang dipilih. Berikutnya, Aplikasi *Blynk* terbuka, dengan hasil yang

diharapkan Pompa air menyala dan membuang air. Pra kondisi terakhir, Aplikasi *Blynk* terbuka, dengan kondisi yang diharapkan Pompa air berhenti beroperasi.

Tabel 6.4 Instrumen Pengujian *Black Box* Kasus 4

Pra Kondisi	Langkah pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil yang Sebenarnya	Valid
Sistem terhubung dengan jaringan WiFi	Membuka aplikasi <i>Blynk</i> di perangkat seluler	Aplikasi terbuka dan menampilkan status sistem		[]
Aplikasi <i>Blynk</i> terbuka	Menekan tombol "Manual atau Otomatis"	Pompa air menyala dan mati sesuai mode yang dipilih		[]
Aplikasi <i>Blynk</i> terbuka	Menekan tombol "On"	Pompa air menyala dan membuang air		[]
Aplikasi <i>Blynk</i> terbuka	Menekan tombol "Off"	Pompa air berhenti beroperasi		[]

e. Kasus 5: Pengujian Antarmuka Pengguna

Pada kasus ini, pengujian dilakukan berdasarkan dua prakondisi. Pertama, prakondisi Aplikasi *Blynk* terbuka, hasil yang diharapkan adalah antarmuka pengguna dapat ditampilkan dengan benar dan mudah digunakan. Berikutnya, dengan pra kondisi yang sama, hasil yang diharapkan semua fitur dapat diakses dan berfungsi dengan baik.

Tabel 6.5 Instrumen Pengujian *Black Box* Kasus 5

Pra Kondisi	Langkah pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil yang Sebenarnya	Valid
Aplikasi <i>Blynk</i> terbuka	Memeriksa tampilan antarmuka pengguna	Antarmuka pengguna ditampilkan dengan benar dan mudah digunakan		[]
Aplikasi <i>Blynk</i> terbuka	Mengakses fitur-fitur antarmuka pengguna	Semua fitur dapat diakses dan berfungsi dengan baik		[]

f. Kasus 6: Pengujian Integrasi Sistem

Pada kasus ini, pengujian dilakukan dengan tiga pra kondisi. Pertama, sistem dalam keadaan hidup dengan hasil yang diharapkan semua komponen sistem bekerja dengan baik secara terintegrasi. Kedua, pra kondisi sistem dalam keadaan hidup dengan hasil yang diharapkan pompa air menyala secara otomatis dan membuang air. Terakhir, pra kondisi sistem dalam keadaan hidup dengan perintah dari aplikasi *Blynk* diterima dan dieksekusi oleh sistem.

Tabel 6.6 Instrumen Pengujian *Black Box* Kasus 6

Pra Kondisi	Langkah pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil yang Sebenarnya	Valid
Sistem dalam keadaan hidup	Menjalankan seluruh sistem secara terintegrasi	Semua komponen sistem bekerja dengan baik secara terintegrasi	Semua komponen sistem bekerja dengan baik secara terintegrasi	[]
Sistem dalam keadaan hidup	Mensimulasikan kondisi level air tinggi	Pompa air menyala secara otomatis dan membuang air	Pompa air menyala secara otomatis dan membuang air	[]
Sistem dalam keadaan hidup	Mengontrol sistem melalui aplikasi <i>Blynk</i>	Perintah dari aplikasi <i>Blynk</i> diterima dan dieksekusi oleh sistem	Perintah dari aplikasi <i>Blynk</i> diterima dan dieksekusi oleh sistem	[]

An aerial night view of a city with a network overlay of glowing blue lines and nodes, symbolizing IoT connectivity.

BAB 7

MANFAAT DAN TANTANGAN IMPLEMENTASI IOT

A. Internet Of Things

Seiring dengan berkembangnya dunia yang sangat pesat, Internet of Things (IoT) menjadi telah menjadi salah satu revolusi teknologi terbesar dalam beberapa tahun terakhir. Konsep Internet of Things (IoT) bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang selalu aktif. Salah satu jenis teknologi internet yang disebut "Internet of Things" adalah ketika sejumlah perangkat atau objek terhubung ke internet sehingga mereka dapat bertukar data dan informasi melalui internet tanpa adanya interaksi manusia-mesin atau manusia-komputer (Budiyanto et al., 2021).

Pada dasarnya, Internet of Things dirancang untuk mempermudah pekerjaan manusia (Susanto et al., 2022). Memanfaatkan internet untuk membangun sebuah *smart system* yang dapat menghubungkan item atau perangkat tertentu dengan item atau perangkat lainnya adalah konsep dasar dari Internet of Things. Perangkat tersebut akan dapat saling mengenal, berkomunikasi, dan berbagi data dan informasi. Jaringan yang disebut Internet of Things (IoT) terdiri dari perangkat fisik, kendaraan, peralatan rumah tangga, dan lainnya yang memiliki sensor, konektivitas, dan perangkat lunak yang memungkinkan mereka terhubung dan berbagi data (Budihartono et al., 2022). Internet of Things (IoT) dapat digunakan dalam berbagai aspek kehidupan manusia, seperti rumah tangga, perkantoran, industri, transportasi, kesehatan, pendidikan, dan lingkungan, berkat keunggulannya (Amane et al., 2023).

Dalam bidang transportasi, Internet of Things pada dasarnya menambahkan bantuan sensor dan kemampuan untuk berkomunikasi dengan berbagai objek fisik, kemudian dihubungkan melalui internet

untuk mencapai suatu tujuan, seperti memantau lingkungan, melihat status laporan, dan menerima petunjuk untuk bertindak sesuai dengan informasi yang diterima(Hussein et al., 2019).

Pertumbuhan sektor energi terbarukan laut juga merupakan peran penting teknologi dalam pembangunan maritim Indonesia. Kemajuan teknologi telah membuat energi laut menjadi sumber energi terbarukan yang semakin menarik karena potensi besarnya untuk tenaga gelombang, tenaga pasang surut, dan energi panas laut. Teknologi ini memiliki kemampuan untuk berkontribusi secara signifikan terhadap pertumbuhan sektor energi negara sekaligus menguatkan sektor energi nasional. Dengan bantuan teknologi, Indonesia dapat melacak kapal, membuat prakiraan cuaca, dan meningkatkan keselamatan dan keamanan pelayaran(Aris Sarjito, 2023).

Sejak dulu, kapal pompong adalh warisan maritim Indonesia. Kapal pompong telah ada selama bertahun-tahun dan terus mengalami perkembangan seiring dengan berjalannya waktu(Mardiana et al., 2022). Kapal pompong ini menjadi alat transportasi yang digunakan oleh masyarakat sebagai sarana penyebrangan antar pulau dan memiliki nilai budaya dan sejarah yang tinggi(Rani et al., 2019).



Gambar 7.1 Kapal pompong nelayan di desa Mantang

Di wilayah perairan Indonesia, khususnya di kepulauan, kapal pompong telah menjadi salah satu bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan masyarakat pesisir, khususnya bagi masyarakat di Desa Mantang Besar, Kabupaten Bintan, Kepulauan Riau. Masyarakat di Desa Mantang Besar menggunakan kapal pompong sebagai alat

transportasi mereka untuk bepergian. Sebagai pulau yang dikelilingi perairan, kapal pompong menjadi sarana utama untuk menghubungkan antar pulau (Indera et al., 2023).

Kapal pompong merupakan perahu tradisional yang banyak digunakan oleh nelayan di Indonesia untuk menangkap ikan di perairan dangkal. Dengan perkembangan teknologi, khususnya Internet of Things (IoT), terdapat peluang untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan operasional kapal pompong. IoT memungkinkan perangkat untuk saling terhubung dan bertukar data secara real-time melalui internet, sehingga dapat memberikan informasi penting bagi pengguna. Dengan memanfaatkan Sistem SMART terbukti efektif dalam memantau posisi kapal nelayan secara real-time dan memberikan notifikasi keselamatan yang penting untuk meningkatkan keamanan nelayan saat beroperasi di laut (Tedyyana et al., 2023).

Implementasi Internet of Things (IoT) dalam kapal pompong, terutama di wilayah perairan Indonesia yang luas, memiliki potensi besar untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keselamatan. Namun, seperti halnya dengan teknologi baru lainnya, implementasi IoT juga menghadapi sejumlah masalah. Internet of Things memiliki kemampuan untuk mengubah kapal pompong konvensional menjadi kapal pompong yang dapat meningkatkan efisiensi, keamanan, dan keberlanjutan operasi kapal. Berikut ini adalah manfaat yang diperoleh, hingga tantangan yang dihadapi (Hidayat et al., 2024).

B. Manfaat Implementasi IoT

1. Pemantauan Kondisi Kapal secara *Real-Time*

Dengan sensor IoT, kondisi mesin, suhu, kelembapan, dan parameter penting lainnya dapat dipantau secara real-time. Hal ini memungkinkan deteksi dini terhadap potensi kerusakan, sehingga perawatan dapat dilakukan sebelum terjadi kerusakan yang lebih parah. Sebagai contoh, sistem monitoring berbasis IoT dapat memberikan peringatan dini jika terjadi kebocoran pada lambung kapal, sehingga tindakan pencegahan dapat segera diambil.

2. Peningkatan Keamanan dan Keselamatan

IoT memungkinkan pemantauan lokasi kapal secara real-time melalui GPS, sehingga nelayan dapat mengetahui posisi mereka dengan akurat. Selain itu, informasi cuaca terkini dapat

diterima langsung di kapal, membantu nelayan menghindari kondisi cuaca buruk yang berpotensi membahayakan. Implementasi teknologi IoT dalam monitoring pergerakan kapal nelayan tradisional telah terbukti meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional

3. Efisiensi Operasional

Dengan data yang dikumpulkan oleh sensor IoT, nelayan dapat menganalisis pola konsumsi bahan bakar dan mengoptimalkan rute pelayaran untuk menghemat biaya operasional. Selain itu, pemantauan kualitas air dan suhu dapat membantu nelayan menentukan lokasi penangkapan ikan yang optimal. Penggunaan IoT dalam monitoring data RPM mesin dan temperatur minyak pelumasan kapal telah menunjukkan peningkatan efisiensi operasional (Hermawan & Susilo, 2021).

C. Tantangan Implementasi IoT

1. Keterbatasan Infrastruktur Jaringan

Koneksi internet yang stabil dan luas masih menjadi tantangan di beberapa wilayah perairan Indonesia. Hal ini dapat menghambat transmisi data real-time yang diperlukan oleh sistem IoT. Penerapan teknologi di sektor maritim masih tergolong minim, salah satunya disebabkan oleh jaringan internet yang mahal dan bandwidth yang terbatas.

2. Biaya Implementasi

Pengadaan dan pemasangan perangkat IoT memerlukan investasi awal yang cukup besar. Bagi nelayan tradisional dengan keterbatasan finansial, hal ini menjadi hambatan utama dalam mengadopsi teknologi ini. Meskipun terdapat tantangan seperti keterbatasan infrastruktur dan biaya implementasi, potensi manfaat yang ditawarkan IoT sangat besar.

3. Kurangnya Pengetahuan Teknologi

Sebagian besar nelayan tradisional mungkin belum familiar dengan teknologi IoT, sehingga diperlukan pelatihan dan sosialisasi agar mereka dapat memanfaatkan teknologi ini secara optimal. Pendidikan dan pelatihan mengenai teknologi IoT perlu ditingkatkan untuk menciptakan tenaga kerja yang siap menghadapi era digital.

Implementasi IoT pada kapal pompong menawarkan berbagai manfaat, termasuk peningkatan efisiensi operasional, keamanan, dan keselamatan. Namun, tantangan seperti keterbatasan infrastruktur jaringan, biaya implementasi, dan kurangnya pengetahuan teknologi perlu diatasi melalui kerja sama antara pemerintah, penyedia teknologi, dan komunitas nelayan. Dengan demikian, nelayan tradisional dapat memanfaatkan teknologi IoT untuk meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan mereka.

Internet of Things memiliki kemampuan untuk mengubah kapal pompong konvensional menjadi kapal pompong yang dapat meningkatkan efisiensi, keamanan, dan keberlanjutan operasi kapal. Berikut ini adalah manfaat yang diperoleh, hingga tantangan yang dihadapi.

- **Manfaat bagi Nelayan**

Implementasi Internet of Things (IoT) pada kapal pompong memberikan banyak manfaat bagi para Nelayan merupakan salah satu aktivitas bidang pekerjaan masyarakat yang menjadi pokok penghidupan yang bermukim di sekitar pantai nelayan (Septiana, 2018). Bidang pekerjaan mendapatkan jumlah hasil tergantung pada hasil laut, baik dengan cara melakukan penangkapan ikan ataupun budidaya ikan. Selain itu, ada beberapa faktor mempengaruhi hasil seperti cuaca yang ekstrim, bermasalahnya perahu bocor karena bahan baku produk kapal dari kayu, dan kurangnya energi listrik (Yuliadi et al., 2023). Merawat kapal sangatlah penting bagi para nelayan, agar kondisinya tetap baik ketika digunakan sebagai penunjang utama dalam mencari rezeki di perairan (Widagda et al., 2022). Berikut adalah beberapa manfaat bagi nelayan, yaitu:

- i. **Sistem Monitoring Keamanan Pelayaran Nelayan Berbasis Internet of Things**

Sistem monitoring ini memungkinkan pemantauan real-time terhadap posisi kapal dan menyediakan data yang dapat segera diakses oleh petugas untuk penanganan darurat jika diperlukan. Keamanan pelayaran nelayan dapat ditingkatkan dengan pemanfaatan teknologi IoT, khususnya melalui modul GPS dan SIM800 yang dapat

mengirimkan data posisi ke server web secara berkala" (Budiman, 2019).

ii. Rancang Bangun GPS Tracker pada Perahu Nelayan Berbasis Internet of Things (IoT)

Pengembangan GPS tracker berbasis IoT ini memungkinkan pemilik perahu untuk terus memantau posisi kapal, sehingga membantu dalam pencegahan pencurian serta memberikan rasa aman. Penggunaan aplikasi Blynk yang terhubung ke perangkat GPS dapat menjadi solusi efisien untuk pemantauan kapal nelayan tanpa memerlukan perangkat mahal"(M Zain Al Ishomi et al., 2023).

iii. Internet of Things untuk Jalur Tangkap Nelayan

Sistem IoT untuk pemantauan jalur tangkap nelayan ini tidak hanya mendukung aspek keamanan, tetapi juga berkontribusi pada pengelolaan sumber daya perikanan yang lebih berkelanjutan. Dengan modul GPS dan SIM800L, sistem ini mampu memberikan data lokasi yang dapat diakses oleh pengawas kapan saja, memberikan keuntungan besar dalam operasi nelayan"(Amalia, 2023).

iv. Peningkatan efisiensi operasional kapal

Tujuan dari teknologi sistem kendali yang dipasang pada perangkat ini adalah untuk meningkatkan efisiensi operasional kapal, seperti mengurangi jumlah listrik yang digunakan, tenaga yang dikeluarkan, dan waktu yang dibutuhkan. Cukup dengan membuka smartphome, nelayan dapat menjalankan alat ini(Moch. Bakhrul Ulum et al., 2022). Untuk memastikan keamanan dan efisiensi dalam operasional kapal, sistem terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja sama. Setiap komponen ini melakukan fungsi tertentu dalam sistem, tetapi secara keseluruhan meningkatkan keamanan kapal dan efisiensi operasional(Ratnawati et al., 2023).

v. Keamanan tambahan dalam menghadapi kebocoran air

Air adalah sumber kehidupan bagi semua makhluk di bumi, termasuk manusia. Air sangat penting bagi kehidupan manusia, baik untuk kebutuhan sehari-hari

maupun untuk menghasilkan tenaga listrik(Harahap & Fakhrudin, 2018).

Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan (fluida) dari satu tempat ke tempat lain melalui suatu media dengan memberikan energi pada cairan yang dipindahkan. Energi mekanik yang dihasilkan oleh pompa digunakan untuk meningkatkan kecepatan, tekanan, atau elevasi. Pompa biasanya digerakkan oleh motor, mesin, atau sejenisnya. Jenis dan ukuran pompa, serta bahan pembuatnya, dipengaruhi oleh banyak faktor. Ini termasuk jenis fluida dan volumenya, tinggi dan jarak pengangkutan fluida, tekanan yang dibutuhkan, dan faktor lain. Prinsip kerja pompa adalah untuk memisahkan bagian hisap (*suction*) dan bagian tekan (*discharge*)(Harahap & Fakhrudin, 2018).

Alat bantu pompa digunakan untuk mengalirkan air dari sumur ke bak air atau dari PDAM ke rumah-rumah. Pompa biasanya dioperasikan secara manual dengan menekan tombol on dan off pada panel listrik. Namun, terkadang orang lupa mematikan pompa, menyebabkan air meluap dan tumpah. Oleh karena itu, alat yang mampu menyelesaikan masalah ini diperlukan saat menggunakan pompa(Muliawan et al., 2019).

Salah satu ancaman terbesar bagi keselamatan kapal adalah kebocoran air, terutama bagi kapal pompong yang sering beroperasi di laut lepas(Anisyah et al., 2016). Di kapal besar dan kapal nelayan, pompa air digunakan untuk mengeluarkan air yang masuk atau tergenang dari berbagai faktor yang menyebabkan masuknya air, seperti ombak, hujan, dan sebagainya. Kondisi ini pasti berbahaya bagi keselamatan nelayan dan kondisi kapalnya jika dibiarkan. Beberapa nelayan masih mengatasi masalah ini dengan tangan mereka seperti menimba air menggunakan wadah(Dandy et al., 2022).

Penelitian ini menggunakan sistem pembuangan air otomatis pada kapal pompong. Pembuangan air otomatis adalah sistem otomatis yang digunakan untuk mengeluarkan atau membuang air secara otomatis dari peralatan atau instalasi. Sistem pembuangan air otomatis pada kapal pompong nelayan menggunakan tenaga surya berbasis IoT telah berhasil dirancang dan dibangun dengan menggunakan komponen utama seperti sensor ketinggian air (*liquid*

level controller), NodeMCU ESP32, pompa air 12 V, panel surya, dan aki sebagai penyimpanan energi. Sistem ini memiliki sensor dan kontrol otomatis yang mendeteksi dan mengatur pembuangan air secara tepat waktu sesuai dengan kebutuhan dan kondisi sehingga dapat membantu nelayan mengelola pembuangan air secara otomatis dan mengurangi risiko kapal pompong tenggelam karena banyaknya air yang masuk ke dalam kapal pompong tersebut.

- **Tantangan Teknologi**

Teknologi diciptakan oleh manusia. Oleh karena itu, wajar bila memiliki kekurangan atau dampak negatif (Lestari, 2018). Menghubungkan dunia informasi dan dunia fisik adalah tantangan utama IOT. seperti mengolah data dari peralatan elektronik melalui sebuah interface antara pengguna dan peralatan Sensor mengumpulkan data fisik mentah dari skenario real-time dan mengubahnya ke dalam mesin format yang dipahami sehingga dapat ditukar dengan mudah antara berbagai format data (Junaidi, 2015).

Meskipun Internet of Things (IoT) menawarkan banyak keuntungan dan kemudahan, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

- Pengumpulan data yang luas

Data yang sangat besar dihasilkan oleh IoT ini dari banyak sumber. Semua perangkat IoT dapat mengumpulkan informasi tentang preferensi pengguna, lokasi, aktivitas, dan topik lainnya. Oleh karena itu, penting untuk memahami dan memecahkan masalah privasi yang terkait dengan pengumpulan, penggunaan, dan penyimpanan data.

- Keamanan data

Perangkat IoT ini terhubung ke internet, sehingga rentan terhadap serangan siber. Jika tindakan keamanan perangkat tidak memadai, orang yang tidak waspada dapat mengakses data pribadi.

- Identifikasi individu

Dalam beberapa penelitian, data yang dikumpulkan oleh perangkat Internet of Things dapat secara langsung atau bahkan tidak langsung mengungkap identitas seseorang.

- Kontrol pengguna

Pengguna harus tahu bagaimana perangkat IoT dan pemangku kepentingan lainnya dalam ekosistem IoT memanfaatkan data mereka karena penerapan perangkat IoT dapat mengurangi kontrol pengguna atas data mereka.

- Akses data oleh pihak ketiga

Dalam banyak kasus, pihak ketiga seperti penyedia layanan, pengiklan, dan mitra bisnis dapat menyebarkan data yang dikumpulkan dari perangkat Internet of Things kepada masyarakat umum. Berbagi atau memberikan data pribadi kepada pihak ketiga meningkatkan risiko privasi. Selain itu, aturan dan peraturan yang tepat harus diterapkan untuk penggunaan dan pembagian data.

Beberapa cara untuk mengatasi masalah privasi IoT termasuk mengenkripsi data untuk menjaga kerahasiaan dan integritasnya saat dikirim melalui jaringan. membuat kebijakan privasi yang jelas dan jelas tentang pengumpulan, penggunaan, dan penyimpanan data. Memberikan undang-undang dan peraturan yang melindungi privasi pengguna dan memberikan perlindungan yang memadai; menerapkan langkah-langkah keamanan yang memadai, seperti peningkatan perangkat lunak secara berkala dan autentikasi yang kuat. Pengguna harus diinformasikan tentang risiko privasi yang terkait (Octaria et al., 2024).

Meskipun memiliki banyak manfaat, penggunaan Internet of Things pada kapal pompong juga mempunyai beberapa masalah teknis khusus, terutama di lingkungan maritim (Aris Sarjito, 2023). Tantangan teknologi dapat diartikan sebagai masalah yang dihadapi oleh pemanfaatan teknologi, seperti:

Berikut ada beberapa tantangan teknologi yang dihadapi, yaitu:

- i. Kendala teknis yang dihadapi di lapangan

Kendala teknis yang dihadapi di lapangan yaitu, peralatan elektronik dapat korosi jika terpapar air garam atau cuaca ekstrim. Getaran mesin kapal dapat menyebabkan kerusakan pada komponen elektronik. Dengan suhu yang sangat panas dapat mempengaruhi kinerja alat. Kemudian di beberapa wilayah, terutama di tengah laut atau jauh dari daratan, sinyal internet

atau jaringan seluler seringkali tidak stabil atau bahkan tidak ada sama sekali. Dan ketika cuaca buruk, gelombang laut, atau gangguan elektromagnetik lainnya dapat mengganggu koneksi(Hanung Satria et al., 2024).

- ii. Tantangan dalam penerapan di wilayah terpencil dan kondisi sinyal internet.

Penerapan IoT di wilayah terpencil memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas hidup dan efisiensi di banyak industri, tetapi kondisi geografis dan infrastruktur yang terbatas menjadi tantangan utama. Dengan infrastruktur yang tidak memadai, pengoperasian perangkat IoT dapat terhambat oleh ketersediaan listrik yang tidak stabil atau bahkan tidak ada sama sekali. Tidak hanya daerah terpencil yang mengalami masalah terkait internet, tetapi bahkan kota-kota besar di Indonesia mengalami masalah terkait jaringan(Surahman et al., 2020). Dengan keterbatasan konektivitas wilayah terpencil seringkali memiliki sinyal internet yang lemah atau tidak stabil, bahkan tidak ada sama sekali. Hal ini membuat sulit untuk mengirimkan data dari sensor ke cloud atau pusat kendali.

- iii. Keterbatasan Sumber Daya Energi

Perangkat IoT memerlukan pasokan energi yang stabil, sementara kapal nelayan tradisional mungkin tidak dilengkapi dengan sumber daya listrik yang memadai(Sifa Alifah, 2023). Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) di kapal pompong nelayan membawa tantangan tersendiri, terutama dalam hal penyediaan energi yang memadai. Sebagian besar kapal pompong nelayan adalah kapal kecil yang tidak dirancang untuk mendukung perangkat elektronik yang kompleks dan hanya memiliki sumber energi yang terbatas. Perangkat IoT, seperti sensor dan modul komunikasi, memerlukan pasokan energi yang stabil untuk mengirim data secara real-time, sehingga sangat

bergantung pada sumber daya listrik yang cukup dan berkelanjutan. Berikut penjelasannya:

- Ketergantungan pada Sumber Energi Alternatif
Karena keterbatasan kapasitas listrik pada kapal pompong, perangkat IoT di kapal jenis ini sering kali memerlukan dukungan dari sumber energi alternatif, seperti panel surya atau baterai tambahan. Meski dapat menjadi solusi, penggunaan sumber energi tambahan ini tentu membutuhkan biaya awal yang lebih besar dan juga pemeliharaan berkelanjutan, yang dapat menjadi kendala bagi nelayan dengan keterbatasan anggaran.
- Kebutuhan Stabilitas Energi untuk Sistem IoT
Sistem IoT, seperti pemantauan lokasi dan kondisi kapal secara real-time, menuntut ketersediaan energi yang stabil agar perangkat tidak berhenti beroperasi saat kapal berada di tengah laut. Tantangan ini cukup besar, terutama bagi kapal nelayan yang sering kali berlayar dalam waktu lama dan tidak memiliki cadangan energi yang mencukupi.
- Perawatan dan Penggantian Baterai
Jika kapal menggunakan baterai sebagai sumber energi, maka baterai tersebut perlu diganti atau diisi ulang secara berkala. Perawatan ini menambah biaya operasional sekaligus memerlukan pengetahuan tambahan bagi nelayan yang mungkin kurang terbiasa dengan teknologi.
- Solusi Energi Hybrid
Menurut (Sifa Alifah, 2023), solusi seperti kombinasi panel surya dengan Thermoelectric Generator (TEG) menjadi alternatif yang dapat diandalkan untuk kapal nelayan "Dengan kombinasi ini, energi yang dihasilkan diharapkan mampu memenuhi

kebutuhan listrik perangkat IoT selama perjalanan". Solusi hybrid ini memungkinkan perangkat IoT berfungsi lebih stabil di lingkungan laut.

Dengan keterbatasan sumber daya energi ini, inovasi dalam teknologi hemat energi dan solusi berkelanjutan sangat dibutuhkan untuk mendukung pemanfaatan IoT dalam operasional kapal nelayan kecil secara efektif dan efisien.

1. Biaya Implementasi dan Pemeliharaan

Penerapan Internet of Things (IoT) pada kapal pompong nelayan membawa potensi besar dalam meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional. Namun, biaya yang terkait dengan pemasangan dan pemeliharaan perangkat IoT sering kali menjadi penghalang bagi nelayan, terutama mereka yang memiliki keterbatasan finansial. Biaya awal untuk pemasangan perangkat IoT dan pemeliharannya dapat menjadi beban bagi nelayan tradisional (Budiman, 2019).

- Biaya Implementasi Awal

Biaya implementasi IoT pada kapal nelayan mencakup beberapa komponen, seperti:

- Perangkat Keras: Perangkat keras mencakup sensor, modul komunikasi, dan berbagai perangkat tambahan lainnya yang dibutuhkan untuk pemantauan. Sensor untuk memantau posisi kapal atau kondisi lingkungan laut adalah salah satu elemen utama yang berkontribusi pada biaya.
- Perangkat Lunak dan Aplikasi: Selain perangkat keras, perangkat lunak untuk menganalisis data dan memberikan informasi real-time kepada pengguna juga penting. Banyak nelayan memerlukan aplikasi khusus yang memungkinkan akses ke data di perangkat seluler mereka.
- Infrastruktur Tambahan: Kapal pompong tradisional mungkin memerlukan sumber daya

energi tambahan seperti panel surya atau baterai untuk mendukung perangkat IoT. Penggunaan sistem energi hybrid yang menggabungkan panel surya dengan generator termoelektrik dapat menyediakan daya yang memadai untuk perangkat IoT di kapal (Sifa Alifah, 2023).

- **Biaya Pemeliharaan**

Selain biaya pemasangan awal, perangkat IoT membutuhkan pemeliharaan berkelanjutan untuk menjaga fungsinya. Hal ini meliputi:

- **Perawatan Rutin:** Sensor dan modul komunikasi perlu diperiksa secara berkala untuk memastikan akurasi data. Kondisi lingkungan laut yang keras, seperti air asin dan cuaca ekstrem, dapat mempercepat keausan perangkat.
- **Penggantian Komponen:** Dalam jangka panjang, beberapa komponen perangkat keras, seperti sensor, mungkin memerlukan penggantian. Ini adalah bagian dari pemeliharaan untuk memastikan perangkat tetap berfungsi dengan baik.
- **Pembaruan Perangkat Lunak:** Pembaruan perangkat lunak juga diperlukan untuk menjaga keamanan dan kinerja sistem. Menjaga agar perangkat lunak tetap up-to-date membantu perangkat IoT melindungi data serta menambah fungsionalitas.

Implementasi sistem IoT untuk pemantauan keselamatan pelayaran pada kapal nelayan membutuhkan investasi awal yang besar, termasuk untuk sensor dan infrastruktur tambahan (Budiman, 2019).

- **Strategi Mengatasi Tantangan Biaya**

Untuk mengatasi tantangan biaya ini, beberapa strategi dapat dilakukan:

- **Subsidi atau Dukungan Pemerintah:** Pemerintah dapat membantu menurunkan beban biaya

dengan memberikan subsidi atau dukungan finansial kepada nelayan yang ingin mengadopsi teknologi IoT.

- Kemitraan dengan Swasta: Kerja sama dengan perusahaan teknologi dapat membantu menyediakan perangkat IoT dengan biaya yang lebih rendah.
- Pelatihan dan Edukasi: Menyediakan pelatihan bagi nelayan tentang pemeliharaan perangkat IoT agar mereka dapat melakukan perbaikan kecil sendiri dan mengurangi biaya operasional.

Dengan pendekatan yang tepat, tantangan biaya dalam implementasi IoT pada kapal pompong dapat diminimalkan, sehingga manfaat dari teknologi ini dapat dirasakan oleh lebih banyak nelayan.

