

litrus.



PERTAMINA
PATRA NIAGA

KECEPATAN PERAHU LISTRIK

Implementasi Motor
AC 3 Phase, Sensor Hall Effect
dan Sensor Optocoupler

Satria Pinandita, S.T., M.Eng.
Dr. Supari, S.T., M.T.
Muhammad Yusril Ichsan, S.T.
Muhammad Winarko, S.T.
Aisa Fitriani Dwi Maharani, S.T.



KECEPATAN PERAHU LI[⚡]TRIK

**Implementasi Motor
AC 3 Phase, Sensor Hall Effect
dan Sensor Optocoupler**

Satria Pinandita, S.T., M.Eng.
Dr. Supari, S.T., M.T.
Muhammad Yusril Ichsan, S.T.
Muhammad Winarko, S.T.
Aisa Fitriani Dwi Maharani, S.T.

Penerbit
litrus.

KECEPATAN PERAHU LISTRIK
Implementasi Motor AC 3 Phase, Sensor Hall Effect
dan Sensor Optocoupler

Ditulis oleh:

Satria Pinandita, S.T., M.Eng.
Dr. Supari, S.T., M.T.
Muhammad Yusril Ichsan, S.T.
Muhammad Winarko, S.T.
Aisa Fitriani Dwi Maharani, S.T.

Diterbitkan, dicetak, dan didistribusikan oleh
PT. Literasi Nusantara Abadi Grup
Perumahan Puncak Joyo Agung Residence Kav. B11 Merjosari
Kecamatan Lowokwaru Kota Malang 65144
Telp : +6285887254603, +6285841411519
Email: literasinusantaraofficial@gmail.com
Web: www.penerbitlitnus.co.id
Anggota IKAPI No. 340/JTI/2022



Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang mengutip
atau memperbanyak baik sebagian ataupun keseluruhan isi buku
dengan cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan I, Agustus 2024

Perancang sampul: Dicky Gea
Penata letak: Hasanuddin

ISBN : 978-623-519-051-8

x + 190 hlm. ; 15,5x23 cm.

©Agustus 2024

Prakata

Perahu listrik telah menjadi inovasi yang menjanjikan dalam teknologi transportasi air yang ramah lingkungan. Sebagai alternatif yang lebih bersih dan efisien dibandingkan perahu bertenaga bahan bakar fosil, perahu listrik memanfaatkan sumber energi terbarukan dan teknologi canggih untuk mengurangi dampak lingkungan. Dalam perkembangan teknologi ini, penggunaan berbagai sensor sangat penting untuk memastikan kinerja optimal dan keselamatan operasional.

Berbeda dengan perahu konvensional yang mengandalkan mesin pembakaran dalam, perahu listrik mengubah energi listrik dari baterai atau sumber energi terbarukan lainnya menjadi gerakan mekanis untuk propulsi. Keunggulan utama perahu listrik terletak pada emisi nol selama operasinya, yang membuatnya ramah lingkungan dan sesuai dengan tuntutan global untuk mengurangi polusi dan dampak negatif terhadap lingkungan air. Dengan teknologi yang terus berkembang, perahu listrik menjadikannya pilihan yang menarik untuk transportasi air yang berkelanjutan dan efisien di masa depan.

Buku ini terbagi menjadi beberapa bab yang menguraikan komponen-komponen dasar, jenis-jenis motor listrik yang digunakan, serta teknologi sensor seperti Sensor Hall Effect dan Sensor Optocoupler yang penting dalam operasi perahu



listrik. Setiap bab dirancang untuk memberikan pemahaman yang mendalam dan praktis tentang teknologi yang mendasari perahu listrik modern. Penulis berharap buku ini dapat menjadi referensi untuk semua kalangan terutama bagi yang sedang meneliti tentang perahu listrik.

Ucapan Terima Kasih

USM bersama Pertamina berkolaborasi mengembangkan perahu listrik ramah lingkungan bagi nelayan di Semarang.

Pengembangan ini bagian dari tanggung jawab sosial yang dilakukan USM menjadikan Kota Semarang sebagai laboratorium pendidikan dan penelitian. USM siap bergandengan tangan melangkah bersama untuk memajukan dan mensejahterakan masyarakat di Kota Semarang.

Hal tersebut diungkapkan Rektor Universitas Semarang (USM), Dr Supari ST MT saat penandatanganan Memorandum of Understanding (MoU) USM dengan PT Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Semarang pada 12 Juli 2023.



Daftar Isi

Prakata	iii
Ucapan Terima Kasih.....	v
Daftar Isi	vii

BAB I

Mengenal Perahu Listrik	1
Sejarah Perahu Listrik	1
Pengertian Perahu Listrik	7
Keunggulan Perahu Listrik.....	9
Struktur Perahu	20

BAB II

Jenis-Jenis Motor Listrik Pada Perahu	29
Motor Induksi.....	30
Motor Induksi 1 Phasa & 3 Phasa Pole pada Motor	31

BAB III

Motor AC 3 Phase	43
Kontruksi Motor Induksi 3 Phasa	43
Stator	45
Celah Udara (<i>Air Gap</i>)	48
Rotor	52
Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Phasa	54



BAB IV

Kapasitor Pada Motor Induksi	61
Pengertian Kapasitor	61
Fungsi Kapasitor.....	62
Tipe Kapasitor	64
Struktur Dasar Kapasitor	69
Cara Kerja Kapasitor	71

BAB V

Potensiometer	75
Pengertian Potensiometer.....	75
Kegunaan Potensiometer	77
Jenis – jenis Potensiometer	79
Prinsip Kerja Potensiometer.....	81
Potensiometer Untuk AC (Slide Regulator Transformer).....	83

BAB VI

Vfd (<i>Variable Frequency Drive</i>)	87
Pengertian VFD.....	87
Prinsip Kerja VFD	89
Bagian – Bagian VFD	91

BAB VII

Arduino Uno.....	97
Spesifikasi Arduino	97
Jenis-Jenis Arduino.....	99
Pemanfaatan Arduino UNO	115

BAB VIII

Baterai (<i>Accu</i>)	125
Pengertian Baterai.....	125
Jenis-Jenis Baterai.....	128
Komponen Baterai.....	134

BAB IX

Sensor Hall Effect.....	139
Definisi Sensor Hall Effect.....	139
Jenis-jenis Sensor Hall Effect.....	142
Prinsip Kerja Sensor Hall Effect.....	150

BAB X

Sensor Optocoupler	155
Definisi Sensor Optocoupler	156
Unsur-Unsur Sensor Optocoupler	158
Prinsip Kerja Sensor Optocoupler.....	163

BAB XI

Studi Kasus: Implementasi Kecepatan Perahu Listrik Pada Penumpang Wisata Religi di Sayung.....	167
Konklusi Kajian.....	177
Daftar Pustaka.....	179
Profile Penulis.....	185

BAB I

Mengenal Perahu Listrik

Seiring dengan berkembangnya teknologi dan meningkatnya kesadaran akan pentingnya pelestarian lingkungan, berbagai inovasi di bidang transportasi telah muncul, termasuk dalam sektor transportasi air. Salah satu inovasi yang kini semakin mendapatkan perhatian adalah perahu listrik. Perahu listrik, seperti namanya, merupakan jenis perahu yang menggunakan tenaga listrik sebagai sumber penggerak.

Kehadiran perahu listrik tidak hanya menawarkan solusi transportasi yang ramah lingkungan, tetapi juga memberikan alternatif yang efisien dan hemat biaya dibandingkan dengan perahu berbahan bakar fosil. Melalui pendahuluan ini, kita akan mengeksplorasi lebih jauh mengenai perahu listrik, mulai dari teknologi yang digunakan, keuntungan yang ditawarkan, hingga tantangan yang dihadapi dalam penerapannya di dunia nyata.

Sejarah Perahu Listrik

Perahu listrik juga dikenal sebagai perahu bertenaga listrik, adalah jenis perahu yang menggunakan motor listrik sebagai sumber tenaga utama untuk penggerak. Perahu



ini memiliki sejarah yang cukup panjang dan menarik yang berkaitan dengan perkembangan teknologi motor listrik dan baterai. Sejarah perahu listrik terbagi menjadi beberapa abad dalam penemuannya. Adapun perkembangan sejarah perahu listrik sebagai berikut:

1. Abad ke-19

Perkembangan teknologi listrik pada abad ke-19 membuka jalan bagi munculnya perahu listrik. Sejarah perahu listrik pada abad ini merupakan bagian dari awal mula eksplorasi penggunaan listrik dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk transportasi air. Pada akhir abad ke-19, kemajuan dalam teknologi listrik, terutama dalam pengembangan baterai dan motor listrik, mulai memberikan dampak signifikan pada berbagai bidang. Penemuan dinamo listrik oleh Michael Faraday pada tahun 1831 dan penemuan baterai oleh Alessandro Volta pada tahun 1800 merupakan dasar penting bagi perkembangan perahu listrik.

Salah satu perahu listrik pertama yang tercatat adalah Frodsham, yang dibuat oleh J.S. Frodsham di Inggris pada tahun 1881. Perahu ini menggunakan baterai asam timbal untuk menggerakkan motor listriknya. Meskipun tidak sepopuler perahu dengan mesin uap atau mesin pembakaran internal pada saat itu, perahu listrik menunjukkan potensi besar dalam hal efisiensi dan kebersihan.

Di Amerika Serikat, perkembangan perahu listrik juga mulai terlihat. Pada tahun 1886, Thomas Edison melakukan demonstrasi perahu listrik di New York Harbor, yang menunjukkan kemampuan perahu listrik untuk beroperasi dengan tenang dan tanpa polusi. Perahu listrik Edison menggunakan baterai nikel-besi yang merupakan salah satu inovasi penting pada masanya.

Pada akhir abad ke-19, teknologi baterai terus berkembang. Baterai asam timbal yang ditemukan oleh Gaston Planté pada tahun 1859 menjadi sumber tenaga utama bagi perahu listrik pada masa itu. Meskipun baterai ini cukup berat dan memiliki kapasitas yang

terbatas, mereka tetap menjadi pilihan utama karena ketersediaannya dan keandalan yang relatif tinggi.

Perahu listrik sering dipamerkan dalam berbagai pameran dunia dan demonstrasi publik pada akhir abad ke-19. Misalnya, pada Pameran Dunia Chicago tahun 1893, beberapa perahu listrik dipamerkan sebagai bagian dari showcase teknologi terbaru. Demonstrasi ini membantu meningkatkan kesadaran publik tentang potensi perahu listrik sebagai alternatif transportasi air yang bersih dan efisien.

Meskipun ada kemajuan signifikan, perahu listrik pada abad ke-19 masih menghadapi banyak tantangan. Keterbatasan utama adalah kapasitas baterai yang rendah, berat baterai yang signifikan, dan biaya yang tinggi. Selain itu, infrastruktur untuk pengisian baterai belum tersedia secara luas, sehingga membatasi jangkauan operasional perahu listrik (Hughes, 2018).

2. Awal Abad ke-20

Pada awal abad ke-20, perahu listrik mengalami perkembangan yang signifikan meskipun masih berada di bawah bayang-bayang perahu dengan mesin pembakaran internal. Beberapa inovasi dan eksperimen penting terjadi pada periode ini, yang menandai kemajuan dalam teknologi dan penggunaan perahu listrik. Pada awal abad ke-20, teknologi baterai terus mengalami perbaikan. Baterai asam timbal, yang sudah digunakan pada akhir abad ke-19, mengalami peningkatan dalam hal efisiensi dan kapasitas.

Selain itu, beberapa eksperimen dengan jenis baterai lain, seperti baterai nikel-kadmium dan baterai nikel-besi, juga dilakukan untuk meningkatkan performa perahu listrik. Perahu listrik menjadi pilihan populer di danau dan sungai, terutama di Eropa dan Amerika Utara. Keunggulan utama perahu listrik, yaitu operasi yang tenang dan tanpa polusi, membuatnya ideal untuk digunakan di area perairan yang sensitif terhadap kebisingan dan polusi. Perahu listrik sering

digunakan untuk tujuan rekreasi, seperti perahu sewaan di danau-danau wisata.

Beberapa perusahaan mulai melihat potensi komersial perahu listrik. Misalnya, pada awal abad ke-20, perusahaan seperti Elco (*Electric Launch Company*) di Amerika Serikat mulai memproduksi perahu listrik dalam jumlah yang lebih besar. Elco bahkan menyediakan perahu listrik untuk Pameran Dunia tahun 1900 di Paris, yang menarik perhatian internasional terhadap potensi perahu listrik.

Perang Dunia I (1914—1918) memberikan dampak signifikan terhadap perkembangan teknologi, termasuk teknologi listrik. Selama perang, fokus utama adalah pada pengembangan teknologi militer, yang mengalihkan perhatian dan sumber daya dari pengembangan perahu listrik komersial. Namun, beberapa inovasi dalam teknologi baterai dan motor listrik yang dikembangkan untuk keperluan militer kemudian diaplikasikan pada perahu listrik setelah perang.

Meskipun ada beberapa perkembangan, popularitas perahu listrik menurun pada paruh pertama abad ke-20. Mesin pembakaran internal, yang terus mengalami peningkatan efisiensi dan penurunan biaya, menjadi pilihan utama bagi sebagian besar perahu komersial dan rekreasi. Keterbatasan dalam hal jangkauan dan kecepatan perahu listrik juga menjadi faktor yang membatasi adopsi yang lebih luas.

Meskipun menghadapi tantangan, inovasi dalam perahu listrik tidak berhenti. Beberapa insinyur dan penemu terus mengeksplorasi cara untuk meningkatkan performa perahu listrik. Misalnya, pada tahun 1930-an, perahu listrik yang dilengkapi dengan baterai yang lebih ringan dan motor yang lebih efisien mulai muncul, meskipun mereka masih menghadapi persaingan ketat dari perahu bermesin pembakaran internal (Williams dan Anderson, 2020: 145—160).

3. Paruh Kedua Abad ke-20

Pada paruh kedua abad ke-20, perahu listrik mengalami sejumlah kemajuan penting meskipun masih menghadapi tantangan besar

dalam bersaing dengan perahu bermesin pembakaran internal. Pada tahun 1950-an dan 1960-an, perahu listrik masih merupakan pilihan minoritas dibandingkan dengan perahu bermesin bensin atau diesel. Namun, penelitian dan eksperimen terus dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan performa perahu listrik. Teknologi baterai mulai berkembang lebih lanjut, meskipun masih terbatas dalam hal kapasitas dan berat.

Pada periode ini, baterai asam timbal masih menjadi sumber daya utama bagi perahu listrik, tetapi mulai muncul teknologi baterai baru seperti baterai nikel-kadmium. Baterai ini menawarkan beberapa keunggulan seperti kapasitas yang lebih tinggi dan siklus hidup yang lebih lama, meskipun harganya masih relatif mahal.

Pada tahun 1970-an, meningkatnya kesadaran akan masalah lingkungan dan polusi memberikan dorongan baru bagi pengembangan perahu listrik. Perahu listrik yang tidak menghasilkan emisi menjadi semakin menarik sebagai alternatif yang ramah lingkungan. Gerakan lingkungan pada periode ini juga membantu meningkatkan minat dan dukungan terhadap teknologi hijau, termasuk perahu listrik.

Pada tahun 1980-an, beberapa perusahaan mulai serius mengembangkan dan memproduksi perahu listrik untuk pasar komersial dan rekreasi. Teknologi baterai terus mengalami peningkatan, dan motor listrik menjadi lebih efisien. Beberapa marina dan danau mulai menyediakan fasilitas pengisian daya untuk perahu listrik, meskipun masih terbatas.

Pada tahun 1990-an, teknologi baterai lithium-ion mulai muncul dan menawarkan keunggulan signifikan dalam hal kepadatan energi dan berat dibandingkan dengan baterai sebelumnya. Baterai ini memungkinkan perahu listrik untuk memiliki jangkauan yang lebih luas dan performa yang lebih baik. Pada periode ini, perahu listrik mulai diadopsi lebih luas, meskipun masih terbatas pada pasar tertentu.

Perahu listrik mulai banyak digunakan dalam industri pariwisata dan rekreasi, terutama di danau dan sungai yang membutuhkan operasi yang tenang dan ramah lingkungan. Perahu wisata dan sewaan yang menggunakan motor listrik menjadi semakin umum, memberikan pengalaman yang lebih tenang dan bersih bagi wisatawan.

4. Abad ke-21

Salah satu pendorong utama kemajuan perahu listrik pada abad ke-21 adalah peningkatan teknologi baterai. Baterai lithium-ion menjadi pilihan utama karena keunggulannya dalam hal kepadatan energi, berat yang lebih ringan, dan waktu pengisian yang lebih cepat dibandingkan baterai asam timbal. Ini memungkinkan perahu listrik untuk memiliki jangkauan yang lebih luas dan performa yang lebih baik.

Dengan semakin meningkatnya kesadaran akan perubahan iklim dan polusi, permintaan untuk solusi transportasi yang ramah lingkungan meningkat. Perahu listrik, yang tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca, menjadi pilihan yang menarik bagi banyak konsumen dan industri. Regulasi lingkungan yang lebih ketat di berbagai negara juga mendorong adopsi perahu listrik.

Desain perahu listrik telah mengalami banyak inovasi untuk meningkatkan efisiensi dan performa. Perahu modern sering kali dirancang dengan material yang lebih ringan dan bentuk lambung yang lebih efisien untuk mengurangi hambatan air dan meningkatkan jangkauan. Selain itu, penggunaan teknologi canggih seperti sistem manajemen baterai (BMS) dan kontrol motor yang lebih baik telah meningkatkan keandalan dan efisiensi perahu listrik.

Salah satu tren menarik pada abad ke-21 adalah integrasi energi terbarukan, seperti panel surya, pada perahu listrik. Panel surya dapat dipasang pada dek perahu untuk mengisi baterai saat berlayar atau saat bersandar. Ini tidak hanya memperpanjang jangkauan operasi perahu, tetapi juga mengurangi ketergantungan pada infrastruktur pengisian daya.

Perahu listrik mulai digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi komersial dan rekreasi. Di sektor pariwisata, perahu wisata dan taksi air listrik menjadi semakin populer karena operasi yang tenang dan ramah lingkungan. Di sektor komersial, perahu listrik digunakan untuk angkutan penumpang di area perkotaan, logistik di pelabuhan, dan kegiatan perikanan.

Dengan meningkatnya jumlah perahu listrik, infrastruktur pengisian daya juga berkembang. Marina dan pelabuhan di berbagai negara mulai menyediakan fasilitas pengisian daya untuk perahu listrik. Selain itu, beberapa perusahaan mengembangkan stasiun pengisian daya terapung yang dapat ditempatkan di lokasi yang strategis di perairan.

Beberapa perusahaan telah menjadi pemimpin dalam industri perahu listrik pada abad ke-21. Misalnya, Torqeedo dari Jerman dikenal dengan motor listrik inovatif mereka yang digunakan pada berbagai jenis perahu. Tesla juga mengembangkan baterai untuk aplikasi maritim. Selain itu, sejumlah start-up dan perusahaan mapan terus berinovasi dalam desain dan teknologi perahu listrik (Brown dan Anderson, 2021: 45—59).

Meskipun mengalami banyak kemajuan, perahu listrik masih menghadapi beberapa tantangan. Biaya awal yang tinggi untuk pembelian dan instalasi baterai serta motor listrik merupakan salah satu hambatan utama. Selain itu, meskipun teknologi baterai terus berkembang, keterbatasan jangkauan dan waktu pengisian masih menjadi tantangan dalam beberapa aplikasi.

Pengertian Perahu Listrik

Perahu listrik adalah alat transportasi yang dirancang menggunakan energi listrik, sebuah inovasi yang menjanjikan dalam upaya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Inovasi ini sangat relevan di era saat ini, di mana isu-isu lingkungan semakin mendesak dan kesadaran akan pentingnya

kelestarian alam semakin meningkat. Perahu listrik tidak hanya mengandalkan baterai sebagai sumber energi utama, tetapi juga sering kali dilengkapi dengan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk menggantikan penggunaan bahan bakar minyak (BBM).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sebuah sistem yang digunakan untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *photovoltaic*. *Photovoltaic* sendiri merupakan fenomena fisika yang terjadi pada permukaan sel surya (solar cell) ketika menerima cahaya matahari. Pada dasarnya, PLTS memanfaatkan energi matahari yang melimpah untuk menghasilkan listrik secara efisien dan ramah lingkungan, menjadikannya salah satu solusi energi terbarukan yang paling menjanjikan di era modern ini.

Prinsip kerja PLTS dimulai ketika cahaya matahari mengenai permukaan sel surya. Sel surya ini terbuat dari bahan semikonduktor, biasanya silikon, yang memiliki kemampuan untuk menyerap foton dari cahaya matahari. Ketika foton mengenai permukaan sel surya, energi dari foton tersebut membebaskan elektron-elektron dalam bahan semikonduktor. Sistem energi listrik yang menggunakan PLTS ini menjadi sumber energi yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca atau polutan lainnya selama proses konversi energi (Nurjaman dkk, 2022: 137).

Sistem PLTS pada perahu listrik bekerja dengan memanfaatkan panel surya yang dipasang pada bagian atas perahu untuk menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Energi listrik ini kemudian disimpan dalam baterai yang dapat digunakan untuk menggerakkan motor listrik perahu. Dengan adanya PLTS, perahu listrik dapat beroperasi lebih lama tanpa perlu sering mengisi ulang baterai, terutama ketika beroperasi di daerah yang mendapatkan banyak sinar matahari.

Hal ini sangat menguntungkan, mengingat banyaknya perairan di daerah tropis yang mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun. Dengan demikian, perahu listrik mampu beroperasi secara efisien dan

berkelanjutan, serta memberikan solusi yang praktis dan ekonomis dalam jangka panjang. Mesin pembakaran internal yang biasanya digunakan pada perahu konvensional menghasilkan emisi gas yang berkontribusi pada perubahan iklim dan pencemaran udara. Sebaliknya, perahu listrik dengan PLTS tidak menghasilkan emisi selama pengoperasiannya, sehingga membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Penggunaan perahu listrik ini juga mendukung upaya global untuk mengurangi jejak karbon dan memitigasi pemanasan global. Dengan semakin meningkatnya kesadaran akan perubahan iklim, perahu listrik dengan PLTS menjadi solusi yang sangat relevan dan penting. Selain itu, penggunaan energi terbarukan seperti tenaga surya pada perahu listrik juga mengurangi ketergantungan pada sumber energi yang tidak terbarukan. Bahan bakar fosil seperti minyak bumi tidak hanya terbatas jumlahnya, tetapi juga memiliki dampak lingkungan yang merugikan ketika dieksplorasi dan digunakan.

Keunggulan Perahu Listrik

Perahu listrik memiliki berbagai keunggulan yang membuatnya menjadi pilihan yang semakin menarik dalam dunia transportasi air modern. Salah satu keunggulan utamanya adalah keberlanjutannya. Selain itu, perahu listrik juga dikenal dengan efisiensinya yang tinggi. Motor listrik memiliki efisiensi konversi energi yang lebih baik dibandingkan mesin pembakaran internal, yang berarti energi yang disimpan dalam baterai dapat digunakan lebih efektif untuk menggerakkan perahu, memungkinkan jangkauan yang lebih jauh dengan biaya operasional yang lebih rendah. Adapun beberapa keunggulan dari perahu listrik sebagai berikut:

1. Ramah Lingkungan

Perahu listrik merupakan salah satu inovasi yang signifikan dalam upaya mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan yang disebabkan oleh transportasi air. Salah satu keunggulan utama dari perahu listrik adalah kemampuannya untuk beroperasi tanpa menghasilkan emisi gas buang yang berbahaya bagi lingkungan. Berbeda dengan perahu

yang menggunakan mesin pembakaran internal yang membakar bahan bakar fosil, perahu listrik menggunakan motor listrik yang ditenagai oleh baterai.