2. Keterbatasan Pengetahuan dan Keterampilan Teknologi

Salah satu tantangan signifikan dalam penerapan teknologi Internet of Things (IoT) pada kapal pompong nelayan adalah keterbatasan pengetahuan dan keterampilan teknologi di kalangan nelayan tradisional. Sebagian besar nelayan yang menggunakan kapal pompong berasal dari latar belakang yang lebih berfokus pada keterampilan praktis penangkapan ikan dan mungkin belum terlalu familiar dengan teknologi digital atau elektronik canggih. Berikut merupakan penjelasannya:

- Kurangnya Familiaritas dengan Teknologi IoT

Banyak nelayan tradisional mungkin belum terbiasa dengan penggunaan perangkat IoT, sehingga membutuhkan pelatihan intensif agar mereka dapat mengoperasikan perangkat ini dengan baik (Rahman et al., 2023). Penggunaan perangkat seperti sensor, modul komunikasi, atau aplikasi pemantauan menjadi hal yang baru dan menantang. Mereka mungkin merasa terbebani dengan teknologi ini, terutama jika

tidak ada pelatihan atau pendampingan yang memadai.

- Keterbatasan Kemampuan dalam Pemeliharaan Teknologi

Selain mengoperasikan perangkat IoT, perawatan teknologi ini juga membutuhkan pemahaman khusus. Perangkat IoT yang terpasang di kapal nelayan memerlukan kalibrasi, pembaruan perangkat lunak, dan pemeliharaan rutin. Tanpa pengetahuan teknis, nelayan mungkin kesulitan menjaga perangkat tetap berfungsi dengan baik, yang pada akhirnya dapat mengakibatkan kerusakan atau malfungsi. Perangkat IoT yang dipasang pada kapal nelayan memerlukan perawatan dan pembaruan berkala, yang sulit dilakukan tanpa pengetahuan teknis dasar (Budiman, 2019).

- Kendala Bahasa Teknologi

Teknologi IoT sering kali menggunakan istilah teknis dan antarmuka dalam bahasa asing yang mungkin kurang dipahami oleh nelayan lokal. Hambatan ini bisa menghalangi nelayan untuk memahami cara kerja perangkat dan memanfaatkannya secara optimal. Istilah teknis dan antarmuka asing pada teknologi IoT menjadi kendala bagi nelayan lokal dalam memahami dan memanfaatkan perangkat secara optimal (Sifa Alifah, 2023).

- Perlu Dukungan Pelatihan dan Pendampingan

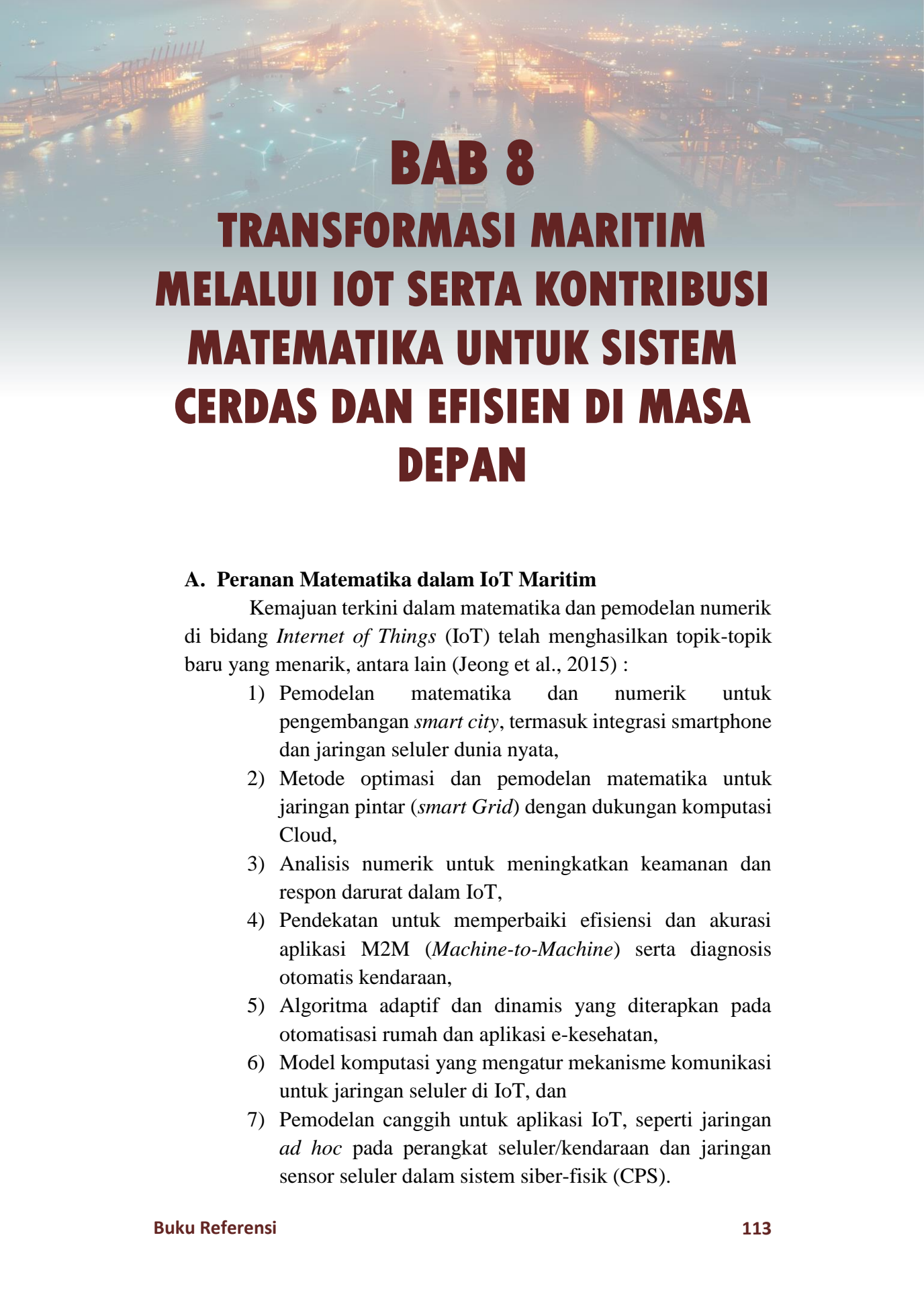
Untuk menjawab kebutuhan ini, diperlukan program pelatihan dan pendampingan secara berkala. Pelatihan ini perlu dirancang dengan bahasa yang mudah dimengerti dan menggunakan pendekatan yang praktis, sehingga nelayan dapat mempelajari keterampilan baru ini dengan lebih mudah. Pendidikan dan pendampingan bagi nelayan sangat diperlukan agar implementasi teknologi IoT dapat berlangsung efektif.

- Ketergantungan pada Bantuan Teknisi

Karena keterbatasan pengetahuan teknologi, nelayan mungkin sering bergantung pada teknisi eksternal untuk memperbaiki atau memeriksa perangkat IoT mereka. Ketergantungan ini dapat meningkatkan biaya operasional dan membuat nelayan merasa kurang percaya diri dalam mengelola teknologi di kapal mereka.

Keterbatasan pengetahuan dan keterampilan teknologi ini menunjukkan bahwa inovasi teknologi di sektor perikanan perlu disertai dengan strategi edukasi dan pelatihan yang tepat. Pemerintah, lembaga pendidikan, dan pihak swasta dapat berkolaborasi untuk memberikan pelatihan praktis bagi nelayan, sehingga mereka dapat merasakan manfaat IoT tanpa merasa terbebani oleh teknologi yang mereka gunakan.

Implementasi teknologi Internet of Things (IoT) pada kapal nelayan, khususnya kapal pompong, membawa manfaat besar dalam hal keselamatan dan efisiensi. Namun, terdapat beberapa tantangan utama yang perlu diatasi untuk mencapai hasil yang optimal. Biaya implementasi dan pemeliharaan menjadi kendala signifikan, mengingat investasi awal serta biaya perawatan perangkat IoT yang relatif tinggi. Keterbatasan pengetahuan dan keterampilan teknologi di kalangan nelayan juga menjadi hambatan, karena banyak nelayan belum familiar dengan perangkat digital canggih dan perawatan teknis. Selain itu, infrastruktur telekomunikasi yang terbatas di area laut membuat transmisi data real-time sulit dilakukan. Mengatasi tantangan-tantangan ini sangat penting agar teknologi IoT dapat berfungsi maksimal dalam mendukung aktivitas nelayan dan memberikan dampak positif yang berkelanjutan.



BAB 8

TRANSFORMASI MARITIM MELALUI IOT SERTA KONTRIBUSI MATEMATIKA UNTUK SISTEM CERDAS DAN EFISIEN DI MASA DEPAN

A. Peranan Matematika dalam IoT Maritim

Kemajuan terkini dalam matematika dan pemodelan numerik di bidang *Internet of Things* (IoT) telah menghasilkan topik-topik baru yang menarik, antara lain (Jeong et al., 2015) :

- 1) Pemodelan matematika dan numerik untuk pengembangan *smart city*, termasuk integrasi smartphone dan jaringan seluler dunia nyata,
- 2) Metode optimasi dan pemodelan matematika untuk jaringan pintar (*smart Grid*) dengan dukungan komputasi Cloud,
- 3) Analisis numerik untuk meningkatkan keamanan dan respon darurat dalam IoT,
- 4) Pendekatan untuk memperbaiki efisiensi dan akurasi aplikasi M2M (*Machine-to-Machine*) serta diagnosis otomatis kendaraan,
- 5) Algoritma adaptif dan dinamis yang diterapkan pada otomatisasi rumah dan aplikasi e-kesehatan,
- 6) Model komputasi yang mengatur mekanisme komunikasi untuk jaringan seluler di IoT, dan
- 7) Pemodelan canggih untuk aplikasi IoT, seperti jaringan *ad hoc* pada perangkat seluler/kendaraan dan jaringan sensor seluler dalam sistem siber-fisik (CPS).

Berdasarkan hal di atas terlihat bahwa IoT sangat erat kaitannya dengan Matematika, salah satunya adalah sistem pada kapal otonom. *Internet of Things* (IoT) maritim telah muncul sebagai paradigma komunikasi revolusioner di mana sejumlah besar kapal yang bergerak terhubung secara erat dalam jaringan maritim yang cerdas (R. W. Liu et al., 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Liu et al. (2022) menegaskan bahwa matematika memiliki peran yang sangat krusial, terutama dalam pemodelan lintasan kapal, penerapan konsep kekuatan sosial untuk mengidentifikasi konflik lalu lintas, serta penggunaan metode optimasi dalam rekonstruksi fungsi kerugian. Algoritma-algoritma berbasis matematika, seperti model prediksi dan pemodelan probabilistik, menjadi komponen inti dalam pengembangan solusi yang bertujuan meningkatkan keselamatan dan efisiensi di sektor maritim. Prediksi lintasan kapal yang lebih akurat dan tangguh dapat dicapai melalui pendekatan ini. Dengan demikian, peran matematika sangat esensial untuk memastikan keberhasilan penerapan *Internet of Things* (IoT) maritim dalam menghadapi tantangan di lingkungan nyata yang dinamis dan kompleks di masa depan

B. Inovasi Terbaru IoT Maritim

1. Pengembangan Sistem Cerdas untuk Kapal Otonom

a) Kapal Otonom dan IoT

Kapal otonom adalah inovasi dalam industri perkapalan yang mengandalkan teknologi untuk beroperasi tanpa pengendalian manusia secara langsung. Konsep ini mencakup penggunaan perangkat keras dan perangkat lunak yang canggih, termasuk sensor, sistem navigasi, dan kecerdasan buatan (AI), sehingga kapal dapat melakukan tugas-tugas mandiri seperti navigasi, penghindaran rintangan, dan pengambilan keputusan secara otomatis (Kiswanto et al., 2023). Dalam hal ini, *Internet of Things* (IoT) berperan penting dalam menghubungkan berbagai perangkat dan sistem yang ada di kapal, sehingga pengumpulan data secara *real-time* dan komunikasi yang efisien antar perangkat.

IoT diperlukan kapal otonom untuk mengumpulkan dan menganalisis data dari berbagai sensor yang

terpasang. Sensor ini dapat mencakup radar, kamera, dan perangkat pengukur cuaca yang memberikan informasi tentang lingkungan sekitar kapal, seperti keberadaan objek lain, kondisi cuaca, dan parameter navigasi (Malatunduh et al., 2024). Data yang dikumpulkan ini kemudian diproses menggunakan algoritma canggih untuk membuat keputusan otomatis, seperti mengubah jalur atau kecepatan kapal untuk menghindari tabrakan atau mengoptimalkan rute perjalanan (Judijanto et al., 2024). Dengan demikian, IoT tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional kapal, tetapi juga meningkatkan keselamatan dengan meminimalkan risiko kecelakaan di laut.

Pengambilan keputusan otomatis dalam kapal otonom melibatkan beberapa tahap, termasuk pengumpulan data, analisis, dan eksekusi keputusan. Proses ini sering kali menggunakan teknik kecerdasan buatan, seperti pembelajaran mesin, untuk mengidentifikasi pola dalam data yang dikumpulkan dan membuat prediksi tentang tindakan yang paling tepat (Trilaksono & Wijaya, 2023). Misalnya, sistem dapat menggunakan data historis dan kondisi saat ini untuk menentukan rute terbaik yang harus diambil, atau untuk memprediksi kemungkinan risiko yang mungkin dihadapi selama perjalanan (Rahardja, 2022). Dengan demikian, integrasi antara perangkat sensor, pengumpulan data, dan pengambilan keputusan otomatis menjadi kunci dalam operasional kapal otonom yang efisien dan aman. Secara keseluruhan, kapal otonom yang didukung oleh IoT dan teknologi sensor canggih menunjukkan potensi besar untuk merevolusi industri perkapalan. Dengan kemampuan untuk beroperasi secara mandiri dan membuat keputusan berdasarkan data *real-time*, kapal otonom tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi operasional tetapi juga mengurangi risiko yang terkait dengan navigasi laut

(Judijanto et al., 2024; Kiswanto et al., 2023; Malatunduh et al., 2024).

b) Peran Matematika dalam Sistem Cerdas

Algoritma matematika yang mendasari optimasi rute, kontrol otomatis kapal, dan pemrosesan data dari sensor merupakan komponen kunci dalam pengembangan kapal otonom. Tiga area utama yang sering dibahas dalam konteks ini adalah optimasi jalur (*path optimization*), pembelajaran mesin (*machine learning*), dan teori kontrol (*control theory*).

Optimasi jalur (*Path Optimization*) adalah proses untuk menentukan rute terbaik yang harus diambil oleh kapal otonom untuk mencapai tujuan dengan efisien. Salah satu metode yang sering digunakan dalam optimasi jalur adalah algoritma Dijkstra dan algoritma RRT (*Rapidly-exploring Random Tree*) yang telah dimodifikasi untuk meningkatkan efisiensi navigasi (Dai et al., 2022; Q. Wu, 2023). Pada kapal otonom, algoritma ini dapat digunakan untuk merencanakan rute yang dapat menghindari rintangan dan meminimalkan waktu perjalanan. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan algoritma RRT yang ditingkatkan dapat meningkatkan kualitas jalur dan efisiensi navigasi dalam lingkungan yang lebih kompleks (Dai et al., 2022). Selain itu, algoritma optimasi berbasis *swarm*, seperti *Particle Swarm Optimization* (PSO), juga telah diterapkan untuk merencanakan jalur bagi kendaraan permukaan tak berawak (USV) dalam lingkungan dinamis (Xin et al., 2019).