Dengan tidak adanya proses pembakaran, perahu listrik tidak mengeluarkan gas-gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), dan hidrokarbon (HC). Gas karbon monoksida (CO) merupakan gas yang tidak memiliki warna dan bau, namun sangat berbahaya apabila terhirup dalam jumlah besar. Ketika gas CO masuk ke dalam tubuh, ia dapat mengikat hemoglobin dalam darah, mengganggu kemampuan darah untuk mengangkut oksigen ke seluruh tubuh, yang dapat menyebabkan keracunan dan berujung pada kematian jika tidak segera ditangani. Emisi karbon monoksida dari perahu konvensional dapat berkontribusi pada penurunan kualitas udara, terutama di daerah pelabuhan atau perairan yang sering digunakan (Rizaldi dkk. 2022: 254).

Nitrogen oksida (NO_x) adalah sekelompok gas yang juga dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil. NO_x juga bertanggung jawab atas masalah lingkungan dengan skala yang lebih besar, seperti pemanasan global, karena sifatnya yang mudah berpindah jauh dari sumber asalnya terbawa oleh angin. NO_x tidak hanya berkontribusi pada polusi udara, tetapi juga dapat menyebabkan pembentukan ozon troposferik atau ozon permukaan tanah. Ozon troposferik adalah komponen utama dari kabut asap fotokimia yang dapat mengiritasi saluran pernapasan, mengurangi fungsi paru-paru, dan memperburuk penyakit pernapasan seperti asma dan bronkitis (Tanti dkk, 2019: 92).

Sedangkan Hidrokarbon (HC) adalah senyawa organik yang terdiri dari hidrogen dan karbon. Ketika dilepaskan ke atmosfer, beberapa jenis hidrokarbon dapat bereaksi dengan NO_x di bawah sinar matahari untuk membentuk ozon troposferik. Selain itu, hidrokarbon tertentu, seperti benzena, dikenal sebagai karsinogen dan dapat berkontribusi pada risiko kanker jika terpapar dalam

jangka panjang. Oleh karena itu, pengendalian emisi hidrokarbon sangat penting tidak hanya untuk menjaga kualitas udara, tetapi juga untuk melindungi kesehatan manusia dan lingkungan dari efek jangka panjang yang merugikan.

Dengan tidak menghasilkan emisi-emisi tersebut, perahu listrik secara langsung membantu mengurangi polusi udara. Udara yang lebih bersih berarti kualitas hidup yang lebih baik bagi penduduk di sekitar perairan dan ekosistem yang lebih sehat. Perahu listrik juga tidak menghasilkan emisi yang dapat mencemari air, seperti tumpahan bahan bakar atau oli. Tumpahan bahan bakar dari perahu konvensional dapat memiliki efek merusak yang signifikan pada ekosistem air, membahayakan flora dan fauna, dan mengganggu rantai makanan akuatik.

2. Efisiensi Energi

Motor listrik memiliki keunggulan efisiensi yang signifikan dibandingkan dengan mesin pembakaran internal, terutama dalam hal konversi energi menjadi gerakan. Pada dasarnya, efisiensi motor listrik dapat mencapai hingga 90%, sedangkan mesin pembakaran internal hanya mampu mencapai efisiensi sekitar 30-40%. Efisiensi yang lebih tinggi ini berarti bahwa perahu listrik dapat memanfaatkan energi yang tersedia dengan lebih baik, memungkinkan mereka untuk berjalan lebih lama dengan jumlah energi yang sama.

Perbedaan dalam efisiensi ini disebabkan oleh beberapa faktor teknis. Motor listrik menggunakan energi listrik untuk menghasilkan medan magnet yang menggerakkan rotor, proses ini jauh lebih sederhana dan langsung dibandingkan dengan proses pembakaran bahan bakar fosil dalam mesin internal. Dalam mesin pembakaran internal, energi kimia dari bahan bakar harus diubah menjadi energi panas melalui pembakaran, kemudian energi panas ini diubah menjadi energi mekanik melalui serangkaian proses mekanis yang melibatkan banyak bagian bergerak.

Keunggulan efisiensi motor listrik tidak hanya berdampak pada durasi operasi perahu listrik, tetapi juga pada biaya operasional dan pemeliharaan. Karena perahu listrik dapat beroperasi lebih lama dengan satu kali pengisian daya, penggunaannya menjadi lebih ekonomis dalam jangka panjang. Biaya pengisian daya listrik umumnya lebih rendah dibandingkan dengan biaya bahan bakar fosil, terutama jika sumber energi terbarukan digunakan untuk mengisi ulang baterai. Selain itu, dengan lebih sedikit komponen yang bergerak dan tidak adanya proses pembakaran yang kompleks, motor listrik memerlukan perawatan yang lebih sedikit dan lebih murah dibandingkan dengan mesin pembakaran internal.

Selain keuntungan ekonomi, efisiensi tinggi dari motor listrik juga memiliki dampak positif terhadap lingkungan. Dengan memaksimalkan penggunaan energi yang tersedia, perahu listrik menghasilkan lebih sedikit limbah energi dalam bentuk panas yang terbuang, yang berarti lebih sedikit sumber daya yang diperlukan untuk menggerakkan perahu. Penggunaan energi yang lebih efisien ini juga berarti bahwa perahu listrik memiliki jejak karbon yang lebih rendah dibandingkan dengan perahu berbahan bakar fosil. Dalam konteks global yang semakin peduli terhadap perubahan iklim dan pengurangan emisi gas rumah kaca, perahu listrik menawarkan solusi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

3. Operasi yang Tenang

Perahu listrik beroperasi dengan sangat tenang karena tidak melibatkan proses pembakaran di dalam mesinnya. Berbeda dengan perahu yang menggunakan mesin pembakaran internal yang memproduksi suara bising akibat pembakaran bahan bakar dan pergerakan komponen mekanis, motor listrik pada perahu listrik bekerja dengan prinsip elektromagnetik yang hampir tanpa suara. Proses ini hanya melibatkan gerakan rotor di dalam stator yang berfungsi untuk menghasilkan daya dorong tanpa menghasilkan kebisingan yang signifikan.

Keuntungan dari operasi yang tenang ini tidak hanya dirasakan oleh manusia tetapi juga memiliki dampak positif yang signifikan terhadap lingkungan laut. Polusi suara merupakan masalah serius di lingkungan perairan, di mana suara yang dihasilkan oleh mesin kapal dan perahu dapat mengganggu komunikasi dan navigasi spesies laut, terutama mamalia laut seperti paus dan lumba-lumba. Banyak spesies laut, khususnya yang bergantung pada echolocation dan komunikasi akustik untuk berburu, berinteraksi sosial, dan bernavigasi, sangat terpengaruh oleh kebisingan yang tinggi. Gangguan dari suara mesin dapat menyebabkan stres pada hewan-hewan ini, mengganggu pola migrasi mereka, dan bahkan menyebabkan gangguan pada proses reproduksi.

Dengan beroperasi secara hampir senyap, perahu listrik membantu mengurangi tingkat polusi suara di perairan. Ini memberikan keuntungan besar bagi ekosistem laut dengan memungkinkan hewan-hewan laut beroperasi dalam kondisi yang lebih mendekati kondisi alami mereka. Ketika kebisingan dari mesin perahu berkurang, hewan laut dapat berkomunikasi dengan lebih efektif, berburu dengan lebih baik, dan melakukan aktivitas lainnya tanpa gangguan yang merugikan. Sebagai hasilnya, ini mendukung kesehatan dan kesejahteraan ekosistem laut secara keseluruhan, yang pada gilirannya berkontribusi pada keberlanjutan biodiversitas laut.

Di sisi lain, pengalaman berlayar yang lebih tenang juga meningkatkan kenyamanan penumpang. Tanpa adanya suara bising dari mesin, penumpang dapat menikmati suasana tenang di atas perahu, serta berkomunikasi dan bersantai dengan lebih nyaman. Ini sangat bermanfaat dalam kegiatan rekreasi seperti berlayar, memancing, atau wisata perairan, di mana ketenangan dan kenyamanan menjadi salah satu aspek penting dari pengalaman tersebut.

4. Biaya Operasional Rendah

Biaya operasional perahu listrik umumnya lebih rendah dibandingkan dengan perahu berbahan bakar fosil, dan keuntungan ini tercermin dalam dua aspek utama: pengisian daya listrik dan biaya perawatan. Salah satu faktor utama yang berkontribusi pada penghematan biaya operasional adalah harga pengisian daya listrik yang cenderung jauh lebih murah dibandingkan dengan biaya bahan bakar fosil. Sebagai contoh, energi listrik yang digunakan untuk mengisi baterai perahu listrik dapat diperoleh dengan biaya yang lebih rendah daripada membeli bensin atau diesel (Diah dan Dewantara, 2020: 18).

Selain itu, biaya pengisian daya listrik dapat dipengaruhi oleh tarif listrik yang bervariasi, tetapi umumnya tetap lebih ekonomis dibandingkan dengan harga bahan bakar fosil yang fluktuatif dan seringkali lebih mahal. Selain aspek pengisian daya, biaya perawatan perahu listrik juga lebih rendah dibandingkan dengan perahu berbahan bakar fosil. Motor listrik dirancang dengan jauh lebih sedikit komponen yang bergerak dibandingkan dengan mesin pembakaran internal. Mesin pembakaran internal memiliki banyak komponen mekanis yang bergerak, seperti piston, silinder, dan katup, yang memerlukan perawatan rutin seperti penggantian oli, filter udara, dan busi.

Semua perawatan ini memerlukan biaya tambahan serta waktu untuk melakukan servis. Sebaliknya, motor listrik bekerja dengan prinsip elektromagnetik yang sederhana, dengan sedikit bagian yang bergerak dan tidak memerlukan penggantian oli atau perawatan intensif lainnya. Dengan komponen yang lebih sedikit dan lebih sederhana, motor listrik mengurangi risiko kerusakan dan kebutuhan akan perbaikan, sehingga menghemat biaya pemeliharaan.

Efisiensi tinggi dari motor listrik juga berkontribusi pada penghematan biaya operasional. Motor listrik dapat mengkonversi energi dari baterai menjadi gerakan dengan efisiensi yang sangat tinggi, sehingga energi yang digunakan lebih efektif dalam menggerakkan

BAB II

Jenis-Jenis Motor Listrik Pada Perahu

Dalam era modern ini, teknologi perahu listrik semakin berkembang pesat sebagai alternatif ramah lingkungan untuk perahu yang menggunakan mesin pembakaran dalam. Motor listrik memainkan peran penting dalam sistem penggerak perahu listrik, mengubah energi listrik menjadi energi mekanis yang dibutuhkan untuk memproduksi dorongan dan menggerakkan perahu. Pemilihan jenis motor listrik yang tepat sangat penting untuk memastikan efisiensi, kinerja, dan daya tahan perahu listrik.

Motor listrik untuk perahu dapat dikategorikan dalam beberapa jenis berdasarkan prinsip kerja, konfigurasi, dan aplikasinya. Setiap jenis motor memiliki karakteristik unik yang mempengaruhi performa perahu, termasuk efisiensi energi, daya output, dan kebutuhan perawatan. Dalam konteks ini, penting untuk memahami berbagai jenis motor listrik yang tersedia dan bagaimana mereka mempengaruhi operasi perahu listrik secara keseluruhan.



Motor Induksi

Motor induksi adalah jenis motor listrik yang dirancang untuk bekerja dengan arus bolak-balik (AC) dan memanfaatkan prinsip arus induksi untuk menghasilkan gerakan rotasi. Salah satu fitur khas dari motor induksi adalah perbedaan kecepatan antara rotor dan medan putar yang dihasilkan oleh stator, yang dikenal sebagai slip. Pada dasarnya, motor induksi terdiri dari dua komponen utama: stator dan rotor. Ketika medan magnet berputar dari stator melintasi rotor, arus induksi terbentuk di dalam rotor. Arus ini kemudian menciptakan medan magnet di rotor, yang berinteraksi dengan medan magnet stator untuk menghasilkan gaya elektromagnetik yang memutar rotor (Sarjono, 2020: 8).

Menurut B. K. Bose (2002), motor induksi merupakan salah satu jenis motor listrik yang paling banyak digunakan dalam industri. Bose menjelaskan bahwa motor ini beroperasi berdasarkan prinsip arus induksi yang dihasilkan oleh medan magnet stator yang berputar. Rotor motor induksi tidak berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan magnet stator, menghasilkan slip yang penting untuk pengoperasian motor. Slip ini memungkinkan adanya arus induksi di rotor dan menghasilkan gaya yang memutar rotor. Motor induksi dikenal karena efisiensinya yang baik dan kemampuannya untuk beroperasi dalam berbagai kondisi beban.

Sedangkan menurut K. K. Singh (2006), motor induksi adalah motor listrik yang memanfaatkan prinsip dasar arus induksi elektromagnetik. Singh menyebutkan bahwa motor ini memiliki dua bagian utama: stator yang menghasilkan medan magnet berputar dan rotor yang mengalami arus induksi akibat interaksi dengan medan magnet stator. Perbedaan kecepatan antara rotor dan medan magnet stator, yang disebut slip, adalah faktor kunci dalam operasi motor ini. Slip memungkinkan motor untuk menghasilkan torsi dan beroperasi dengan efisiensi yang bervariasi tergantung pada beban yang diterima

Dari beberapa definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa motor induksi adalah jenis motor listrik terdiri dari dua komponen utama, yaitu stator dan rotor, dan memiliki kelebihan meliputi keandalan, daya tahan,

dan biaya operasional yang rendah, sementara kekurangan utamanya termasuk kesulitan dalam pengaturan kecepatan dan dampak slip terhadap efisiensi. Motor induksi, dengan desain sederhana dan perawatan yang minimal, telah menjadi pilihan utama dalam berbagai aplikasi industri dan komersial karena efisiensi dan kemudahan penggunaannya.

Motor Induksi 1 Fasa & 3 Fasa Pole pada Motor

Motor induksi sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, baik di industri maupun di rumah tangga, karena keandalan dan efisiensinya yang tinggi. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi tiga fasa dan motor induksi satu fasa. Sedangkan konsep pole pada motor induksi merujuk pada jumlah pasangan kutub magnet yang dihasilkan oleh kumparan stator dan mempengaruhi kecepatan sinkron medan magnet serta karakteristik torsi motor (Sarjono, 2020: 1).

Untuk menghasilkan medan elektromagnetik dalam sebuah motor listrik, kumparan kawat penghantar di dalamnya dirancang sedemikian rupa agar saat dialiri arus listrik, ia dapat menghasilkan tenaga magnet yang cukup untuk menggerakkan rotor atau poros motor. Proses ini mengandalkan prinsip elektromagnetik, di mana aliran arus melalui kawat penghantar menciptakan medan magnet yang berinteraksi dengan rotor, menghasilkan tenaga gerak atau putar. Kumparan kawat penghantar ini dibentuk untuk menciptakan kutub magnet yang memiliki jumlah variatif pada setiap kumparan motor listrik.

Jumlah kutub magnet ini secara langsung mempengaruhi kecepatan rotor motor dalam satuan menit, yang dikenal dengan istilah RPM (*Rotation per Minute*). Semakin banyak jumlah kutub magnet pada kumparan, semakin rendah kecepatan putaran rotor karena kutub magnet yang harus dilalui dalam satu putaran penuh (360 derajat) bertambah. Sebaliknya, jika jumlah kutub magnet lebih sedikit, maka kecepatan putaran motor akan meningkat karena rotor hanya harus melewati sedikit kutub magnet dalam satu putaran. Adapun rumus untuk menghitung RPM sebagai berikut:

$$RPM = \frac{f \times 120}{p}$$

Dimana:

RPM: *Rotation Per Minute* (Jumlah putaran dalam satu menit)

F: Frekuensi (Hz)

P: Pole (Jumlah Kutub)

Dalam motor listrik, terdapat 3 jenis kutub atau pole, yang terdiri dari 2 pole, 4 pole, dan 6 pole. Jenis- jenis pole ini mempengaruhi kecepatan putaran motor. Adapun jenis-jenis dari pole pada motor listrik sebagai berikut:

1. Motor 2 Pole

Motor dengan dua Pole magnet memiliki dua pasang kutub magnet di dalam kumparan stator. Motor ini dirancang untuk beroperasi pada kecepatan yang lebih tinggi. Pada frekuensi standar 50 Hz, motor 2 kutub umumnya berputar pada kecepatan sekitar 3000 RPM (*Rotation per Minute*). Motor ini cocok untuk aplikasi yang memerlukan kecepatan tinggi dan torsi relatif rendah. Adapun rumus untuk menghitung RPM pada motor listrik 2 pole tersebut, adalah:

$$\begin{aligned} RPM &= \frac{f \times 120}{p} \\ RPM &= \frac{50 \text{ Hz} \times 120}{2} \\ RPM &= \frac{6000}{2} \\ RPM &= 3000 \end{aligned}$$

Jenis ini sering digunakan dalam berbagai peralatan rumah tangga, seperti kipas angin, pompa, dan alat-alat kecil lainnya, yang memerlukan kecepatan tinggi namun dengan torsi yang tidak terlalu besar. Keunggulan motor ini terletak pada kemampuannya untuk beroperasi pada kecepatan putaran yang tinggi, membuatnya ideal untuk aplikasi yang membutuhkan penggerak cepat tanpa memerlukan daya dorong yang besar.

2. Motor 4 Pole

Motor dengan empat pole magnet memiliki empat pasang kutub magnet di kumparan stator. Motor ini beroperasi pada kecepatan yang lebih rendah dibandingkan dengan motor 2 kutub. Pada frekuensi 50 Hz, motor 4 kutub biasanya memiliki kecepatan putaran sekitar 1500 RPM. Motor ini memberikan keseimbangan antara kecepatan dan torsi. Adapun rumus untuk menghitung RPM pada motor listrik 4 pole tersebut, adalah:

$$\begin{aligned} \text{RPM} &= \frac{f \times 120}{p} \\ \text{RPM} &= \frac{50 \text{ Hz} \times 120}{4} \\ \text{RPM} &= \frac{6000}{4} \\ \text{RPM} &= 1500 \end{aligned}$$

Motor ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi industri yang memerlukan keseimbangan optimal antara kecepatan dan torsi, seperti pada kompresor, mesin penggerak industri, dan alat berat. Dalam aplikasi kompresor, motor ini menyediakan kecepatan yang memadai untuk mengoperasikan kompresi gas atau udara secara efisien, sementara torsi yang seimbang memastikan bahwa kompresor dapat berfungsi dengan stabil dan efektif.

3. Motor 6 Pole

Motor dengan enam kutub magnet memiliki enam pasang kutub magnet di kumparan stator. Motor ini dirancang untuk beroperasi pada kecepatan yang lebih rendah. Pada frekuensi 50 Hz, motor 6 kutub umumnya berputar pada kecepatan sekitar 1000 RPM. Motor ini lebih cocok untuk aplikasi yang memerlukan torsi tinggi dengan kecepatan rendah. Adapun rumus untuk menghitung RPM pada motor listrik 6 pole tersebut, adalah:

$$\begin{aligned} \text{RPM} &= \frac{f \times 120}{p} \\ \text{RPM} &= \frac{50 \text{ Hz} \times 120}{6} \\ \text{RPM} &= \frac{6000}{6} \\ \text{RPM} &= 1000 \end{aligned}$$

Motor ini sering digunakan dalam peralatan yang memerlukan torsi besar pada kecepatan rendah, seperti mesin penggerak berat dan konveyor industri, karena kemampuannya untuk menghasilkan tenaga dorong yang kuat pada kecepatan operasi yang relatif lambat. Dalam aplikasi mesin penggerak berat, motor ini memberikan daya yang cukup untuk menangani beban besar dan berat yang harus diangkat atau dipindahkan, sambil memastikan bahwa mesin beroperasi dengan efisiensi maksimal tanpa memerlukan kecepatan tinggi.

Ketika frekuensi listrik yang digunakan dalam motor listrik tidak mencapai 50 Hz atau jika frekuensi yang diterapkan adalah 60 Hz, kecepatan putaran motor atau RPM akan mengalami perubahan yang signifikan. Pada frekuensi yang lebih tinggi, seperti 60 Hz, motor akan mengalami peningkatan kecepatan putaran, menghasilkan RPM yang lebih besar dibandingkan dengan frekuensi standar 50 Hz. Hal ini terjadi karena frekuensi yang lebih tinggi menyebabkan medan magnet bergetar lebih cepat, mendorong rotor motor dengan lebih intens, dan akibatnya mempercepat putarannya.

Sebaliknya, jika frekuensi yang digunakan lebih rendah dari 50 Hz, misalnya 40 Hz, motor akan berputar dengan kecepatan yang lebih rendah, sehingga RPM yang dihasilkan juga menurun. Fenomena ini menggambarkan hubungan langsung antara frekuensi listrik dan kecepatan putaran motor, di mana semakin tinggi frekuensi, semakin besar RPM-nya, dan sebaliknya, semakin rendah frekuensi, semakin kecil RPM motor.

Jumlah pole ini menentukan kecepatan putaran medan magnet berputar dan, secara langsung, kecepatan putaran rotor, yang penting untuk mencocokkan motor dengan aplikasi tertentu dan mencapai performa optimal. Kombinasi dari desain motor induksi ini, baik satu fasa maupun tiga fasa, serta konsep pole, memungkinkan motor induksi untuk memenuhi berbagai kebutuhan aplikasi dengan efisiensi dan keandalan yang tinggi. Adapun klasifikasi motor induksi sebagai berikut:

1. Motor Induksi Satu Fasa

Motor induksi satu fasa adalah motor yang dirancang untuk beroperasi pada sumber daya listrik satu fasa. Motor ini memiliki desain yang khas dengan satu gulungan stator yang menghasilkan medan magnet berputar saat arus AC satu fasa mengalir melaluinya. Rotor motor induksi satu fasa biasanya menggunakan desain sangkar tupai, yang merupakan konfigurasi rotor yang umum karena kesederhanaannya dan daya tahan yang baik.



Gambar 1 Motor Induksi 1 fasa

Namun, untuk memulai operasi motor induksi satu fasa, diperlukan alat tambahan seperti saklar atau kondensator bantu, yang berfungsi untuk memberikan dorongan awal pada motor. Alat ini penting karena motor induksi satu fasa tidak dapat memulai putaran sendiri secara efektif tanpa bantuan perangkat tersebut. Kondensator, misalnya, digunakan untuk menciptakan medan magnet yang memadai pada saat start-up, memastikan bahwa motor dapat berfungsi dengan baik setelah dinyalakan (Nuari, 2018: 60).

Motor induksi satu fasa banyak digunakan dalam aplikasi dengan kebutuhan daya rendah, seperti peralatan rumah tangga, karena kapasitasnya yang relatif kecil, berkisar antara 3 hingga 4 daya kuda (Hp). Dalam konteks ini, motor ini sangat cocok untuk penggunaan dalam peralatan seperti pompa air kecil, kipas angin, dan peralatan lain yang memerlukan motor dengan daya rendah namun tetap efisien. Desain yang sederhana dan biaya operasional yang

BAB III

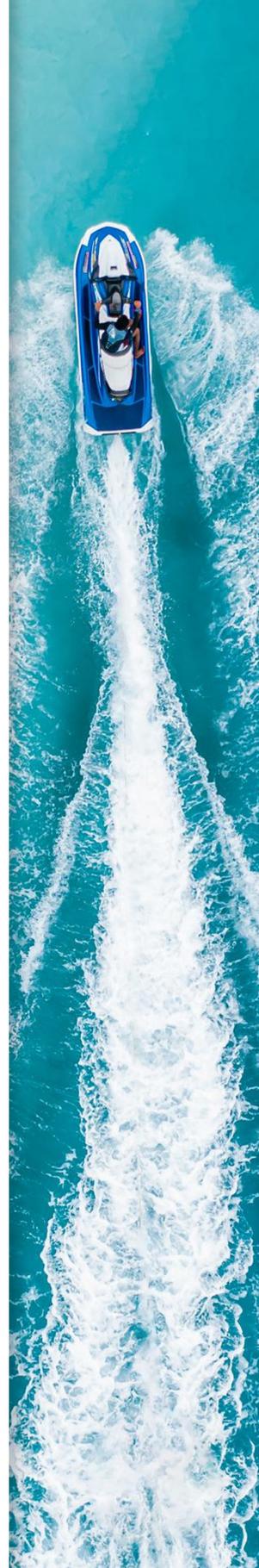
Motor AC 3 Phase

Motor induksi tiga fasa adalah alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dimana listrik yang diubah adalah listrik tiga fasa. Motor induksi sering juga disebut motor asinkron (Nurchahyo, 2017). Motor induksi 3 fasa banyak digunakan untuk menggerakkan peralatan – peralatan di industri. Hal ini karena motor induksi 3 fasa memiliki konstruksi yang sederhana, harga yang lebih murah dan mudah dalam perawatannya.