Selanjutnya, *Machine Learning* berperan penting dalam pengolahan data sensor dan pengambilan keputusan otomatis. Dalam konteks kapal otonom, teknik seperti pembelajaran mendalam (*deep learning*) dan pembelajaran penguatan (*reinforcement learning*) digunakan untuk menganalisis data yang dikumpulkan dari sensor dan membuat keputusan berdasarkan pola yang terdeteksi (Pai et al., 2024; Patel et al., 2024).

Dengan memanfaatkan data historis dan kondisi saat ini, algoritma ini dapat meningkatkan responsivitas dan stabilitas sistem penghindaran tabrakan (Sun et al., 2018).

Selanjutnya, teori kontrol adalah dasar bagi pengendalian otomatis kapal otonom. Metode seperti *Model Predictive Control* (MPC) dan kontrol berbasis filter komando digunakan untuk mengatur perilaku kapal dalam menghadapi gangguan dan ketidakpastian (Guo et al., 2022; Sun et al., 2018). *Model Predictive Control*, misalnya, diperlukan kapal untuk merencanakan tindakan masa depan berdasarkan model dinamis sistem dan kondisi lingkungan saat ini, sehingga meningkatkan kemampuan kapal untuk menghindari tabrakan dan menyesuaikan jalur secara *real-time* (Sun et al., 2018). Selain itu, kontrol *robust* yang dirancang untuk menangani gangguan yang tidak diketahui juga sangat penting dalam memastikan stabilitas dan keandalan sistem navigasi kapal (Bidikli et al., 2016; Guo et al., 2022).

Kapal otonom semakin banyak diterapkan dalam industri maritim, dengan algoritma matematika yang canggih digunakan untuk memilih rute optimal. Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah pemanfaatan data *Automatic Identification System* (AIS) untuk menganalisis pola lalu lintas maritim dan merencanakan rute yang efisien. Pemanfaatan algoritma evolusi, jaringan lalu lintas maritim dapat diekstraksi dari data AIS, yang kemudian dapat digunakan untuk perencanaan rute kapal (Filipiak et al., 2020). Selain itu, Kontroler *fuzzy* juga digunakan untuk memastikan kapal otonom dapat mengikuti rute yang ditentukan dengan akurasi tinggi, sehingga mengurangi kehilangan energi (Kim et al., 2023)

Sehingga dapat disimpulkan bahwa, integrasi algoritma matematika dalam optimasi rute, pembelajaran mesin, dan teori kontrol memberikan fondasi yang kuat untuk pengembangan kapal otonom yang efisien dan

aman. Dengan memanfaatkan teknologi ini, kapal otonom dapat beroperasi secara mandiri, mengoptimalkan rute perjalanan, dan merespons kondisi lingkungan dengan cepat dan akurat.

2. Integrasi IoT dengan Teknologi AI dan Big Data

a. AI dan Pembelajaran Mesin di Kapal Otonom

Integrasi antara kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mesin dengan Internet of Things (IoT) dalam konteks sistem kapal yang lebih cerdas telah menjadi fokus pembahasan untuk transformasi maritim di masa depan. Dengan kemajuan teknologi, kapal telah dilengkapi dengan berbagai sensor yang mengumpulkan data secara *real-time*, yang diperlukan untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dan lebih cepat. AI berperan penting dalam menganalisis data untuk meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan.

Salah satu aspek utama dari integrasi antara IoT dengan teknologi AI dan Big Data adalah penggunaan data dari sistem identifikasi otomatis (AIS), yang memberikan informasi penting tentang posisi, kecepatan, dan arah kapal. Dengan menerapkan algoritma pembelajaran mesin, data AIS dapat dianalisis untuk mendeteksi pola dan anomali dalam perilaku navigasi kapal. Algoritma berbasis pembelajaran mesin dapat digunakan untuk mendeteksi risiko tabrakan dan grounding dengan akurasi tinggi, berkat pemrosesan data yang efisien (Bakdi et al., 2020; Tu et al., 2018). Selain itu, teknik pemrosesan data yang lebih canggih, seperti penggabungan data dari berbagai sensor, dapat meningkatkan akurasi analisis dan keputusan yang diambil oleh sistem (Lv et al., 2023).

AI juga diperlukan untuk pengembangan sistem pengambilan keputusan yang dinamis, seperti yang ditunjukkan dalam penelitian yang menggunakan logika *fuzzy* untuk strategi navigasi cerdas. Sistem ini dapat mengadaptasi keputusan berdasarkan kondisi lalu lintas dan lingkungan yang berubah-ubah, meningkatkan keselamatan

dan efisiensi navigasi (B. Wu et al., 2020). Dengan memanfaatkan data *real-time* dari sensor dan algoritma AI, kapal dapat merespons situasi darurat dengan lebih cepat dan efektif, mengurangi risiko kecelakaan (Seong et al., 2023). Lebih jauh lagi, arsitektur AIoT (*Artificial Intelligence of Things*) yang dirancang untuk mengelola dan menganalisis big data dari kapal yang dapat memberikan wawasan yang lebih dalam tentang operasi maritim. Arsitektur ini memungkinkan integrasi layanan cerdas yang dapat meningkatkan pengambilan keputusan dan memberikan nilai bisnis yang lebih besar (Valero et al., 2021).

Selanjutnya, dengan memanfaatkan teknologi komputasi tepi dan cloud, AI dapat diimplementasikan sebagai layanan mikro, yang diperlukan untuk pemrosesan data lebih dekat dengan sumbernya dan mengurangi latensi (Myoung Lee et al., 2018). Dalam konteks yang lebih luas, integrasi AI dan IoT juga berkontribusi pada pengembangan sistem transportasi maritim yang lebih cerdas dan berkelanjutan. Dengan memanfaatkan big data dan analisis canggih, perusahaan pelayaran dapat mengoptimalkan rute, mengurangi konsumsi bahan bakar, dan meningkatkan efisiensi operasional (Arifin, 2023; X. Li et al., 2022). Hal ini tidak hanya menguntungkan perusahaan, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan emisi karbon dan dampak lingkungan dari industri pelayaran.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa , integrasi AI dan pembelajaran mesin dengan IoT dalam sistem kapal menciptakan peluang baru untuk meningkatkan keselamatan, efisiensi, dan keberlanjutan dalam operasi maritim. Dengan terus mengembangkan teknologi ini, masa depan pelayaran dapat menjadi lebih cerdas dan responsif terhadap tantangan yang dihadapi.

b. Pemrosesan Big Data di Sektor Maritim Meliputi Algoritma Statistik dan Teknik Optimasi

Pemrosesan big data di sektor ini tidak hanya melibatkan pengumpulan dan penyimpanan data, tetapi juga memerlukan algoritma statistik dan teknik optimasi untuk

mengelola, menganalisis, dan memprediksi pola dari data yang kompleks.

Big data merujuk pada kumpulan data yang sangat besar dan kompleks yang tidak dapat diolah dengan metode tradisional. Dalam konteks maritim, data ini dapat berasal dari berbagai sumber, seperti (Chen et al., 2014) :

1. Sensor yang dipasang pada kapal, pelabuhan, dan infrastruktur maritim lainnya untuk mengumpulkan data tentang kondisi lingkungan, posisi, kecepatan, dan status operasional.
2. Data yang dihasilkan dari sistem yang digunakan untuk mengelola armada kapal, termasuk informasi tentang rute, pemeliharaan, dan konsumsi bahan bakar.
3. Data yang diperoleh dari sistem navigasi satelit dan pemetaan untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi perjalanan laut.

Selanjutnya, algoritma statistik memainkan peran penting dalam menganalisis big data di sektor maritim. Beberapa teknik yang umum digunakan meliputi (Zhang & Zhao, 2018) :

1. Analisis Regresi yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel independen (misalnya, kecepatan angin, arus laut) dan variabel dependen (misalnya, konsumsi bahan bakar). Model regresi dapat membantu dalam memprediksi kinerja kapal dalam berbagai kondisi.
2. Klasifikasi dan clustering teknik ini digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan kesamaan. Misalnya, clustering dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola perilaku kapal dalam rute tertentu atau untuk mengelompokkan kondisi cuaca yang serupa.
3. Analisis deret waktu adalah teknik ini digunakan untuk menganalisis data yang dikumpulkan secara berurutan dari waktu ke waktu. Dalam

sektor maritim, analisis deret waktu dapat digunakan untuk memprediksi pola cuaca atau permintaan pelabuhan berdasarkan data historis.

Teknik optimasi juga sangat penting dalam pemrosesan big data di sektor maritim. Beberapa metode yang sering diterapkan meliputi (Y. Liu & Wang, 2019) :

1. Algoritma optimasi digunakan untuk menentukan rute terbaik bagi kapal untuk mengurangi waktu perjalanan dan konsumsi bahan bakar. Metode seperti algoritma genetika dan *algoritma ant colony optimization*.
2. Optimasi penjadwalan dalam konteks manajemen armada, teknik optimasi digunakan untuk menjadwalkan pemeliharaan kapal dan pengaturan rute yang efisien. Penggunaan algoritma pemrograman linier dan pemrograman integer untuk mencapai solusi optimal.
3. Optimasi sumber daya merupakan teknik ini digunakan untuk mengalokasikan sumber daya secara efisien, seperti tenaga kerja dan bahan bakar, untuk meningkatkan efisiensi operasional.

Matematika merupakan dasar dari banyak algoritma dan teknik yang digunakan dalam pemrosesan big data. Dalam konteks analisis data sensor IoT, beberapa aplikasi matematika yang relevan meliputi (Wang & Zhang, 2020)

:

1. Statistika deskriptif digunakan untuk merangkum dan menggambarkan karakteristik data yang dikumpulkan dari sensor, seperti rata-rata, median, dan deviasi standar.
2. Teori probabilitas digunakan untuk membuat prediksi dan model ketidakpastian dalam data. Misalnya, probabilitas kejadian cuaca ekstrem dapat dianalisis untuk meningkatkan keselamatan pelayaran.

3. Algoritma pemrosesan data, termasuk analisis citra dan pengolahan sinyal, menggunakan konsep aljabar linier untuk memanipulasi dan menganalisis data multidimensi.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pemrosesan big data di sektor maritim merupakan bidang yang berkembang pesat, dengan algoritma statistik dan teknik optimasi yang memainkan peran kunci dalam mengelola dan menganalisis data yang kompleks.

C. Potensi Pengembangan Lebih Lanjut

1. Penggunaan Energi Terbarukan dalam Sistem Otomatisasi Kapal

Penggunaan *Internet of Things* (IoT) dalam sistem energi terbarukan, khususnya pada kapal otonom, menawarkan berbagai solusi inovatif untuk mengoptimalkan pengelolaan sumber energi seperti tenaga surya dan angin. IoT memungkinkan pengumpulan dan analisis data secara real-time, yang sangat penting untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil.

a) Penggunaan IoT dalam Sistem Energi Terbarukan

Sistem manajemen energi pintar yang didukung oleh IoT dapat mengintegrasikan berbagai sumber energi terbarukan, seperti panel surya dan turbin angin, untuk menciptakan sistem yang lebih efisien dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Misalnya, penelitian menunjukkan bahwa penggunaan algoritma pembelajaran mesin dalam sistem energi terbarukan dapat mengoptimalkan produksi energi secara real-time, memastikan pasokan energi yang stabil meskipun dalam kondisi cuaca yang berubah-ubah (Hajri et al., 2024). Selain itu, sistem ini dapat memantau dan mengelola konsumsi energi dari berbagai perangkat di kapal, sehingga meningkatkan efisiensi keseluruhan (Elmouatamid et al., 2019; Hossein Motlagh et al., 2020).

Dalam konteks kapal otonom, IoT dapat digunakan untuk mengelola dan mengoptimalkan penggunaan energi dari sumber terbarukan. Dengan memanfaatkan sensor dan perangkat IoT, data tentang kecepatan angin, intensitas cahaya matahari, dan kondisi lingkungan lainnya dapat dikumpulkan dan dianalisis untuk mengatur penggunaan energi secara optimal. Misalnya, sistem kontrol cerdas yang menggunakan IoT dapat memprediksi kondisi angin dan mengoptimalkan operasi turbin angin, meningkatkan efisiensi produksi energi (S. Li et al., 2023; Radhakrishnan et al., 2023). Selain itu, sistem ini juga dapat mengatur kapan dan bagaimana energi dari panel surya digunakan, sehingga memaksimalkan pemanfaatan energi yang dihasilkan (Ioannides et al., 2021)

Lebih jauh lagi, integrasi IoT dalam sistem energi terbarukan di kapal otonom tidak hanya meningkatkan efisiensi energi, tetapi juga memungkinkan pengelolaan yang lebih baik terhadap sumber daya. Dengan memanfaatkan teknologi seperti *digital twin* dan big data, kapal dapat melakukan pemantauan dan pengendalian energi secara *real-time*, yang diperlukan untuk penyesuaian cepat terhadap perubahan permintaan dan pasokan energi (Chalal et al., 2023).

Selanjutnya, dapat disimpulkan bahwa penerapan IoT dalam sistem energi terbarukan di kapal otonom menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan. Dengan memanfaatkan teknologi, kapal dapat beroperasi dengan lebih efisien, mengurangi dampak lingkungan, dan memaksimalkan penggunaan sumber energi terbarukan.

b) Pemodelan Matematika untuk Efisiensi Energi

Pemodelan matematika memainkan peran penting dalam analisis dan optimasi penggunaan energi terbarukan, khususnya dalam konteks sistem otomatisasi

kapal yang memanfaatkan sumber energi seperti panel surya. Dengan menggunakan model matematika, kita dapat menganalisis berbagai faktor yang mempengaruhi efisiensi energi, termasuk kondisi cuaca, orientasi panel, dan konfigurasi sistem penyimpanan energi.

Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah optimasi sudut kemiringan dan orientasi panel surya untuk memaksimalkan penyerapan radiasi matahari. Kombinasi algoritma pembelajaran mesin, seperti *Stacking Ensemble Learning*, dapat digunakan untuk memprediksi sudut kemiringan dan arah optimal panel surya berdasarkan data historis dan kondisi cuaca secara *real time* (Khan et al., 2022). Selain itu, pemodelan matematis juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan sistem penyimpanan energi, seperti baterai, dalam konteks operasi panel surya. Selanjutnya, model optimasi biaya untuk sistem penyimpanan energi yang terintegrasi dengan stasiun *fotovoltaik* (PV), yang diperlukan untuk pengisian baterai selama periode radiasi matahari maksimum dan penggunaan energi yang disimpan saat radiasi menurun (Buratynskyi & Nechaieva, 2022). Model ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan energi tetapi juga mengurangi biaya operasional dengan memanfaatkan energi terbarukan secara lebih efektif.

Lebih lanjut, menganalisis faktor-faktor seperti radiasi matahari dan suhu untuk menentukan sudut kemiringan optimal panel sangat penting. Dengan menggunakan model berbasis Liu dan Jordan, dapat diketahui bagaimana penyesuaian sudut kemiringan dapat meningkatkan output energi dari sistem PV (Kartikasari et al., 2023). Hal ini sangat relevan untuk kapal otonom yang beroperasi di berbagai lokasi dengan kondisi cuaca yang bervariasi.