Pada dasarnya, motor induksi 3 fasa memiliki kecepatan yang konstan saat keadaan tidak berbeban (*zero/no-load*) maupun beban penuh (*full-load*). Kecepatan motor induksi 3 fasa tergantung pada frekuensi kerjanya sehingga sulit untuk mengatur kecepatannya. Meskipun begitu, peralatan pengatur frekuensi (*variable frequency electronic drive*) semakin banyak digunakan untuk mengatur kecepatan motor induksi (Putri dkk., 2009).

Konstruksi Motor Induksi 3 Fasa

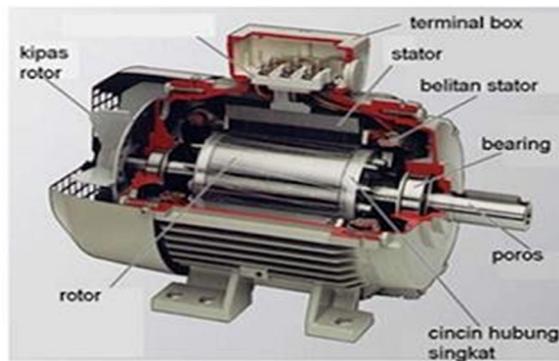
Konstruksi adalah proses perencanaan, desain, dan pembangunan infrastruktur atau bangunan fisik, yang



mencakup semua tahapan dari konsep awal hingga realisasi akhir. Dimulai dengan perencanaan untuk menentukan kebutuhan dan spesifikasi teknis, dilanjutkan dengan desain yang mengembangkan rencana mendetail, dan akhirnya pembangunan yang mewujudkan rencana tersebut menjadi struktur fisik. Istilah konstruksi juga merujuk pada struktur atau susunan yang dihasilkan dari proses ini, seperti gedung, jembatan, atau jalan, yang berfungsi sebagai fondasi bagi aktivitas manusia dan meningkatkan kualitas hidup.

Konstruksi motor induksi tiga fase adalah proses kompleks yang melibatkan perancangan dan pemasangan berbagai komponen untuk menciptakan motor listrik yang efisien dan andal. Setiap elemen-elemen yang ada di motor ini dirancang dan dipasang dengan presisi tinggi untuk memastikan bahwa motor induksi tiga fase berfungsi secara optimal, memberikan efisiensi tinggi dan keandalan dalam berbagai aplikasi industri.

Gambar 1.1 merupakan gambar dari konstruksi motor 3 phase yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2 Konstruksi Motor Induksi 3 Phase

Dari gambar 1 konstruksi motor induksi secara detail terdiri atas dua bagian, yaitu bagian stator dan bagian rotor. Stator adalah bagian motor yang diam dan terdiri atas badan motor, inti stator, belitan stator, bearing dan terminal box. Bagian rotor adalah bagian motor yang berputar dan

terdiri atas rotor sangkar, poros rotor. Pada motor induksi tidak ada bagian rotor yang bersentuhan dengan bagian stator. Stator dan rotor dipisahkan oleh air gap.

Motor induksi memiliki konstruksi yang lebih sederhana dibandingkan dengan motor DC karena tidak memerlukan komutator dan sikat arang, yang sering menjadi sumber masalah pada motor DC. Tanpa komutator dan sikat arang, pemeliharaan motor induksi menjadi lebih mudah dan hanya terbatas pada bagian mekanik saja, seperti bearing dan poros. Komponen-komponen ini membutuhkan pelumasan dan pengecekan berkala untuk memastikan kelancaran operasi, namun risiko kerusakan elektrik sangat minim.

Hal ini membuat motor induksi menjadi sangat handal dan memiliki umur operasi yang panjang. Selain itu, ketiadaan komutator dan sikat arang juga mengurangi kebisingan dan percikan listrik yang sering terjadi pada motor DC. Keandalan motor induksi dalam beroperasi secara efisien dan stabil, bahkan dalam kondisi beban yang bervariasi, menjadikannya pilihan utama dalam banyak aplikasi industri. Dengan perawatan yang sederhana dan risiko kerusakan elektrik yang rendah, motor induksi tidak hanya menawarkan kinerja yang konsisten tetapi juga efisiensi biaya dalam jangka panjang (Priahutam dkk, 2010).

Stator

Stator merupakan bagian motor listrik yang berfungsi sebagai stasioner dari sistem rotor, berperan krusial dalam operasi motor dengan menghasilkan medan magnet berputar yang diperlukan untuk menghasilkan gerakan mekanik. Biasanya, stator ditempatkan mengelilingi rotor, membentuk struktur inti dari motor induksi. Stator terdiri atas tumpukan laminasi inti yang memiliki alur yang menjadi tempat kumparan dililitkan yang berbentuk silindris.

Alur pada tumpukan laminasi inti motor induksi diisolasi dengan kertas untuk mencegah terjadinya arus *eddy* yang dapat mengurangi efisiensi motor dan meningkatkan kehilangan energi. Setiap elemen

lamina inti terdiri dari lembaran besi yang dirancang khusus untuk mengarahkan medan magnet dengan efisien. Lembar-lembar besi ini dilengkapi dengan alur dan lubang pengikat yang berfungsi untuk menyatukan dan menstabilkan inti motor. Kumputan-kumputan yang mengalirkan arus listrik diletakkan dalam alur-alur ini dan disebut sebagai belitan fasa.

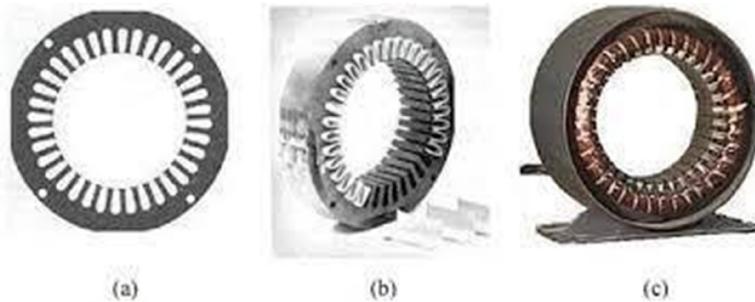
Pada motor induksi tiga fasa, belitan kumputan diatur sedemikian rupa sehingga terpisah secara listrik sebesar 120 derajat, suatu konfigurasi yang krusial untuk memastikan pembagian beban yang merata dan menghasilkan medan magnet berputar yang optimal. Penataan belitan ini memungkinkan arus listrik tiga fasa mengalir dalam pola yang saling terpisah, menciptakan medan magnet yang berputar dengan kecepatan konstan dan efektif di sekitar rotor. Medan magnet yang berputar ini memainkan peran penting dalam menghasilkan torsi yang diperlukan untuk memutar rotor, yang pada gilirannya memastikan bahwa motor beroperasi dengan efisiensi tinggi.

Dengan distribusi arus yang merata dan medan magnet yang teratur, motor dapat bekerja dengan kinerja yang stabil dan andal, mengurangi fluktuasi dan meningkatkan keandalan operasional dalam berbagai aplikasi industri. Konfigurasi belitan ini bukan hanya meningkatkan efisiensi motor tetapi juga memperpanjang umur pakai dan mengurangi kebutuhan perawatan, menjadikannya pilihan yang ideal untuk berbagai sistem penggerak yang memerlukan performa tinggi dan konsistensi.

Kawat kumputan yang digunakan dalam motor induksi tiga fasa umumnya terbuat dari tembaga berkualitas tinggi yang dilapis dengan isolasi tipis untuk memastikan transmisi arus listrik yang efisien dan mengurangi kemungkinan terjadinya korsleting atau kebocoran arus. Isolasi ini tidak hanya melindungi kawat dari kerusakan mekanis dan lingkungan eksternal, tetapi juga mengurangi kehilangan energi akibat arus eddy dan efek pemanasan. Setelah kawat kumputan dibungkus dan dipasang dalam alur-alur stator, tumpukan inti dan belitan stator

kemudian diletakkan dalam cangkang silindris yang berfungsi sebagai struktur pelindung dan pendukung (Riyanto & Sapriadi, 2018)

Cangkang ini, yang biasanya terbuat dari bahan logam yang kuat, memberikan kestabilan mekanis dan melindungi komponen internal dari debu, kotoran, serta kerusakan fisik. Penempatan stator dalam cangkang silindris juga berkontribusi pada pengaturan aliran udara dan pendinginan motor, memastikan bahwa motor dapat beroperasi pada suhu yang optimal dan efisien. Dengan desain ini, motor induksi tiga fasa dapat memberikan kinerja yang stabil, andal, dan tahan lama dalam berbagai aplikasi industri.



Gambar 3 Bentuk Stator Motor Induksi 3 Phase

Adapun penjelasan dari Gambar 2 dari bentuk stator motor induksi 3 phase sebagai berikut:

1. Elemen laminasi inti dari lembaran besi

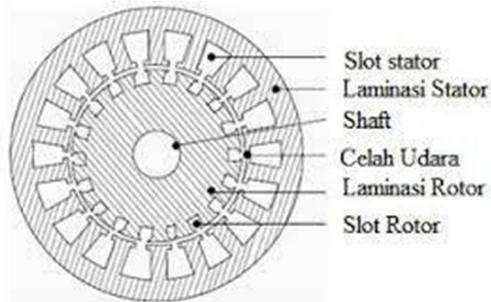
Gambar tersebut menunjukkan bahwa inti stator terbuat dari elemen laminasi yang terbuat dari lembaran besi. Lembaran besi ini disusun secara bertumpuk untuk membentuk inti, yang berfungsi untuk mengarahkan medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan stator. Penggunaan elemen laminasi ini mengurangi kerugian energi akibat arus eddy, yang dapat terjadi jika inti motor terbuat dari bahan logam yang solid. Dengan memanfaatkan lapisan-lapisan tipis besi yang dilaminasi, inti motor menjadi lebih efisien dalam memfokuskan medan magnet dan meningkatkan performa keseluruhan motor.

2. **Isolasi Alur Tumpukan Laminasi Inti dengan Kertas**
Setiap tumpukan laminasi inti diisolasi dengan kertas untuk mencegah terjadinya arus eddy dan mengurangi kehilangan energi. Isolasi ini tidak hanya melindungi lapisan besi dari kerusakan mekanis dan korosi tetapi juga meminimalkan interaksi yang tidak diinginkan antara lapisan-lapisan besi yang dapat mengganggu performa magnetik. Dengan cara ini, stator dapat menghasilkan medan magnet yang lebih bersih dan lebih terfokus, yang penting untuk efisiensi dan keandalan motor.
3. **Tumpukan Inti dan Belitan Stator dalam Cangkang Silindris**
Pada gambar tersebut juga memperlihatkan bahwa tumpukan inti beserta belitan stator diletakkan dalam cangkang silindris. Cangkang ini berfungsi sebagai pelindung dan pendukung struktural, melindungi komponen internal dari kerusakan eksternal serta debu dan kotoran. Cangkang silindris ini juga membantu dalam pengaturan aliran udara untuk pendinginan motor, memastikan bahwa motor dapat beroperasi pada suhu optimal. Penempatan ini menyatukan dan menstabilkan seluruh struktur motor, mendukung kinerja motor yang konsisten dan efisien dalam berbagai kondisi operasional.

Celah Udara (*Air Gap*)

Pada bagian internal motor induksi tiga phase, terdapat sebuah ruang kosong yang sangat penting di antara stator dan rotor, yang dikenal sebagai celah udara (*air gap*). Celah udara ini merupakan elemen krusial dalam desain motor karena berfungsi sebagai jalur aliran energi dari stator ke rotor. Ketika arus listrik mengalir melalui kumparan stator, ia menghasilkan medan magnet berputar yang bergerak melintasi celah udara. Medan magnet ini, yang dihasilkan oleh gaya gerak magnet (*magnetomotive force*), berinteraksi dengan rotor, menyebabkan rotor berputar sesuai dengan polaritas medan magnet. Tanpa adanya celah udara, proses induksi elektromagnetik yang menggerakkan rotor tidak dapat terjadi, dan motor tidak akan berfungsi dengan baik.

Jarak celah udara harus diatur sekecil mungkin untuk mengoptimalkan efisiensi motor. Semakin kecil celah udara, semakin besar gaya gerak magnet yang dapat dihasilkan, yang berarti motor dapat memproduksi torsi lebih besar dengan lebih efisien. Namun, pengaturan jarak celah udara juga harus diperhatikan agar tetap ideal, dengan mempertimbangkan perbedaan fisik antara stator dan rotor. Jika celah udara terlalu kecil, dapat menyebabkan gesekan yang tinggi dan potensi kerusakan mekanis, sedangkan celah yang terlalu besar dapat mengurangi efisiensi motor dan mengakibatkan kehilangan energi.



Gambar 4 Letak Celah Udara (Air Gap)

Selain itu, bentuk celah udara harus seragam di seluruh area untuk menghindari masalah seperti peningkatan noise dan vibrasi. Ketidakteraturan dalam bentuk celah udara dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam medan magnet yang dihasilkan, yang pada gilirannya dapat menyebabkan getaran berlebih dan suara yang tidak diinginkan selama operasi motor. Kualitas produksi yang tinggi dan pengawasan ketat selama pembuatan motor sangat penting untuk memastikan bahwa celah udara tetap konsisten dan sesuai dengan spesifikasi desain.

Meskipun celah udara ini sangat kecil, biasanya hanya beberapa milimeter, ia memiliki peran yang sangat penting dalam operasi motor. Adapun fungsi dan pentingnya celah udara dalam motor induksi sebagai berikut:

1. Penghasil Medan Magnet

Medan magnet terjadi karena adanya kutub-kutub magnet yang saling menarik atau menolak dengan gaya yang kuat, menghasilkan fenomena magnetik yang mendasari banyak aplikasi teknologi dan ilmiah. Medan magnet ini memiliki kemampuan unik untuk menembus berbagai penghalang, seperti genting, tembok bangunan, pepohonan, bahkan tubuh manusia, tanpa terhalang oleh material tersebut (Sari dan Prihandono, 2015: 164).

Celah udara memungkinkan interaksi antara medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan stator dan medan magnet yang diinduksi dalam rotor. Tanpa celah udara, medan magnet dari stator dan rotor tidak akan dapat saling berinteraksi dengan cara yang diperlukan untuk menghasilkan torsi. Medan magnet berputar yang dihasilkan oleh stator memotong rotor melalui celah udara, yang menginduksi arus dalam rotor dan menghasilkan torsi yang diperlukan untuk memutarinya.

2. Pengaruh pada Efisiensi Motor

Lebar celah udara mempengaruhi efisiensi motor secara signifikan. Celah yang lebih besar dapat mengurangi torsi karena medan magnet menjadi kurang efisien dalam memindahkan energi ke rotor. Sebaliknya, celah yang terlalu kecil meningkatkan gesekan, yang dapat menyulitkan operasi motor dan mempercepat keausan mekanis. Idealnya, celah udara yang kecil meningkatkan efisiensi energi dengan mengurangi kehilangan magnetik, tetapi jika terlalu kecil, dapat menimbulkan masalah mekanis dan mengurangi keandalan motor. Penetapan celah udara yang tepat sangat penting untuk keseimbangan antara efisiensi, torsi, dan keandalan motor.

3. Desain dan Pengaturan

Dalam desain motor induksi, celah udara harus direncanakan dengan cermat untuk mencapai keseimbangan optimal antara efisiensi dan daya tahan motor. Toleransi desain yang ketat diperlukan untuk memastikan bahwa celah udara tetap konsisten di seluruh

permukaan stator dan rotor, sehingga tidak mengganggu kinerja motor. Variasi dalam celah udara dapat menyebabkan ketidakstabilan, seperti fluktuasi torsi dan kecepatan, yang berdampak negatif pada performa motor secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemeliharaan dan perakitan yang akurat sangat penting untuk menjaga agar celah udara tetap dalam batas desain yang diinginkan, memastikan kinerja motor yang stabil dan efisien dalam jangka panjang.

4. Keseimbangan Termal

Celah udara dalam motor induksi memainkan peran penting dalam keseimbangan termal, yang mempengaruhi distribusi panas dan suhu operasional motor. Celah udara yang terlalu besar dapat mengurangi efisiensi termal motor karena medan magnet yang kurang efektif dalam mentransfer energi ke rotor, mengakibatkan penurunan kemampuan pendinginan dan efisiensi energi secara keseluruhan. Sebaliknya, celah udara yang terlalu kecil dapat menyebabkan peningkatan suhu yang tidak diinginkan, karena gesekan yang meningkat dan konduksi panas yang tidak memadai antara stator dan rotor.

Celah udara dalam motor induksi tiga fase berperan dalam menentukan kinerja dan efisiensi motor. Penentuan dan pemeliharaan celah udara yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa motor beroperasi dengan efisien, menghasilkan torsi yang optimal, dan memiliki umur pakai yang panjang. Desain yang hati-hati dan pengawasan ketat selama pembuatan dan perawatan motor dapat membantu dalam mempertahankan celah udara yang ideal, sehingga memastikan performa yang stabil dan andal dalam berbagai aplikasi industri.

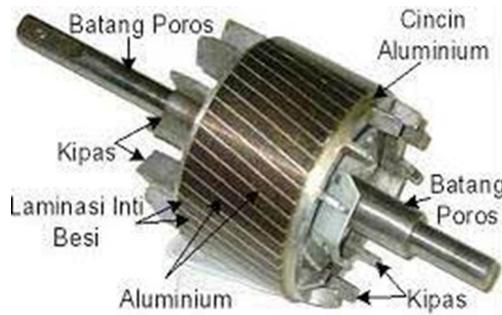
Dengan memastikan bahwa celah udara memiliki jarak yang tepat dan bentuk yang seragam, motor induksi tiga fasa dapat berfungsi dengan efisiensi tinggi, meminimalkan kerugian energi, dan meminimalkan masalah mekanis dan operasional. Desain dan perawatan yang cermat dari celah udara sangat penting untuk mencapai performa motor yang stabil dan andal, serta untuk memastikan bahwa motor dapat beroperasi dalam kondisi optimal selama masa pakainya.

Rotor

Rotor adalah bagian berputar dari motor listrik atau generator yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik atau sebaliknya. Dalam motor induksi, rotor berada di dalam stator dan berputar karena interaksi medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik yang mengalir melalui kumparan stator. Berdasarkan jenis rotor yang digunakan, motor induksi tiga fase dapat dibedakan menjadi dua jenis utama: rotor sangkar tupai (*squirrel cage rotor*) dan rotor belitan (*wound rotor*). Perbedaan antara kedua jenis rotor ini mempengaruhi karakteristik kinerja, aplikasi, dan perawatan motor (Fitzgerald dkk, 1997).

1. Rotor Sangkar Tupai (Squirrel Cage Rotor)

Rotor sangkar tupai adalah jenis rotor yang paling umum digunakan dalam motor induksi tiga fase. Inti dari rotor motor induksi tipe sangkar tupai terdiri dari lapisan-lapisan konduktor yang dipasang sejajar dengan poros rotor dan mengelilingi permukaan inti. Desain ini melibatkan susunan batang konduktor yang membentuk struktur seperti sangkar, di mana konduktor tidak terisolasi dari inti, melainkan terhubung langsung. Hal ini disebabkan oleh arus rotor yang secara alami mengalir menuju tahanan paling kecil, yaitu konduktor rotor itu sendiri.



Gambar 5 Rotor Sangkar Tupai

Pada setiap ujung rotor, semua konduktor rotor dihubungkan dengan cincin ujung, yang memungkinkan arus untuk mengalir

BAB IV

Kapasitor Pada Motor Induksi

Kapasitor pada motor induksi biasanya digunakan dalam konfigurasi motor induksi satu phase, di mana kapasitor berfungsi untuk menciptakan fase tambahan guna memastikan motor dapat beroperasi dengan lancar. Tanpa kapasitor, motor induksi satu phase tidak dapat memulai atau beroperasi dengan efisien karena ketidakmampuan untuk menghasilkan medan magnet yang cukup untuk memutar rotor pada kecepatan yang diinginkan.

Pengertian Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika fundamental yang memiliki kemampuan untuk menyimpan dan melepaskan energi dalam bentuk muatan listrik. Dalam kapasitor, energi disimpan secara fisik dalam bentuk muatan listrik yang terakumulasi di antara dua pelat konduktif yang dipisahkan oleh bahan dielektrik. Kapasitor berbeda dari accumulator dalam cara kerja dan aplikasinya. Sementara accumulator atau baterai menghasilkan energi melalui reaksi kimia yang berlangsung selama waktu yang lebih lama, kapasitor beroperasi berdasarkan prinsip elektrostatik.



Pada kapasitor, muatan listrik disimpan di antara dua pelat yang dipisahkan oleh bahan dielektrik yang tidak berubah secara kimiawi. Proses ini melibatkan pengumpulan dan pelepasan elektron tanpa reaksi kimia yang dapat mempengaruhi umur atau stabilitas kapasitor. Hal ini membuat kapasitor lebih cocok untuk aplikasi yang membutuhkan pengisian dan pengosongan energi dengan cepat, seperti dalam rangkaian elektronik untuk penyaring sinyal, stabilisasi tegangan, dan penyimpanan energi sementara (Jaelani dkk, 2015).

Besarnya kapasitansi dari sebuah kapasitor dinyatakan dalam satuan Farad (F), yang mengukur kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan listrik. Satuan Farad menggambarkan jumlah muatan yang dapat disimpan oleh kapasitor untuk setiap volt tegangan yang diterapkan. Kapasitansi yang lebih tinggi berarti kapasitor dapat menyimpan lebih banyak muatan listrik pada tegangan yang sama. Dalam praktiknya, kapasitansi kapasitor biasanya diukur dalam satuan mikrofard (μF), nanofard (nF), atau picofard (pF) tergantung pada aplikasi dan ukuran kapasitor. Kapasitansi yang tepat diperlukan untuk memastikan bahwa kapasitor dapat berfungsi dengan baik dalam berbagai aplikasi elektronika, mulai dari peralatan elektronik sehari-hari hingga sistem elektronik yang lebih kompleks.

Kapasitor (Kondensator) yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf "C" adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidak seimbangan internal dari muatan listrik. Kapasitor ditemukan oleh Michael Faraday (1791—1867). Satuan kapasitor disebut Farad (F). Satu Farad = $9 \times 10^{11} \text{ cm}^2$ yang artinya luas permukaan kepingan tersebut (Nuraini, 2022).

Fungsi Kapasitor

Kapasitor memiliki berbagai fungsi penting dalam pengaturan dan stabilisasi sinyal serta daya listrik. Fungsi utama kapasitor mencakup kemampuannya untuk menyimpan dan melepaskan energi, menjadikannya

elemen kunci dalam desain sirkuit elektronik. Dalam rangkaian listrik, kapasitor berperan sebagai kopling antara rangkaian yang berbeda, memungkinkan transmisi sinyal tanpa mentransfer arus DC yang tidak diinginkan. Adapun fungsi-fungsi kapasitor secara rinci dalam suatu rangkaian sebagai berikut:

1. Sebagai Kopling antara Rangkaian yang Satu dengan Rangkaian yang Lain (pada PS)

Kapasitor digunakan sebagai kopling untuk menghubungkan dua rangkaian yang berbeda tanpa memungkinkan arus DC mengalir di antara mereka. Hal ini penting dalam sirkuit amplifier dan penguat, di mana kapasitor mengizinkan sinyal AC untuk melewati sambil memblokir sinyal DC yang mungkin tidak diinginkan. Dengan cara ini, kapasitor menjaga integritas sinyal yang diteruskan dari satu bagian rangkaian ke bagian lainnya, memastikan bahwa sinyal tidak terdistorsi.