Model matematika juga dapat digunakan untuk meramalkan produksi energi berdasarkan data meteorologi. Sebagai contoh, Strategi optimasi untuk

sistem penyimpanan energi hidrogen yang digerakkan oleh energi angin dan surya, yang mencakup pemodelan probabilitas untuk input energi dan efisiensi output yang terkait dengan proses elektrolisis (Zhou & Yin, 2023). Pendekatan ini dapat diadaptasi untuk sistem otomatisasi kapal, yang diperlukan untuk perencanaan yang lebih baik dalam penggunaan energi terbarukan.

Secara keseluruhan, pemodelan matematika menawarkan alat yang kuat untuk menganalisis dan mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan dalam sistem otomatisasi kapal. Dengan memanfaatkan algoritma optimasi dan analisis data, kapal dapat meningkatkan efisiensi energi, mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil, dan berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan.

c) Studi Kasus Untuk Integrasi Energi Terbarukan dengan IoT Pada Kapal

Salah satu contoh penerapan IoT di kapal adalah penggunaan sistem pemantauan berbasis sensor untuk mengelola panel surya. Sensor ini dapat mengukur intensitas cahaya matahari, suhu, dan kondisi cuaca lainnya secara *real-time*. Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan algoritma pembelajaran mesin, seperti Jaringan Saraf Tiruan (ANN), untuk memprediksi output energi dari panel surya berdasarkan kondisi lingkungan yang berubah-ubah (Preetha et al., 2023). Dengan pendekatan ini, sistem dapat secara otomatis menyesuaikan sudut kemiringan panel surya untuk memaksimalkan penyerapan energi matahari, sehingga meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem (Hajri et al., 2024).

Selain itu, algoritma matematika juga digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan energi yang dihasilkan. Misalnya, dalam sistem hybrid yang menggabungkan energi dari panel surya dan turbin angin, algoritma optimasi dapat digunakan untuk menentukan

kapal dan bagaimana energi dari masing-masing sumber digunakan atau disimpan dalam sistem penyimpanan energi, seperti baterai. Penerapan model optimasi, penggunaan energi dapat disesuaikan dengan permintaan dan ketersediaan energi secara *real-time*, yang berkontribusi pada pengurangan biaya operasional dan peningkatan efisiensi (Eltamaly et al., 2021; Pawar et al., 2020).

IoT juga memungkinkan pengelolaan energi yang lebih baik melalui sistem monitoring yang terintegrasi. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, data dari berbagai sumber energi dapat dikumpulkan dan dianalisis untuk memberikan informasi yang akurat kepada operator kapal mengenai kinerja sistem energi secara keseluruhan. Hal ini memungkinkan identifikasi kondisi abnormal dan pengambilan keputusan yang lebih cepat untuk mengatasi masalah yang mungkin muncul (Ioannides et al., 2021).

Dengan demikian, kapal dapat beroperasi dengan lebih efisien dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil. Lebih jauh lagi, penerapan algoritma seperti *Whale Optimization Algorithm* dalam sistem pelacakan solar dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi dengan mengoptimalkan posisi panel surya berdasarkan data yang diperoleh dari sensor IoT (Paramasivam et al., 2023). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan produksi energi tetapi juga mengurangi waktu dan biaya yang diperlukan untuk pemeliharaan sistem.

Secara keseluruhan, integrasi energi terbarukan dengan IoT di kapal otonom menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan. Dengan memanfaatkan sensor IoT dan algoritma matematika, kapal dapat mengoptimalkan penggunaan sumber energi terbarukan, mengurangi dampak lingkungan, dan berkontribusi pada transisi menuju sistem energi yang lebih bersih dan efisien.

2. Peningkatan Efisiensi melalui Teknologi Sensor yang Lebih Maju

Kemajuan teknologi sensor yang lebih cerdas dan responsif telah menjadi pendorong utama dalam pengembangan sistem pemantauan lingkungan dan kondisi mesin, terutama dalam konteks operasional kapal. Sensor-sensor ini tidak hanya mampu mengumpulkan data secara *real-time*, tetapi juga dapat memproses dan menganalisis informasi tersebut untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik.

a) Peran Sensor dalam Efisiensi Operasional Kapal

Salah satu inovasi penting dalam teknologi sensor adalah pengembangan sensor lingkungan yang lebih sensitif dan terjangkau. Misalnya, sensor gas karbon dioksida dan metana yang tersedia secara komersial telah mengalami peningkatan dalam hal sensitivitas dan akurasi, meskipun masih ada tantangan dalam hal biaya dan presisi untuk pengukuran pada tingkat ppm (*part per million*) (Honeycutt et al., 2019). Selain itu, jaringan sensor nirkabel (WSN) yang dirancang untuk memantau variabel fisik juga menunjukkan potensi besar dalam aplikasi teknologi hijau, di mana setiap modul sensor dapat mendaftarkan variabel lingkungan secara efisien (Garcia et al., 2018). Dengan kemajuan dalam teknologi nirkabel, sensor-sensor ini dapat mengirimkan data secara langsung ke pusat pengolahan, memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan yang lebih baik dan lebih responsif.

Dalam konteks pemantauan kondisi mesin, sensor pintar yang dilengkapi dengan unit pemrosesan data telah terbukti sangat efektif. Misalnya, sensor termografi inframerah digunakan untuk memantau kondisi *gearbox* dan bantalan pada motor induksi, memberikan informasi yang relevan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi pemeliharaan (Alvarado-Hernandez et al., 2022). Selain itu, sensor yang menggabungkan teknologi *blockchain* dan 5G dapat meningkatkan keandalan dan

keamanan dalam pengumpulan dan transmisi data sensor, yang sangat penting untuk aplikasi industri dan pemantauan lingkungan (Yao et al., 2022). Dengan memanfaatkan teknologi ini, kapal dapat mengoptimalkan operasionalnya dengan memantau kondisi mesin dan lingkungan secara *real-time*, sehingga bisa digunakan untuk pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat.

Penggunaan sensor dalam pemantauan lingkungan juga semakin meluas, dengan aplikasi yang mencakup pengukuran kualitas udara dan kebisingan di lingkungan perkotaan. Proyek SONYC, misalnya, menggunakan sensor akustik untuk memantau dan mengklasifikasikan sumber suara di New York City secara *real-time*, yang memberikan wawasan penting tentang polusi suara dan kualitas hidup (Luo et al., 2020). Selain itu, sensor yang dirancang untuk memantau variabel lingkungan seperti kelembaban dan suhu di dalam rumah kaca menunjukkan kemampuan untuk mengumpulkan data yang akurat dan relevan untuk penelitian agronomi (Fletcher & Fisher, 2021). Dengan demikian, kemajuan dalam teknologi sensor tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional kapal tetapi juga berkontribusi pada perlindungan lingkungan.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kemajuan teknologi sensor yang lebih cerdas dan responsif, baik dalam konteks pemantauan lingkungan maupun kondisi mesin, menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional kapal. Dengan kemampuan untuk mengirimkan data secara *real-time* dan memproses informasi secara cerdas, teknologi ini mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dan lebih cepat, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan.

b) Algoritma Matematika dalam Pemrosesan Data Sensor

Pemrosesan data sensor pada kapal menggunakan algoritma matematika adalah aspek penting dalam meningkatkan efisiensi operasional. Berbagai teknik analisis statistik, regresi, dan algoritma optimasi berperan dalam mengolah data yang dihasilkan oleh sensor untuk mendapatkan informasi yang lebih akurat dan relevan.

Pertama, analisis statistik merupakan langkah awal dalam pemrosesan data sensor. Metode seperti analisis komponen utama (PCA) digunakan untuk mengurangi dimensi data dan mengekstrak fitur penting dari data sensor yang kompleks. PCA membantu dalam mengidentifikasi pola dan anomali dalam data, yang sangat penting untuk pengambilan keputusan yang tepat dalam konteks operasional kapal (Siraj et al., 2024). Selain itu, regresi, termasuk regresi logistik dan analisis diskriminan linier, digunakan untuk mengklasifikasikan dan memprediksi hasil berdasarkan data sensor yang diperoleh (Gancarz et al., 2019). Misalnya, regresi logistik dapat digunakan untuk memprediksi kemungkinan terjadinya kejadian tertentu berdasarkan variabel sensor yang terukur, untuk manajemen risiko yang lebih baik (Gancarz et al., 2019).

Selanjutnya, algoritma optimasi memainkan peran kunci dalam meningkatkan efisiensi operasional kapal. Algoritma seperti *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan algoritma evolusi lainnya telah diterapkan untuk mengoptimalkan penempatan sensor dan pengumpulan (Alkanhel et al., 2024; Mahmood et al., 2023). Dalam konteks jaringan sensor nirkabel, optimasi penempatan sensor dapat mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan akurasi pengumpulan data (Silva et al., 2021). Selain itu, algoritma optimasi juga digunakan untuk mengelola alokasi energi dan pengendalian laju penginderaan, yang sangat penting dalam menjaga keberlanjutan operasional kapal (Zhang et al., 2016). Dengan memanfaatkan algoritma ini, kapal dapat

beroperasi lebih efisien, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan keselamatan.

Terakhir, teknik pemrosesan data lanjutan seperti *reservoir computing* dan model sensor lunak juga berkontribusi pada pemrosesan data sensor. *Reservoir computing* dapat mengatasi respons lambat dari *array chemosensor*, yang digunakan untuk pemantauan gas yang lebih cepat dan akurat (Fonollosa et al., 2015). Sementara itu, model sensor lunak yang menggunakan jaringan saraf dan algoritma pembelajaran mesin lainnya dapat membantu dalam memperbarui model sensor secara real-time, sehingga meningkatkan akurasi pengukuran (Yan et al., 2016). Dengan demikian, kombinasi dari berbagai algoritma matematika, tidak hanya meningkatkan akurasi dan efisiensi pemrosesan data sensor, tetapi juga memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dalam operasi kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Azis, M., Lammada, I., Ferdiansyah Perdana Putra, M., & Fadhilah, M. I. (2024). SPEND (SISTEM PERINGATAN DINI BANJIR MENGGUNAKAN WATER LEVEL SENSOR DENGAN ARDUINO UNO). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(4), 4457–4464. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i4.9954>
- Agung Ahmad. (2018). Pengembangan Internet Of Things pada Smart City. *Jurnal Sistem Cerdas*, 1(1), 41–49. <https://doi.org/10.37396/jsc.v1i1.5>
- Alkanhel, R. I., Khafaga, D. S., Zaki, A. M., Eid, M. M., & Abdylaziz A Al-Mooneam Abdelhameed Ibrahim S K Towfek. (2024). Enhancing Wireless Sensor Network Efficiency through Al-Biruni Earth Radius Optimization. *Computers, Materials \& Continua*, 79(3), 3549–3568. <https://doi.org/10.32604/cmc.2024.049582>
- Alvarado-Hernandez, A. I., Zamudio-Ramirez, I., Jaen-Cuellar, A. Y., Osornio-Rios, R. A., Donderis-Quiles, V., & Antonino-Daviu, J. A. (2022). Infrared Thermography Smart Sensor for the Condition Monitoring of Gearbox and Bearings Faults in Induction Motors. *Sensors*, 22(16). <https://doi.org/10.3390/s22166075>
- Amalia. (2023). *INTERNET OF THING UNTUK JALUR TANGKAP NELAYAN*. 5(September).
- Amane, A. P. O., Febriana, R. W., Artiyasa, M., Cahyaningrum, A. O., Husain, Abror, M. N., Fachruzzaki, Asman, A., M.Biomed, Ridwan, A., Suraji, A., Aritonang, L., & Srifitriani, A. (2023). *Pemanfaatan Dan Penerapan Internet Of Things (IOT) Di Berbagai Bidang (Studi Kasus & Implemtansi Pemanfaatan serta Penerapan IoT dalam berbagai Bidang)*. www.sonpedia.com
- Anisyah, A. U., Joko, T., & Nurjazuli. (2016). Studi Kandungan dan

- Beban Pencemaran Logam Timbal (Pb) Pada Air Balas Kapal Barang dan Penumpang di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(4), 843–851. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Aouedi, O., Vu, T. H., Sacco, A., Nguyen, D. C., Piamrat, K., Marchetto, G., & Pham, Q. V. (2024). A Survey on Intelligent Internet of Things: Applications, Security, Privacy, and Future Directions. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, PP, 1. <https://doi.org/10.1109/COMST.2024.3430368>
- Ardhy, S., Eru Putra, M., & Islahuddin. (2019). PEMBUATAN KAPAL NELAYAN FIBERGLASS KOTA PADANG DENGAN METODE HAND LAY UP. *Rang Teknik Journal*, 2(1), 143–147.
- Ardinata, R. P., Rahmat, H. K., Andres, F. S., & Waryono, W. (2022). Kepemimpinan Transformasional Sebagai Solusi Pengembangan Konsep Smart City Menuju Era Society 5.0: Sebuah Kajian Literatur [Transformational Leadership As a Solution for the Development of the Smart City Concept in the Society Era: a Literature Review]. *Al-Ihtiram: Multidisciplinary Journal of Counseling and Social Research*, 1(1), 33–44. <https://doi.org/10.59027/alihtiram.v1i1.206>
- Arifin, M. D. (2023). Application of Internet of Things (IoT) and Big Data in the Maritime Industries: Ship Allocation Model. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 8(1), 97–108. <https://doi.org/10.12962/j25481479.v8i1.16405>
- Aris Sarjito. (2023). Peran Teknologi Dalam Pembangunan Kemaritiman Indonesia. *Jurnal Lemhannas RI*, 11(4), 219–236. <https://doi.org/10.55960/jlri.v11i4.483>
- Ashari, M. A., & Lidyawati, L. (2019). Iot Berbasis Sistem Smart Home Menggunakan Nodemcu V3. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 3(2), 67–172.
- Azis, A., Rijaluddin Tahfiz, M., & Nurdiana, N. (2023). Perancangan Sistem Penggerak Panel Surya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Mobile Berbasis Arduino. *Electrician : Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 17(2), 161–168. <https://doi.org/10.23960/elc.v17n2.2418>

- Bakdi, A., Glad, I. K., Vanem, E., & Engelhardtzen, Ø. (2020). AIS-Based Multiple Vessel Collision and Grounding Risk Identification based on Adaptive Safety Domain. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/jmse8010005>
- Bidikli, B., Tatlicioglu, E., & Zergeroglu, E. (2016). Robust dynamic positioning of surface vessels via multiple unidirectional tugboats. *Ocean Engineering*, 113, 237–245. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2015.12.057>
- Budiarso, Z. (2015). Implementasi Sensor Ultrasonik Untuk Mengukur Panjang Gelombang Suara Berbasis Mikrokontroler Sensor merupakan sebuah peralatan yang diperlukan untuk mendukung penerapan teknologi digital besaran-besaran analog menjadi tantangan dengan menggunakan sensor. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, 20(2), 171–177.
- Budihartono, E., Maulana, A., Rakhman, A., & Basit, A. (2022). PENINGKATAN PEMAHAMAN SISWA TENTANG TEKNOLOGI IoT MELALUI WORKSHOP TEKNOLOGI IoT. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(3), 1595. <https://doi.org/10.31764/jmm.v6i3.7519>
- Budiman, A. (2019). *Sistem Monitoring Keamanan Pelayaran Nelayan Berbasis Internet Of Things*. 9–44.
- Budiyanto, E., & Handono, S. D. (2020). *Pengujian Material*. Laduny Alifatama.
- Budiyanto, Fatimah, T., & Pipin Farida Ariyani. (2021). Pengenalan Internet of Things (IoT) sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Pegawai Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. *KRESNA: Jurnal Riset Dan Pengabdian Masyarakat*, 1(1), 82–86. <https://doi.org/10.36080/jk.v1i1.6>
- Buratynskyi, I., & Nechaieva, T. (2022). The Least-Cost Optimization of PV-Station DC/AC Equipment Using Battery Energy Storage System. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 59(1), 53–62. <https://doi.org/10.2478/lpts-2022-0006>
- Cahaya, D., Mahamit, D., & Yusnaldi, Y. (2020). Analisis SWOT Penerapan Teknologi Informasi Maritim dalam Sistem Keamanan Maritim Indonesia. *Nusantara: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 7(2), 408–420.

- Chalal, L., Saadane, A., & Rachid, A. (2023). Unified Environment for Real Time Control of Hybrid Energy System Using Digital Twin and IoT Approach. *Sensors*, 23(12). <https://doi.org/10.3390/s23125646>
- Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big Data: A Survey. Mobile Networks and Applications. *Journal of Marine Science and Technology*, 22(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11036-013-0489-0>
- Dai, J., Li, D., Zhao, J., & Li, Y. (2022). *Autonomous Navigation of Robots Based on the Improved Informed-RRT * Algorithm and DWA*. 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3477265>
- Dandy, M. (2022). Pemanfaatan Iot Pada Smart City. *Jurnal Portal Data*, 2(10), 1–10. <http://portaldata.org/index.php/portaldata/article/view/251>
- Dandy, M., Muchtar, M., & Muchtar, T. (2022). Rancang Bangun Sistem Kendali Pompa Otomatis Kapal Nelayan Menggunakan Panel Surya Berbasis Arduino. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri IX*, 2022, 54–59. <https://journal.atim.ac.id/index.php/prosiding/article/view/298>
- Darmawaningsih, S., Gilang Pamungkas, A., Lukito Suryaman, A., Prastiwi, L., Akbarita, R., Ni'matun Naharin, S., Intan Tutuarima, V., Wiji Lestari, W., & Wahdani Zahro, Z. (2022). Sistem Pengairan Otomatis pada Budidaya Hidroponik dengan Teknik Nutrient Film Technique. *J-Dinamika : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 7(2), 347–350. <https://doi.org/10.25047/j-dinamika.v7i2.2865>
- Dewi, L. M., Damayanti, R., & Muslich, M. (2020). Inventory of wooden ship materials and determination of its alternative materials through wood properties approach: Case studies in the Riau Islands, the Northern and Southern Coast of Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 415(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/415/1/012014>
- Elmouatamid, A., NaitMalek, Y., Bakhouya, M., Ouladsine, R., Elkamoun, N., Zine-Dine, K., & Khaidar, M. (2019). An energy management platform for micro-grid systems using Internet of Things and Big-data technologies. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems*

- and Control Engineering*, 233(7), 904–917.
<https://doi.org/10.1177/0959651819856251>
- Eltamaly, A. M., Alotaibi, M. A., Alolah, A. I., & Ahmed, M. A. (2021). IoT-Based Hybrid Renewable Energy System for Smart Campus. *Sustainability*, 13(15).
<https://doi.org/10.3390/su13158555>
- Filipiak, D., Węcel, K., Stróżyna, M., Michalak, M., & Abramowicz, W. (2020). Extracting Maritime Traffic Networks from AIS Data Using Evolutionary Algorithm. *Business & Information Systems Engineering*, 62(5), 435–450.
<https://doi.org/10.1007/s12599-020-00661-0>
- Fletcher, R. S., & Fisher, D. K. (2021). Testing an Open-Source Multi Brand Sensor Node to Monitor Variability of Environmental Conditions inside a Greenhouse. *Agricultural Sciences*, 12(03), 159–180. <https://doi.org/10.4236/as.2021.123011>
- Fonollosa, J., Sheik, S., Huerta, R., & Marco, S. (2015). Reservoir computing compensates slow response of chemosensor arrays exposed to fast varying gas concentrations in continuous monitoring. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 215, 618–629.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.03.028>
- Gancarz, M., Nawrocka, A., & Rusinek, R. (2019). Identification of Volatile Organic Compounds and Their Concentrations Using a Novel Method Analysis of MOS Sensors Signal. *Journal of Food Science*, 84(8), 2077–2085.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1750-3841.14701>
- Garcia, G. T., Sanchez, V. M., Lopez Marin, C. N., Cortez, J. I., Rios Acevedo, C. A., Gonzalez, G. S., Hernandez Ameca, J. L., & Molina Garcia, M. del C. (2018). Wireless Sensor Network for Monitoring Physical Variables Applied to Green Technology (IoT Green Technology). *European Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 2(2 SE-Articles).
<https://doi.org/10.24018/ejece.2018.2.2.15>
- Guo, G., Gao, Z., & Zhang, P. (2022). *Command Filtered Tracking Control of AMVs BT - Stabilization, Tracking and Formation Control of Autonomous Marine Vessels* (G. Guo, Z. Gao, & P. Zhang (eds.); pp. 85–108). Springer Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-16-8109-7_4

- Hajri, N. H., Al Harthi, R. N., Pasam, G. K., & Natarajan, R. (2024). IoT and Machine Learning based Green Energy Generation using Hybrid Renewable Energy Sources of Solar, Wind and Hydrogen Fuel Cells. *E3S Web of Conferences*, 472(2024), 1–12. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447201008>
- Hanung Satria, Pujiyanto, F., & Wilastari, S. (2024). *Analisis Ketidakstabilan Performa Kerja Governor Mesin Diesel Penggerak Utama Pada Kapal MV Pekanbaru*. 1(2), 64–71.
- Harahap, S., & Fakhruddin, M. I. (2018). Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Water Treatment Plant Kapasitas 0.25 M3/S Pada Kawasan Industri Karawang. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 1–9. jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek
- Hardinata, D., Asri Yana Vita, D., & Yulfaturrahmi, L. (2024). Rancang Bangun Sistem Pembuangan Air Otomatis Pada Kapal Pompong Nelayan Menggunakan Tenaga Surya Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Bangkit Indonesia*, 13(2), 13–23. <https://doi.org/10.52771/bangkitindonesia.v13i2.320>
- Hermawan, A. setyo, & Susilo, K. eko. (2021). Monitoring Engine RPM And Lubricating OilTemperature In IOT-Based Generators. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 10(1), 45–52.
- Hidayat, E. P., Antarikasih, D., Sutrisno, I., & ... (2024). Pengembangan Sistem Kelistrikan Kapal untuk Mendukung Operasional Sea and Coast Guard Indonesia. *Bulletin of ...*, 1, 28–38. <https://attractivejournal.com/index.php/bce/article/view/1353>
<https://attractivejournal.com/index.php/bce/article/download/1353/1016>
- Hidayati, Q., Jamal, N., & Bolang, F. A. (2022). Sistem monitoring pada jaringan sensor banjir jalan raya menggunakan protokol MQTT. *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, Dan Listrik Tenaga)*, 2(2), 119–128. <https://doi.org/10.35313/jitel.v2.i2.2022.119-128>
- Honeycutt, W. T., Ley, M. T., & Materer, N. F. (2019). Precision and Limits of Detection for Selected Commercially Available, Low-Cost Carbon Dioxide and Methane Gas Sensors. *Sensors*, 19(14). <https://doi.org/10.3390/s19143157>
- Hosseini Motlagh, N., Mohammadrezaei, M., Hunt, J., & Zakeri, B.

- (2020). Internet of Things (IoT) and the Energy Sector. *Energies*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/en13020494>
- Hudati, I., Kusuma, D. Y., Permatasari, N. B., & Pebriani, R. R. (2021). Sensor Ultrasonik Waterproof A02YYUW Berbasis Arduino Uno pada Sistem Pengukuran Jarak. *Jurnal Listrik, Instrumentasi Dan Elektronika Terapan (JuLIET)*, 2(2). <https://doi.org/10.22146/juliet.v2i2.71146>
- Hussein, W. N., Kamarudin, L. M., Hamzah, M. R., Hussain, H. N., & Jadaa, K. J. (2019). A methodology for big data analytics and IoT-oriented transportation system for future implementation. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 7(11), 449–453. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2019/087112019>
- Indera, E., Reinold Palit, A. R., Eko Raharjo, T., & Purwasih, H. D. (2023). Pelayanan Transfortasi Laut Di Pulau Belakang Padang Kota Batam Sebagai Pendukung Pariwisata Daerah Dalam Kerangka Good Governance. *Sigma Teknika*, 6(1), 202–203. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v6i1.5118>
- Ioannides, M. G., Stamelos, A., Papazis, S. A., Papoutsidakis, A., Vikentios, V., & Apostolakis, N. (2021). Iot monitoring system for applications with renewable energy generation and electric drives. *Renewable Energy and Power Quality Journal*, 19(19), 565–570. <https://doi.org/10.24084/repqj19.347>
- Irawan, R. D., Adha, M., Sadana, M. P., Kusnaa Washilatul Arba'ah, Z. D., & Utami, E. (2023). PEMODELAN HASIL REKAYASA KEBUTUHAN PERANGKAT LUNAK SISTEM JURNAL ELEKTRONIK TERINTEGRASI “IDEOGRAM.” *JIKO (Jurnal Informatika Dan Komputer)*, 7(1), 13. <https://doi.org/10.26798/jiko.v7i1.653>
- Jeong, Y. S., Obaidat, M. S., Ma, J., & Yang, L. T. (2015). Advanced Mathematics and Numerical Modeling of IoT. *Journal of Applied Mathematics*, 2015(1), 824891. <https://doi.org/10.1155/2015/824891>
- Judijanto, L., Hiswara, A., Aini, M. A., & Nanjar, A. (2024). Pengaruh Implementasi Internet of Things Terhadap Pengambilan Keputusan Bisnis Pada Perusahaan Teknologi di Jakarta. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 3(03), 389–397.

<https://doi.org/10.58812/JMWS.V3I03.1075>

- Juliansyah, A., Ramlah, R., & Nadiani, D. (2021). Sistem Pendeteksi Gerak Menggunakan Sensor PIR dan Raspberry Pi. *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia*, 2(4), 199–205. <https://doi.org/10.35746/jtim.v2i4.113>
- Junaidi, A. (2015). Internet Of Things, Sejarah, Teknologi Dan Penerapannya : Review. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, IV(3), 62–66.
- Kamaliyah K.D., P., Wisnu Wijayanto, P., & Rina A., B. (2024). Implementasi Teknologi IoT pada Aplikasi Pencarian Lokasi Calon Penumpang dan Angkutan Umum (Studi Kasus Koperasi Bina Usaha Transportasi Republik Indonesia). *PaKMas (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 4(1), 63–74. <https://doi.org/10.54259/pakmas.v4i1.2626>
- Kartikasari, F. D., Tarigan, E., Irawati, F., Louk, M. H. L., Limanto, S., & Asmawati, E. (2023). Optimal solar panel tilt angle calculation and simulation in Indonesia: A Liu and Jordan sky isotropic model-based approach. *International Journal of Science and Research Archive*, 9(2), 116–121. <https://doi.org/10.30574/ijjsra.2023.9.2.0517>
- Khan, P. W., Byun, Y. C., & Lee, S. J. (2022). Optimal Photovoltaic Panel Direction and Tilt Angle Prediction Using Stacking Ensemble Learning. *Frontiers in Energy Research*, 10(April), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.865413>
- Kim, M.-K., Kim, J.-H., & Yang, H. (2023). Optimal Route Generation and Route-Following Control for Autonomous Vessel. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/jmse11050970>
- Kiswanto, H., Hendartono, A., Rahayu, S. T., Purwanto, P., Sirait, E., Sari, D. W., Harsono, P., & Wantoro, W. B. (2023). Pengenalan Autonomous-Vessel untuk Siswa SMA 14 Semarang Melalui Kegiatan Webinar. *SOROT: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(2), 82–87. <https://doi.org/10.32699/sorot.v2i2.5188>
- Kojansow, C. W., Manembu, P. D. K., & Rumagit, A. M. (2024). Pengembangan Platform Internet Of Things (IoT) menggunakan komunikasi WebSocket. *Jurnal Teknik*

- Informatika*, 19(3), 259–269.
<https://doi.org/10.35793/jti.v19i3.53680>
- Laela Uziah, Lalu Delsi Samsumar, Zaenudin, & Ahmad Subki. (2024). Penerapan Internet of Things (IoT) untuk Pemantauan dan Pengendalian Otomatis Pemupukan Tanaman Bawang Merah di Desa Perampuan. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering*, 3(4), 199–210.
<https://doi.org/10.55537/cosie.v3i4.946>
- Lestari, S. (2018). Peran Teknologi dalam Pendidikan di Era Globalisasi. *Edureligia; Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 2(2), 94–100. <https://doi.org/10.33650/edureligia.v2i2.459>
- Li, S., Patnaik, S., & Li, J. (2023). IoT-Based Technologies for Wind Energy Microgrids Management and Control. *Electronics*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/electronics12071540>
- Li, X., Du, Y., Chen, Y., Nguyen, S., Zhang, W., Schönborn, A., & Sun, Z. (2022). Data fusion and machine learning for ship fuel efficiency modeling: Part I – Voyage report data and meteorological data. *Communications in Transportation Research*, 2, 100074.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.commtr.2022.100074>
- Liu, R. W., Liang, M., Nie, J., Lim, W. Y. B., Zhang, Y., & Guizani, M. (2022). Deep Learning-Powered Vessel Trajectory Prediction for Improving Smart Traffic Services in Maritime Internet of Things. *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, 9(5), 3080–3094.
<https://doi.org/10.1109/TNSE.2022.3140529>
- Liu, Y., & Wang, J. (2019). Optimization Techniques for Maritime Transportation: A Review. *European Journal of Operational Research*, 274(2), 1–15.
- Luo, L., Qin, H., Song, X., Wang, M., Qiu, H., & Zhou, Z. (2020). Wireless Sensor Networks for Noise Measurement and Acoustic Event Recognitions in Urban Environments. *Sensors*, 20(7). <https://doi.org/10.3390/s20072093>
- Lv, T., Tang, P., & Zhang, J. (2023). A Real-Time AIS Data Cleaning and Indicator Analysis Algorithm Based on Stream Computing. *Scientific Programming*, 2023.
<https://doi.org/10.1155/2023/8345603>