2. Sebagai Filter dalam Rangkaian Power Supply (PS)

Dalam sistem catu daya, kapasitor berfungsi sebagai filter untuk menghaluskan tegangan dan mengurangi riak (ripple) yang dihasilkan oleh proses penyearahan. Hal ini memastikan bahwa tegangan yang diterima oleh perangkat lebih stabil dan bebas dari fluktuasi yang dapat mempengaruhi kinerja dan umur komponen elektronik. Dengan menyaring komponen frekuensi tinggi dari sinyal DC, kapasitor membantu menjaga kestabilan tegangan output.

3. Sebagai Pembangkit Frekuensi dalam Rangkaian Antenna

Kapasitor digunakan dalam rangkaian antena untuk mengatur dan membangkitkan frekuensi tertentu. Dalam aplikasi radio dan komunikasi, kapasitor berfungsi sebagai bagian dari sirkuit tuning untuk menentukan frekuensi resonansi antena. Dengan menyesuaikan nilai kapasitor, frekuensi operasi antena dapat diubah sesuai dengan kebutuhan transmisi atau penerimaan sinyal yang diinginkan.

4. Untuk Menghemat Daya Listrik pada Lampu Neon
Pada lampu neon, kapasitor digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan menghemat daya listrik. Kapasitor membantu mengoreksi faktor daya dari sistem pencahayaan dengan mengurangi beban reaktif yang dihasilkan oleh lampu neon. Hal ini tidak hanya membantu mengurangi konsumsi daya tetapi juga meningkatkan umur lampu dan stabilitas penyalaan.
5. Menghilangkan *Bouncing* (Loncatan Api) Bila Dipasang pada Saklar
Kapasitor juga digunakan untuk menghilangkan efek bouncing atau loncatan api yang terjadi saat saklar dioperasikan. Ketika saklar dipindahkan, kontak internal dapat menyebabkan loncatan listrik yang dapat menghasilkan noise dan mengganggu sirkuit. Dengan memasang kapasitor pada saklar, loncatan api ini dapat diserap, menghasilkan operasi yang lebih halus dan mengurangi gangguan pada rangkaian listrik (Ichsan, 2023: 32).

Dengan berbagai fungsi tersebut, kapasitor tidak hanya berfungsi untuk menyimpan dan melepaskan energi secara efisien, tetapi juga berperan sebagai penghubung antara rangkaian yang berbeda tanpa mentransfer gangguan sinyal yang tidak diinginkan. Dalam sistem power supply, kapasitor berfungsi sebagai filter untuk menghaluskan tegangan dan mengurangi riak, menjaga kestabilan tegangan yang penting untuk operasi perangkat yang sensitif. Dengan kemampuannya untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi berbagai sistem, kapasitor menjadi komponen yang tak tergantikan dalam memastikan fungsi yang optimal dan stabil dari berbagai perangkat elektronik dan listrik.

Tipe Kapasitor

Kapasitor terdiri dari beberapa tipe yang berbeda, tergantung pada bahan dielektriknya, dan dapat dibagi secara umum menjadi tiga kategori utama: kapasitor elektrostatik, kapasitor elektrolitik, dan kapasitor elektrokimia. Adapun penjelasan lebih rinci mengenai tipe kapasitor sebagai berikut:

1. Kapasitor Elektrostatik

Kapasitor elektrostatik merupakan salah satu jenis kapasitor yang menggunakan bahan dielektrik seperti keramik, film, dan mika dalam konstruksinya. Kapasitor ini dikenal karena kesederhanaan dan efisiensinya dalam aplikasi yang memerlukan kapasitansi kecil dan kestabilan tinggi. Bahan dielektrik seperti keramik dan mika adalah pilihan populer dalam pembuatan kapasitor elektrostatik karena keduanya memiliki sifat dielektrik yang baik, serta biaya produksinya yang relatif rendah.



Gambar 7 Kapasitor *electrostatic*

Kapasitor dengan bahan dielektrik keramik dan mika umumnya tersedia dalam rentang kapasitansi dari picofarad (pF) hingga beberapa mikrofaraad (μF), menjadikannya ideal untuk aplikasi yang berhubungan dengan frekuensi tinggi. Di antara kelompok kapasitor elektrostatik, kapasitor film juga memainkan peran penting. Bahan dielektrik film meliputi polyester (polyethylene terephthalate, sering disebut dengan sebutan Mylar), polystyrene, polypropylene, polycarbonate, dan kertas metalisasi. Masing-masing bahan ini memiliki karakteristik yang membuatnya cocok untuk aplikasi tertentu.

Sebagai contoh, polyester, yang dikenal dengan merek dagang Mylar, adalah bahan dielektrik yang sering digunakan dalam kapasitor film karena kestabilannya yang baik dan kemampuan untuk mempertahankan kapasitansi dalam rentang suhu yang luas. Kapasitor film ini juga tersedia dalam berbagai bentuk, dan umumnya merupakan kapasitor non-polar, yang berarti tidak memiliki

polaritas yang mempengaruhi arah pemasangan dalam rangkaian. Ini menjadikannya fleksibel dan mudah digunakan dalam berbagai aplikasi tanpa memperhatikan arah pemasangan yang benar.

Beberapa merek dagang seperti Mylar, MKM, dan MKT merupakan contoh kapasitor dengan bahan dielektrik film. Merek-merek ini dikenal karena kualitas dan keandalan kapasitor yang mereka tawarkan, serta kemampuan mereka untuk bekerja dengan baik dalam aplikasi yang memerlukan presisi tinggi dan stabilitas jangka panjang. Kapasitor elektrostatis dengan bahan dielektrik film ini sering digunakan dalam rangkaian elektronik yang membutuhkan komponen dengan karakteristik kapasitansi yang stabil dan tidak terpengaruh oleh fluktuasi suhu atau frekuensi.

2. Kapasitor Elektrolitik

Kelompok kapasitor elektrolitik terdiri dari kapasitor yang menggunakan lapisan metal-oksida sebagai bahan dielektrik. Berbeda dengan kapasitor non-polar, kapasitor elektrolitik umumnya bersifat polar, yang dapat dikenali dari adanya tanda positif (+) dan negatif (-) pada badan kapasitor. Polaritas ini disebabkan oleh proses elektrolisis yang digunakan dalam pembuatan kapasitor, yang melibatkan pembentukan kutub positif (anoda) dan kutub negatif (katoda).

Proses ini memanfaatkan kemampuan beberapa logam seperti tantalum, aluminium, magnesium, titanium, niobium, zirconium, dan seng (*zinc*) untuk membentuk lapisan oksida pada permukaannya melalui proses elektrolisis. Dalam proses pembuatan kapasitor elektrolitik, elektroda logam dicelup ke dalam larutan elektrolit, seperti sodium borate, dan diberikan tegangan positif untuk anoda serta tegangan negatif untuk katoda. Selama proses ini, oksigen yang terlepas dari larutan elektrolit bereaksi dengan permukaan logam, membentuk lapisan oksida yang sangat tipis. Sebagai contoh, pada kapasitor aluminium, lapisan aluminium-oksida (Al_2O_3) terbentuk pada permukaan logam aluminium.

Lapisan oksida ini berfungsi sebagai dielektrik dalam kapasitor, dan tebalnya lapisan ini berbanding terbalik dengan kapasitansi; semakin tipis lapisan dielektrik, semakin besar kapasitansi kapasitor yang dapat dibuat. Kapasitor elektrolitik sering kali menggunakan bahan logam aluminium dan tantalum karena alasan ekonomis dan praktis. Aluminium, yang merupakan bahan yang paling banyak digunakan dan murah, sering digulung secara radial untuk meningkatkan luas permukaan dan memungkinkan pembuatan kapasitor dengan kapasitansi besar, seperti 100 μF , 470 μF , hingga 4700 μF .



Gambar 7.1 Kapasitor *electrolytic*

Kapasitor jenis ini sering dikenal dengan nama kapasitor elco. Di sisi lain, kapasitor tantalum menggunakan elektrolit padat seperti mangan-dioksida sebagai elektroda negatifnya. Hal ini memungkinkan kapasitor tantalum untuk memiliki kapasitansi besar dalam ukuran yang lebih kecil dan ramping, serta masa pakai yang lebih lama. Kapasitor tantalum juga memiliki arus bocor yang sangat kecil, menjadikannya pilihan yang mahal tetapi sangat efisien untuk aplikasi yang memerlukan kapasitor kecil dengan kapasitansi tinggi dan kestabilan jangka panjang.

3. Kapasitor Elektrokimia

Salah satu jenis kapasitor yang menarik adalah kapasitor elektrokimia, yang mencakup baterai dan accu. Meskipun baterai dan accu sering kali lebih dikenal sebagai sumber daya daripada kapasitor konvensional,

BAB V

Potensiometer

Di dunia penyedia daya, potensiometer berperan dalam pengaturan tegangan pada power supply, termasuk pada generator DC, membantu menyesuaikan output daya sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan sistem. Dengan kemampuannya untuk memberikan kontrol yang halus dan akurat, potensiometer menjadi komponen esensial dalam berbagai aplikasi elektronik, menawarkan fleksibilitas dan pengaturan yang diperlukan dalam desain perangkat modern.

Pengertian Potensiometer

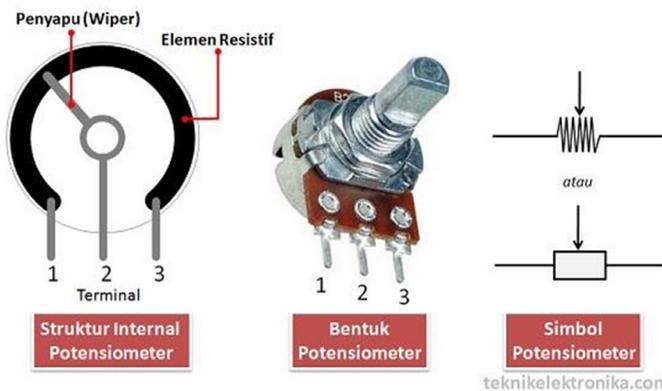
Potensiometer adalah sebuah alat atau komponen elektronika yang digunakan untuk mengukur, membandingkan, atau mengontrol potensial listrik (atau tegangan) di dalam sebuah rangkaian elektronika. Secara sederhana, potensiometer sering disebut sebagai resistor variabel karena mampu mengubah resistansinya sesuai dengan kebutuhan. Potensiometer umumnya terdiri dari tiga kaki atau terminal, dimana dua kaki di antaranya berhubungan dengan resistansi variabel dan satu kaki lainnya merupakan terminal tetap (Suharso dkk, 2022: 79).



Potensiometer memiliki keunikan karena nilai resistansinya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan rangkaian elektronika atau preferensi pengguna. Sebagai bagian dari keluarga resistor, potensiometer tergolong dalam kategori variable resistor, yang berarti ia dirancang untuk memungkinkan perubahan nilai resistansi secara kontinu. Fungsinya yang fleksibel menjadikannya komponen penting dalam berbagai aplikasi elektronika, dari pengaturan volume pada perangkat audio hingga penyesuaian intensitas cahaya dalam lampu dimmer (Almanda dan Yusuf, 2017: 28).

Potensiometer sering disebut juga sebagai resistor variabel yang memiliki kemampuan untuk mengatur nilai resistensi secara variatif. Struktur dasar dari potensiometer terdiri dari elemen resistif yang dapat diputar atau digeser untuk mengubah nilai resistansi. Gambar 11 menunjukkan berbagai bentuk potensiometer, termasuk strukturnya dan simbol yang digunakan untuk menggambarkannya dalam diagram rangkaian. Dengan menggunakan potensiometer, desain elektronika dapat mengakomodasi berbagai kebutuhan pengaturan dan kontrol, meningkatkan fungsionalitas dan fleksibilitas rangkaian elektronika.

POTENSIOMETER



Gambar 10 Struktur, Bentuk dan Simbol Potensiometer

Dengan kemampuannya untuk mengubah resistensi dan menyediakan kontrol yang terperinci dalam rangkaian elektronika, potensiometer

menjadi komponen yang sangat berguna dalam desain dan perbaikan perangkat elektronik. Fleksibilitasnya dalam mengatur tegangan, arus, dan resistensi memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan perangkat mereka dengan kebutuhan spesifik, menjadikannya elemen penting dalam teknologi modern.