- M Zain Al Ishomi, Ahwan Ahmadi, & M. Nuzuluddin. (2023). Rancang Bangun GPS Tracker pada Perahu Nelayan Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Pengembangan Rekayasa Informatika Dan Komputer*, 1(1), 11–20.
- Mahmood, S., Bawany, N. Z., & Tanweer, M. R. (2023). A comprehensive survey of whale optimization algorithm: modifications and classification. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 29(2), 899–910. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v29.i2.pp899-910>
- Malatunduh, I. K. ., Widarbowo, D., Kendek, M., Muhammad, F., Gumelar, F., & Sumarta, R. P. (2024). Jurnal Patria Bahari. *Jurnal Patria Bahari* |, 4(1), 2798–0510. www.ejournal.poltekpel-sorong.ac.id
- Mardiana, M., Wahyuni, S., & Elsera, M. (2022). Kepercayaan Masyarakat Terhadap Tradisi Kenduri Pompong Baru Di Desa Air Glubi Kecamatan Bintan Pesisir Kabupaten Bintan. *SOSIOLOGI: Jurnal Ilmiah Kajian Ilmu Sosial Dan Budaya*, 24(2), 173–186. <https://doi.org/10.23960/sosiologi.v24i2.314>
- Mikelsten, D. (2019). *Otomatisasi dan Teknologi Berkembang*. Cambridge Stanford Books.
- Moch. Bakhrul Ulum, Moch. Lutfi, & Arif Faizin. (2022). OTOMATISASI POMPA AIR MENGGUNAKAN NODEMCU ESP8266 BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(1), 86–93. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i1.4583>
- Mukhtar, A., Hermana, R., Burhanudin, A., & Setyoadi, Y. (2023). Sensor Dan Aktuator: Konsep Dasar Dan Aplikasi. *Cv Widina Media Utama*, 1.
- Muliawan, A., Amalinda, F., & Prasetio, I. (2019). Rancang Bangun Pengendali Pompa Miniatur Berbasis Mikrokontroler Arduino Bluetooth 4Ch. *Jurnal Ilmiah Giga*, 21(2), 80. <https://doi.org/10.47313/jig.v21i2.606>
- Muniroh, N. (2022). Sistem Monitoring Pengelolaan Air Berbasis Mikrokontroler Dan Android Pada Budi Daya Ikan Lele Dengan Aquaponik Terintegrasi. *Jurnal Teknologi Dan Bisnis*, 4(1), 1–16. <https://doi.org/10.37087/jtb.v4i1.76>
- Muntasiroh, L., Solichan, A., & Ikhwanuddin, M. (2024). Design and

- Build a Water Pump Control System Using a Monitoring System Based on Telegram Communication. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 6(2), 144–153. <https://doi.org/10.37905/jjee.v6i2.24604>
- Myoung Lee, G., Um, T.-W., & Choi, J. K. (2018). AI AS A MICROSERVICE (AIMS) OVER 5G NETWORKS. *2018 ITU Kaleidoscope: Machine Learning for a 5G Future (ITU K)*, 1–7. <https://doi.org/10.23919/ITU-WT.2018.8597704>
- Nahak, P. F., Mamulak, N. M. R., & Siki, Y. C. H. (2020). Sistem Informasi Geografis untuk Pemetaan Wifi.Id Corner dan Wifi Gratis di Kota Kupang Berbasis Web. *Jurnal Teknik Informatika UNIKA Santo St. Thomas*, 05(01), 71–79. <https://ejournal.ust.ac.id/index.php/JTIUST/article/view/707>
- Nurma'atin, T. (2021). *Non-Invasive Menggunakan Sistem Telemedika Berbasis Iot*.
- Octaria, M., Irwan Padli Nasution, M., Lapangan Golf, J., Durian Jangak, D., Pancur Batu, K., & Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara, K. (2024). Peluang dan Tantangan Penerapan Internet of Things (IoT) dalam Sistem Informasi Manajemen. *Jurnal Sistem Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(2), 87–93. <https://doi.org/10.59581/jusiik-widyakarya.v2i2.3559>
- Pai, N., Tsai, X., Chen, P., & Lin, H. (2024). *Indoor Mobile Robot Path Planning and Navigation System Based on Deep Reinforcement Learning*. 36(5), 1959–1982.
- Paramasivam, M., Palaniappan, S., & Devi, K. (2023). Whale optimization algorithm and internet of things for horizontal axis solar tracker-based load optimization. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 32(3), 1278–1287. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v32.i3.pp1278-1287>
- Patel, B., Dubey, V., Barde, S., & Sharma, N. (2024). Optimum Path Planning Using Dragonfly-Fuzzy Hybrid Controller for Autonomous Vehicle. *Eng*, 5(1), 246–265. <https://doi.org/10.3390/eng5010013>
- Pawar, P., TarunKumar, M., & Vittal K., P. (2020). An IoT based Intelligent Smart Energy Management System with accurate forecasting and load strategy for renewable generation. *Measurement*, 152, 107187.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107187>

- Pratama, R. P. (2021). Remote PC Wake-On Design Manufacture in Mujahidin Mosque at Candi Mendut. *MOTIVECTION : Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 3(3), 113–126. <https://doi.org/10.46574/motivection.v3i3.97>
- Preetha, R., Ramesh Kumar, S., Srisainath, R., & Divya, P. B. (2023). Integrating Renewable Energy Sources with Micro Grid Using IOT and Machine Learning. *E3S Web of Conferences*, 387. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338702004>
- Putra, E. (2020). *Perancangan Sistem Monitoring Emisi Gas*.
- Putra, Y. W. S., Dawis, A. M., Novi, N., Natsir, F., Fitria, F., Widhiyanti, A. A. S., ... & Maniah, M. (2023). *Pengantar Aplikasi Mobile*. Penerbit Widina.
- Rachmad, Y. E., Dewantara, R., Junaidi, S., Firdaus, M., & Sulistiano, S. W. (2023). *Mastering Cloud Computing (Foundations and Applications Programming)*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Radhakrishnan, S., Jasmin, M., Senthilkumar, K. K., & Vanitha, M. (2023). Intelligent Control System for Wind Turbine Farms Using IoT and Machine Learning. *E3S Web of Conferences*, 387, 1–7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338704004>
- Rahardja, U. (2022). *Masalah Etis dalam Penerapan Sistem Kecerdasan Buatan*. 7(2), 181–188.
- Rahmadhani, V., & Widya Arum. (2022). Literature Review Internet of Think (Iot): Sensor, Konektifitas Dan Qr Code. *Jurnal Manajemen Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, 3(2), 573–582. <https://doi.org/10.38035/jmpis.v3i2.1120>
- Rahmawati, Bayusari, I., Caroline, C., Hermawati, H., & Mawarni, L. (2023). Desain Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Sumber Energi Alternatif Pada Mesin Sterilisasi Alat Medis Portable. *Jurnal Rekayasa Elektro Sriwijaya*, 4(2), 73–82. <https://doi.org/10.36706/jres.v4i2.85>
- Rani, M., Rehendra, P., Universitas, S., Raja, M., & Haji, A. (2019). Perlindungan Asuransi Terhadap Kapal Pompong Sebagai Alat Pengangkutan Niaga Di Kota Tanjung Pinang. *UIR Law Review*, 03(April).

- <http://batam.tribunnews.com/2014/08/02/kami->
- Ratnawati, F., Subandri, M. A., & Afridon, M. (2023). Sistem Monitoring Keselamatan Kapal Nelayan Berbasis Internet Of Things. *INOVTEK Polbeng - Seri Informatika*, 8(2), 464. <https://doi.org/10.35314/isi.v8i2.3751>
- Ridho, A. R. (2024). Pengaruh Quenching Setelah Pengelasan Terhadap Korosi Di Bawah Insulasi Media Air Laut Pada Baja a36. *Journal of Renewable Engineering*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.62872/dmzsc14>
- Rochani, M. M., Rochani, M., & R, Y. (2024). Pengembangan Smart Water Dispenser Berbasis IoT Menggunakan Metode Prototype. *Data Sciences Indonesia (DSI)*, 4(1), 39–50. <https://doi.org/10.47709/dsi.v4i1.4046>
- Rosalin, B. D., & Aribowo, W. (2023). Monitoring Arus dan Tegangan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Berbasis Node Red dan ESP 8266. *Jurnal Teknik Elektro*, 12(2), 84–91. <https://doi.org/10.26740/jte.v12n2.p84-91>
- Sakinah, J. F. (2023). *Program studi teknik multimedia dan jaringan jurusan teknik informatika dan komputer politeknik negeri jakarta 2023*.
- Saputra, A. M. A., Marlina, M., & ... (2024). Peran Internet of Things (Iot) Dalam Transformasi Pendidikan. ... *Pendidikan ...*, 7(July), 4963–4970. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24158.65609>
- Sektor, B., Teknologi, B., & Bagian, I. (2014). Revolusi Industri 4.0: Internet of Things, Implementasi Pada Berbagai Sektor Berbasis Teknologi Informasi (Bagian 1). *Jurnal Sistem Informasi Universitas Suryadarma*, 9(2). <https://doi.org/10.35968/jsi.v9i2.919>
- Selay, A., Andgha, G. D., Alfarizi, M. A., Bintang, M. I., Falah, M. N., Khaira, M., & Encep, M. (2022). Karimah Tauhid, Volume 1 Nomor 6 (2022), e-ISSN 2963-590X. *Karimah Tauhid*, 1(2963-590X), 861–862.
- Seong, N., Kim, J., & Lim, S. (2023). Graph-Based Anomaly Detection of Ship Movements Using CCTV Videos. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/jmse11101956>

- Septiana, S. (2018). *SISTEM SOSIAL-BUDAYA PANTAI: Mata Pencapaian Nelayan dan Pengolah Ikan di Kelurahan Panggung Kecamatan Tegal Timur Kota Tegal*. 3(2), 91–102.
- Setiawan, R. (2021). *Black Box Testing Untuk Menguji Perangkat Lunak*. Dicoding. <https://www.dicoding.com/blog/black-box-testing/>
- Sianturi, T., & Naibaho, W. (2022). Pengaruh Putaran Poros Pada Pompa Sentrifugal Yang Disusun Paralel Terhadap Karakteristik Vibrasi. *JTM-ITI (Jurnal Teknik Mesin ITI)*, 6(1), 23. <https://doi.org/10.31543/jtm.v6i1.719>
- Sifa Alifah. (2023). IOTENGLISH (Internet of Things Energy System and Cooling Fish): Prototipe Sistem Energi Hybrid dan Pendingin Ikan Berbasis IOT pada Kapal Nelayan. *Risenologi*, 8(2), 18–24. <https://doi.org/10.47028/risenologi.v8i2.537>
- Silva, de, Brian, M., Manohar, K., Clark, E., Brunton, B. W., Brunton, S. L., & Kutz, J. N. (2021). PySensors: A Python Package for Sparse Sensor Placement. *Journal of Open Source Software*, 6(58), 2828. <https://doi.org/10.21105/joss.02828>
- Siraj, S., Bansal, G., Hasita, B., Srungaram, S., K. S, S., Rybicki, F. J., Sonkusale, S., & Sahatiya, P. (2024). MXene/MoS₂ Piezotronic Acetone Gas Sensor for Management of Diabetes. *ACS Applied Nano Materials*, 7(10), 11350–11361. <https://doi.org/10.1021/acsanm.4c00834>
- Sonya, M. A. (2024). *RUMAH CERDAS UNTUK LANSIA BERBASIS INTERNET OF THINGS*.
- Sudarta. (2022). *PENGGUNAAN MICROCONTROLLER SEBAGAI PENDETEKSI POSISI DENGAN MENGGUNAKAN SINYAL GSM*. 16(1), 1–23.
- Sun, X., Wang, G., Fan, Y., Mu, D., & Qiu, B. (2018). Collision Avoidance Using Finite Control Set Model Predictive Control for Unmanned Surface Vehicle. *Applied Sciences*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/app8060926>
- Supriyadi, R. Y., Studi, P., Terapan, S., Telekomunikasi, T., Elektro, J. T., & Semarang, P. N. (2022). *SISTEM MONITORING TEGANGAN DAN ARUS*.
- Surahman, E., Santaria, R., & Setiawan, E. I. (2020). *TANTANGAN PEMBELAJARAN DARING DI INDONESIA* Pendahuluan

- Pembelajaran daring adalah proses pembelajaran yang dilakukan. *Journal of Islamic Education Management*, 5(2), 94–95.
- Susanto, F., Prasiani, N. K., & Darmawan, P. (2022). Implementasi Internet of Things Dalam Kehidupan Sehari-Hari. *Jurnal Imagine*, 2(1), 35–40. <https://doi.org/10.35886/imagine.v2i1.329>
- Syahrudin, M., & Martianis, E. (2024). Analisa Getaran Pada Pompa Senterifugal Untuk Penerapan Total Productive Maintenance (Tpm) Di Pdam Tirta Terubuk Bengkalis. *TEKTONIK: Jurnal Ilmu Teknik*, 2(1), 99–109. <http://jurnalisticomah.org/index.php/tektionik/article/view/2154%0Ahttps://jurnalisticomah.org/index.php/tektionik/article/download/2154/1717>
- Tedyana, A., Ratnawati, F., & Danuri, D. (2023). Platform Monitoring Berbasis Web untuk Sistem Stabilitas dan Pelacakan Kapal Nelayan. *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 14(2), 168–178. <https://doi.org/10.31849/digitalzone.v14i2.16419>
- Tri, N., Putra, A., Made, G., Desnanjaya, N., Krishna, P., Saputra, G., Sri, K., Astuti, A., Studi, P., & Komputer, S. (2023). Perancangan Sistem Monitoring Ketersediaan Air Otomatis Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Ilmu Komputer Dan Sistem Informasi (JIKOMSI)*, 6, 154–164.
- Trilaksono, B. R., & Wijaya, F. P. (2023). Pengembangan sistem otonomi dengan menggunakan kecerdasan artifisial untuk trem otonom. *Prosiding Use Cases Artificial Intelligence Indonesia: Embracing Collaboration for Research and Industrial Innovation in Artifi*. <https://doi.org/10.55981/brin.668.c549>. Prosiding Use Cases Artificial Intelligence Indonesia: Embracing Collaboration for Research and Industrial Innovation in Artifi. <https://doi.org/https://doi.org/10.55981/brin.668.c549>
- Tu, E., Zhang, G., Rachmawati, L., Rajabally, E., & Huang, G.-B. (2018). Exploiting AIS Data for Intelligent Maritime Navigation: A Comprehensive Survey From Data to

- Methodology. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(5), 1559–1582. <https://doi.org/10.1109/TITS.2017.2724551>
- Utomo, B. (2023). *White Box Testing: Metode Pengujian Perangkat Lunak Lanjutan*. Domainsia. <https://www.domainsia.com/berita/white-box-testing/>
- Valero, C. I., Ivancos Pla, E., Vaño, R., Garro, E., Boronat, F., & Palau, C. E. (2021). Design and Development of an AIoT Architecture for Introducing a Vessel ETA Cognitive Service in a Legacy Port Management Solution. *Sensors*, 21(23). <https://doi.org/10.3390/s21238133>
- Villamil, S., Hernández, C., & Tarazona, G. (2020). An overview of internet of things. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 18(5), 2320–2327. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v18i5.15911>
- Wang, S., & Zhang, Y. (2020). IoT-Based Data Analytics for Maritime Industry: Challenges and Opportunities. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(4), 1–10.
- Widagda, M. E. P., Aditya, A. W., Hilmansyah, H., Setiadi, E. P., Kolibu, J. T., Cahyo, S. D., & Ari, A. N. N. (2022). Sistem Keamanan pada Kapal Nelayan di Penajam Paser Utara Menggunakan SMS Gateway Berbasis Solar Cell. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 2(2), 565–576. <https://doi.org/10.54082/jamsi.283>
- Wilianto, & Kurniawan, A. (2018). Sejarah , Cara Kerja Dan Manfaat Internet of Things. *Matrix*, 8(2), 36–41.
- Wu, B., Cheng, T., Yip, T. L., & Wang, Y. (2020). Fuzzy logic based dynamic decision-making system for intelligent navigation strategy within inland traffic separation schemes. *Ocean Engineering*, 197, 106909. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106909>
- Wu, Q. (2023). *Research on autonomous mobile robot maze navigation problem based on Dijkstra ' s algorithm*. 0, 10–17. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/39/20230570>
- Xin, J., Li, S., Sheng, J., Zhang, Y., & Cui, Y. (2019). Application of Improved Particle Swarm Optimization for Navigation of Unmanned Surface Vehicles. *Sensors*, 19(14).

- <https://doi.org/10.3390/s19143096>
- Yan, W., Guo, P., Tian, Y., & Gao, J. (2016). A Framework and Modeling Method of Data-Driven Soft Sensors Based on Semisupervised Gaussian Regression. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 55(27), 7394–7401. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5b04118>
- Yao, Z., Tan, L., & She, K. (2022). 5G-BSS: 5G-Based Universal Blockchain Smart Sensors. *Sensors*, 22(12). <https://doi.org/10.3390/s22124607>
- Yuliadi, Y., Zaen, M. T. A., Adami, M., & Gofur, A. (2023). Implementasi Arduino Atmega pada Pompa Air Otomatis Perahu Nelayan Gili Marinkik Lombok Timur. *BEEES: Bulletin of Electrical and Electronics Engineering*, 3(1), 1–7. <https://doi.org/10.47065/bees.v3i1.2443>
- Zhang, Y., & Zhao, X. (2018). *Data-Driven Decision Making in Maritime Logistics: A Review. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*,. 115, 1-20.
- Zhang, Y., He, S., & Chen, J. (2016). Data Gathering Optimization by Dynamic Sensing and Routing in Rechargeable Sensor Networks. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 24(3), 1632–1646. <https://doi.org/10.1109/TNET.2015.2425146>
- Zhou, X., & Yin, D. (2023). Efficiency Optimization Strategies for Wind-Solar Driven Hydrogen Energy Storage Systems. *Advances in Engineering Technology Research*, 9(1), 83. <https://doi.org/10.56028/aetr.9.1.83.2024>
- Zuraiyah, T. A., Suriansyah, M. I., & Akbar, A. P. (2019). Smart Urban Farming Berbasis Internet Of Things (IoT). *Information Management for Educators and Professionals*, 3(2), 139–150.

GLOSARIUM

AI	Artificial Intelligence atau kecerdasan buatan adalah teknologi yang mampu meniru kemampuan intelektual manusia dalam bekerja untuk menganalisis data serta menjadikan informasi tersebut sebagai bahan untuk membuat prediksi.
Algoritma	Sebuah langkah yang disusun secara sistematis yang berguna untuk menyelesaikan masalah disebuah sistem atau aplikasi
Arduino	Salah satu perangkat elektronik yang biasa digunakan mengontrol sinyal elektronik melalui pin input output yang ada pada papan mikrokontroler
Big Data	Kumpulan data yang sangat besar dan lengkap untuk dianalisis dan diproses, big data berguna untuk menentukan akar dari penyebab masalah yang terjadi secara real-time sehingga meminimalisir kesalahan dalam penyimpanan data.
Cloud	Sistem jaringan yang memungkinkan pengguna mengakses dan mengelola serta menyimpan data dari mana saja.
CPS	Sistem yang menggabungkan unsur-unsur fisik seperti sensor, aktuator, dan komponen lainnya dengan sistem komputasi dan jaringan yang nantinya digunakan untuk mengambil tindakan
Dashboard	Tampilan yang menyajikan gambaran ringkasan informasi yang paling penting dalam bentuk gambar, grafik ataupun kata sehingga dapat dengan mudah dipahami.
Digital Twin	Wujud virtual dari sebuah objek fisik yang berfungsi sebagai pemantau oprasi sistem dan menggunakan data waktu nyata
GPS	Sistem navigasi yang berguna untuk memberikan informasi terkait lokasi, kecepatan yang berbasis satelit.

Nirkabel	Teknologi yang berguna untuk memungkinkan perangkat satu terhubung dengan perangkat lainnya tanpa bantuan kabel fisik.
NodeMCU	Sebuah alat penghubung intrnet yang berguna sebagai pendukung dalam mengembangkan proyek berbasis IoT.
Overcharging	Kondisi ketika suatu perangkat menerima daya listrik yang berlebihan, sehingga melebihi kapasitas maksimalnya, seperti mengecas aki yang sudah penuh dapat merusak komponen lainnya.
Overcurrent	Arus lebih yang dapat merusak peralatan sistem tenaga. Overcurrent dapat disebabkan oleh gangguan hubungan singkat, beban berlebihan atau overload.
Port USB	Sebuah teknologi yang berguna untuk menghubungkan alat eksternal seperti scanner, printer, mouse, papan ketik (keyboard), alat penyimpanan data (zip drive), flash disk, kamera digital atau perangkat lainnya ke komputer kita.
Sensor	Perangkat yang berfungsi sebagai alat pendeteksi atau mengukur prediksi yang berbentuk fisik menjadi sinyal digital.
Server	perangkat yang berguna sebagai wadah untuk menyimpan database kemudian menyediakan layanan atau sumber daya ke perangkat lain yang terhubung dengan jaringan
Siber	Kumpulan jaringan komputer yang saling terhubung untuk kepentingan komunikasi secara daring
Smart System	Sistem yang dirancang untuk meniru kecerdasan manusia seperti sistem pendukung keputusan.
TEG	Alat yang digunakan sebagai alat penghasil tegangan listrik yang berlandaskan pada perbedaan suhu

INDEKS

A

Akibat · 160
Aplikasi · 6, 8, 37, 44, 45, 50, 73,
92, 97, 99, 100, 114, 146, 149,
151

C

Cloud · 45, 53, 120, 151, 158

I

Inovasi · 121
Instrumen · 96, 97, 98, 99, 100,
101

N

Nelayan · 26, 30, 37, 38, 80, 90,
106, 107, 141, 142, 144, 148,
152, 153, 154, 155, 156

O

Otomatis · 20, 38, 39, 40, 65, 72,
81, 93, 94, 100, 142, 144, 147,
154

P

Perancangan · 29, 38, 84, 140,
144, 151, 154
Platform · 4, 44, 49, 147, 154
Pompong · 30, 37, 38, 65, 67, 70,
73, 79, 90, 94, 104, 105, 144,
149, 152

S

Smart · 10, 11, 12, 139, 140, 142,
143, 148, 150, 152, 156, 157,
159
Surya · 33, 38, 65, 66, 91, 92, 97,
98, 140, 142, 144, 151

T

Tantangan · 105, 109, 111, 112,
113, 116, 150
Transportasi · 146

W

White box · 160

BIOGRAFI PENULIS



Zulfachmi, M.T. Lulus Program Sarjana di Program Studi Teknik Informatika Sekolah Tinggi Teknologi Indonesia Tanjung Pinang tahun 2015, lulus Program Magister di Program Studi Teknik Elektro dengan Konsentrasi Manajemen Sistem Informasi & Komputer Universitas Udayana. Saat ini adalah dosen tetap Program Studi Teknik Informatika Sekolah Tinggi Teknologi Indonesia Tanjung Pinang dan menjabat struktural sebagai Wakil Ketua III Bidang Kemahasiswaan dan Alumni. Bidang Keahlian yang ditekuni : Internet of Things, Software Engineering, dan Website Programming.



Zulkipli, M.Pd. Lulus S1 di Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Malang (FKIP UMM) tahun 2016, lulus S2 di Program Pascasarjana Magister Pendidikan Matematika tahun 2021. Saat ini adalah dosen tetap Program Studi Teknik Informatika di Kampus Sekolah Tinggi Teknologi Indonesia Tanjung Pinang sebagai staff LPPM. Pernah bekerja sebagai Staff dan Konsultan Lingkungan di Pusat Kajian Sumber Daya dan Lingkungan Hidup Universitas Brawijaya tahun 2017—2020, pernah menjabat sebagai Ketua Yayasan Pusat Pendidikan Angstrom tahun 2019—2021. Bidang keahlian di bidang Perhitungan Data Statistik serta Bidang Lingkungan (Perhitungan Gas Rumah Kaca). Memiliki minat dalam penelitian ilmiah, khususnya terkait data statistik.



Vita Rahayu S.T, M.Kom, menyelesaikan pendidikan S-1 di Universitas Maritim Raja Ali Haji, kemudian melanjutkan studi S-2 di Universitas Amikom Yogyakarta dengan fokus penelitian pada bidang Big Data. Saat ini, aktif mengajar di Sekolah Tinggi Teknologi Indonesia Tanjung Pinang. Vita Rahayu memiliki minat dalam pengembangan teknologi informasi, khususnya terkait pengelolaan dan analisis data besar (Big Data), serta terus berkontribusi dalam dunia akademik dan penelitian di bidang tersebut.



Aggry Saputra, M.T, menerima gelar Master pada tahun 2019 Fakultas Teknik Elektro dengan Konsentrasi Manajemen Sistem Informasi dan Komputer Universitas Udayana, Indonesia. Saat ini sebagai dosen tetap di Program Studi Teknik Informatika di Sekolah Tinggi Teknologi Indonesia Tanjung Pinang dan menjabat struktural sebagai Wakil Ketua I Bidang Akademik. Bidang keahlian yang ditekuni yaitu Human Computer Interaction, Software Engineering, dan Internet of Things.



Muthiah As Saidah, S.Pd., M.Si, Lulus S1 di Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Bung Hatta pada tahun 2017, dan menyelesaikan Program Pascasarjana di Program Studi Matematika Universitas Andalas pada tahun 2022. Saat ini adalah dosen tetap Program Studi Sistem Informasi di Sekolah Tinggi Teknologi Indonesia Tanjung Pinang sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi. Bidang keahlian pada rumpun ilmu formal, pohon ilmu matematika dan cabang ilmu matematika terapan. Memiliki minat dan penelitian ilmiah, khususnya tentang matematika terapan di bidang teknologi.



Abdul Rahmad. M.Pd. Lulus Program Sarjana di Program Studi Pendidikan Ekonomi Universitas PGRI Sumatera Barat tahun 2019, Lulus Program Magister di Program Studi Pendidikan Ekonomi Universitas Pendidikan Indonesia pada tahun 2022 . Saat ini adalah dosen tetap Program Studi Sistem Informasi Sekolah Tinggi Teknologi Indonesia Tanjung Pinang Sebagai Staff Akademik. Memiliki keahlian dibidang Komputer Akuntansi seperti GF, MYOB dan ACCURATE. Memiliki Minat dalam Penelitian Ilmiah Bidang Kewirausahaan,Ekonomi Dan Akuntansi.



Danil Hardinata, S.Kom., S.Sos. lahir di Desa Tajur Biru, Kecamatan Temiang Pesisir, Kabupaten Lingga. Penulis menyelesaikan pendidikan Sarjana (S1) di dua program studi secara bersamaan, yaitu Program Studi Teknik Informatika di Sekolah Tinggi Teknologi Indonesia (STTI) Tanjungpinang dan Program Studi Sosiologi di Universitas Terbuka (UT) pada tahun 2024. Saat ini, penulis bekerja di Wilayah Bintan, Kepulauan Riau. Dengan gelar di bidang Teknik Informatika dan Sosiologi, penulis berkomitmen untuk mengintegrasikan kedua disiplin ilmu tersebut dalam dunia kerja, dengan tujuan memberikan manfaat yang lebih luas bagi masyarakat.



Devi Asri Yana Vita, lahir pada 18 Desember 2003 di Tanjungpinang. Salah satu mahasiswa aktif di sekolah tinggi teknologi Indonesia (STTI) Tanjung Pinang dengan program studi sistem informasi konsentrasi komputer akuntansi yang sedang menjalankan studi disemester 7 dengan jenjang pendidikan S1. Saat ini, sebagai pengajar sekaligus sekretaris di TPQ Jami'atul Qur'an. memiliki ketertarikan dalam menulis karya ilmiah, serta minat dalam mengikuti penelitian seperti yang sedang dilakukan saat ini bersama para Dosen STTI pada tahun 2024 yaitu "Rancang Bangun Sistem Pembuangan Otomatis Pada Kapal Pompong Nelayan Menggunakan Tenaga Surya Berbasis Internet Of Things".



Lusya Yulfaturrahmi lahir di Batam pada 27 April 2003. Saat ini penulis sedang fokus menempuh pendidikan S1 di Sekolah Tinggi Teknologi Indonesia Tanjungpinang jurusan Sistem Informasi Konsentrasi Komputer Akuntansi semester 7 angkatan 2021. Selain fokus pada bidang akademik, penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi yang sejalan dengan minat penulis. Saat ini penulis sedang mengikuti penelitian yang dilakukan bersama dosen STTI di Desa Mantang Besar yang mengimplementasikan sistem pembuangan air otomatis pada kapal pompong nelayan menggunakan tenaga surya berbasis IoT.

Buku Referensi

INTERNET OF THINGS

Dalam Kemaritiman

Buku Internet of Things dalam Kemaritiman menyajikan pemahaman mendalam tentang penerapan teknologi Internet of Things (IoT) di sektor kemaritiman, yang kini semakin relevan dengan pesatnya perkembangan teknologi digital. IoT, yang menghubungkan berbagai perangkat dan sistem dalam jaringan yang saling terintegrasi, menawarkan solusi cerdas untuk meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan keberlanjutan dalam industri maritim.

Dalam buku ini, pembaca akan diajak untuk memahami dasar-dasar IoT, serta bagaimana teknologi ini dapat diterapkan dalam berbagai aspek kemaritiman. Buku ini mengulas beragam contoh aplikasi IoT dalam dunia pelayaran, pelabuhan, dan pengelolaan sumber daya laut. Beberapa contoh penerapannya meliputi pemantauan kondisi kapal secara real-time, sistem manajemen pelabuhan yang lebih efisien, serta upaya pelestarian lingkungan laut yang lebih baik.

Buku ini ditujukan untuk berbagai kalangan, mulai dari akademisi, profesional di sektor kemaritiman, hingga masyarakat umum yang tertarik dengan perkembangan teknologi di bidang maritim. Dengan penjelasan yang mudah dipahami dan dilengkapi dengan contoh-contoh nyata, buku ini bertujuan memberikan wawasan tentang bagaimana IoT dapat membawa transformasi positif bagi industri kemaritiman, menjadikannya lebih modern, efisien, dan berkelanjutan.

Melalui buku ini, diharapkan pembaca dapat lebih memahami potensi besar IoT dalam dunia kemaritiman dan memanfaatkan teknologi ini untuk menciptakan sistem maritim yang lebih cerdas, aman, dan ramah lingkungan di masa depan.



 mediapenerbitindonesia.com
 +6281362150605
 Penerbit Idn
 @pt.mediapenerbitidn