Kegunaan Potensiometer

Salah satu kegunaan utama potensiometer adalah dalam pengaturan volume pada perangkat audio. Volume atau yang juga dikenal sebagai kapasitas, merupakan penghitungan seberapa banyak ruang yang dapat ditempati dalam suatu objek. Pada radio, televisi, dan alat-alat pemutar musik, potensiometer digunakan untuk mengatur tingkat suara yang dihasilkan oleh perangkat tersebut. Dengan memutar kenop potensiometer, pengguna dapat meningkatkan atau menurunkan volume sesuai dengan keinginan mereka. Hal ini memungkinkan pengalaman mendengarkan yang lebih nyaman dan dapat disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan preferensi pribadi (Syahbana, 2013: 2).

Selain itu, potensiometer juga banyak digunakan dalam kontrol tegangan dan arus pada berbagai jenis perangkat. Misalnya, dalam power supply variabel, potensiometer digunakan untuk mengatur tegangan output yang dihasilkan. Ini sangat berguna dalam laboratorium elektronik, di mana peneliti dan teknisi perlu menguji berbagai komponen dan rangkaian pada berbagai tingkat tegangan. Potensiometer memungkinkan pengaturan yang presisi dan mudah, menjadikannya alat yang sangat berguna dalam proses eksperimen dan pengembangan.

Dalam aplikasi industri, potensiometer sering digunakan dalam sistem kontrol dan pengaturan proses. Misalnya, dalam sistem pengendalian mesin, potensiometer dapat digunakan untuk mengatur kecepatan motor. Dengan mengubah posisi wiper pada potensiometer, resistansi dalam rangkaian motor berubah, yang pada gilirannya mengubah kecepatan motor tersebut. Ini memungkinkan kontrol yang akurat dan dapat disesuaikan, penting dalam berbagai proses manufaktur dan produksi.

Potensiometer juga memiliki aplikasi dalam bidang otomotif. Misalnya, dalam sistem pengendalian throttle pada mobil, potensiometer digunakan untuk mengukur posisi pedal gas dan mengirimkan sinyal ke unit kontrol mesin untuk mengatur jumlah bahanbakar yang disuntikkan ke mesin. Ini membantu memastikan bahwa mesin berjalan dengan efisiensi optimal dan responsif terhadap input dari pengemudi.

Meskipun potensiometer sangat berguna untuk aplikasi pengaturan dan kontrol, mereka jarang digunakan untuk mengendalikan daya besar secara langsung. Hal ini dikarenakan potensiometer memiliki keterbatasan dalam kapasitas daya yang dapat dikendalikannya. Sebagai contoh, potensiometer biasanya dilengkapi dengan saklar terintegrasi untuk pengendali volume. Ketika saklar ini dibuka, penyapu berada pada posisi terendah, sehingga menghindari keluaran suara yang tidak diinginkan.

Dengan kemampuannya untuk mengubah nilai resistansi secara dinamis, potensiometer memberikan fleksibilitas kepada pengguna untuk menyesuaikan kualitas suara sesuai dengan preferensi pribadi mereka. Pengaturan ini memungkinkan pengguna untuk meningkatkan atau mengurangi kekuatan suara, mengatur kedalaman bass, dan mengubah tingkat treble, sehingga menciptakan pengalaman audio yang lebih memuaskan dan disesuaikan dengan kebutuhan pendengar. Kemampuan potensiometer untuk memberikan kontrol yang presisi dalam pengaturan audio menjadikannya komponen esensial dalam sistem amplifier, memastikan bahwa kualitas suara dapat diatur secara tepat dan sesuai dengan selera individu (Aji dkk, 2021).

Selain dalam aplikasi audio, potensiometer juga digunakan dalam kontrol motor DC. Potensiometer digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor, yang memungkinkan penyesuaian yang presisi terhadap kecepatan operasional motor. Nilai potensiometer berubah sesuai dengan perputaran atau pergeseran yang dilakukan, memberikan rentang resistansi yang bervariasi. Sebagai contoh, jika sebuah potensiometer memiliki nilai 100k ohm, maka rentang resistansi yang dihasilkan dapat dimulai dari 0 ohm hingga 100k ohm.

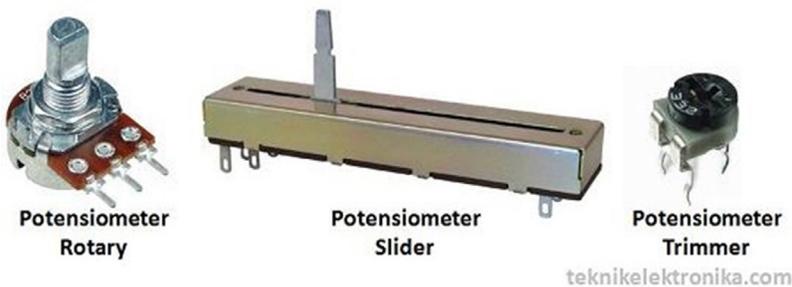
Dengan kemampuannya untuk menawarkan penyesuaian yang fleksibel dan presisi dalam sistem elektronik, potensiometer adalah komponen yang sangat berguna dalam desain dan perbaikan perangkat elektronik. Meskipun tidak digunakan untuk mengendalikan daya besar secara langsung, kegunaannya dalam pengaturan suara, kontrol motor, dan aplikasi sebagai transduser menunjukkan pentingnya potensiometer dalam berbagai teknologi modern.

Jenis – jenis Potensiometer

Potensiometer merupakan komponen elektronik yang termasuk dalam kategori variable resistor, yang dirancang untuk menyediakan kemampuan penyesuaian resistansi dalam rangkaian elektronik. Dengan berbagai jenis potensiometer yang tersedia, setiap jenis memiliki fitur dan aplikasi khusus yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan yang berbeda. Adapun jenis-jenis potensiometer sebagai berikut:

1. Potensiometer Slider

Potensiometer slider adalah jenis potensiometer yang memungkinkan penyesuaian nilai resistansi dengan menggeser wiper secara linear dari kiri ke kanan atau dari bawah ke atas, sesuai dengan pemasangannya. Proses pengaturan ini dilakukan dengan tangan, biasanya menggunakan ibu jari untuk menggeser wiper ke posisi yang diinginkan. Potensiometer ini sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan kontrol manual yang sederhana dan langsung, seperti pada beberapa kontrol volume audio dan alat ukur.



Gambar 11 Jenis – Jenis Potensiometer

Gambar 11 menunjukkan bentuk potensiometer slider yang dengan jelas memperlihatkan prinsip pengoperasian liniernya, di mana penyesuaian resistansi dilakukan dengan menggeser slider secara horizontal sepanjang jalur resistif. Keunggulan utama dari potensiometer slider terletak pada kemudahan penyesuaian yang cepat dan intuitif, memungkinkan pengguna untuk dengan mudah mengatur nilai resistansi sesuai kebutuhan. Desain slider ini tidak hanya mempermudah kontrol secara langsung tetapi juga memberikan presisi yang tinggi dalam rentang resistansi yang luas, membuatnya sangat efektif untuk aplikasi yang memerlukan pengaturan yang akurat dan responsif.

2. Potensiometer Rotary

Jenis potensiometer ini mengatur nilai resistansi melalui rotasi wiper sepanjang lintasan melingkar. Pengaturan dilakukan dengan memutar wiper tersebut, biasanya menggunakan ibu jari, sehingga sering disebut juga sebagai thumbwheel potentiometer. Potensiometer rotary ini umum ditemukan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengaturan volume pada perangkat audio dan pengaturan frekuensi pada radio. Desain melingkar dari potensiometer rotary memberikan kemudahan dalam pengaturan yang halus dan presisi. Dengan gerakan rotasi, pengguna dapat dengan mudah melakukan penyesuaian kecil pada nilai resistansi, membuatnya ideal untuk aplikasi yang memerlukan kontrol yang lebih detail.

3. Potensiometer Trimmer

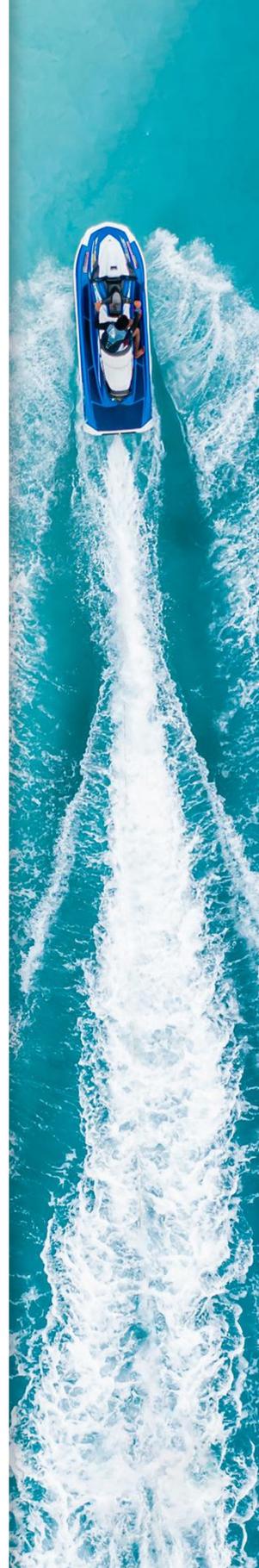
Potensiometer trimmer adalah jenis potensiometer yang memiliki bentuk kecil dan dirancang untuk penyesuaian yang jarang dilakukan setelah instalasi. Potensiometer ini biasanya dipasangkan langsung di papan sirkuit cetak (PCB) dan memerlukan alat khusus, seperti obeng, untuk mengatur nilai resistansinya. Potensiometer trimmer tidak dirancang untuk penyesuaian rutin tetapi lebih untuk kalibrasi atau penyesuaian yang diperlukan selama fase penyetelan atau perakitan perangkat. Karena ukurannya yang kecil dan cara pengaturannya yang

BAB VI

Vfd (*Variable Frequency Drive*)

Pengertian VFD

VFD (Variable Frequency Drive) adalah perangkat kunci dalam pengendalian motor AC tiga fase yang berfungsi untuk mengatur kecepatan motor dengan cara mengubah frekuensi sinyal yang disuplai ke motor. Pada dasarnya, VFD beroperasi dengan mengontrol dua parameter utama: torsi dan kecepatan motor. Dengan melakukan perubahan frekuensi, VFD mengatur energi yang ditransfer dari sumber utama ke proses melalui shaft motor listrik, memberikan fleksibilitas yang signifikan dalam mengontrol operasi mesin (Gomgom & Effendi, 2014).





Gambar 13 VFD (*Variable Frequency Drive*)

Penggunaan VFD telah menjadi solusi umum di berbagai industri, terutama dalam aplikasi yang memerlukan penyesuaian kecepatan motor untuk meningkatkan efisiensi dan performa proses. Sebelumnya, banyak industri bergantung pada sistem mekanik atau motor slip untuk mengatur kecepatan, tetapi kini teknologi semikonduktor seperti VFD telah menggantikan metode tersebut dengan cara yang lebih efektif dan efisien. Berbeda dengan softstarter yang hanya mengatur level tegangan untuk memulai motor, VFD bekerja dengan mengubah frekuensi aliran listrik, yang memungkinkan perubahan kecepatan motor secara dinamis dan lebih tepat.

Dengan VFD, perubahan frekuensi pada motor AC memungkinkan penyesuaian kecepatan yang sesuai dengan kebutuhan proses, memperbaiki kontrol proses, dan mengurangi konsumsi energi. Ini juga mengurangi kerusakan mekanis yang sering terjadi akibat start/stop yang tiba-tiba, serta meningkatkan umur motor. VFD memberikan solusi yang lebih fleksibel dan efisien dibandingkan dengan metode konvensional, menjadikannya pilihan ideal untuk berbagai aplikasi industri. Gambar 2.19 menunjukkan bentuk fisik dari alat VFD, memberikan visualisasi tentang bagaimana perangkat ini terintegrasi dalam sistem kontrol motor (Gomgom & Effendi, 2014).

Prinsip Kerja VFD

Prinsip kerja Variable Frequency Drive (VFD) dapat dijelaskan secara sederhana dalam beberapa langkah inti yang melibatkan konversi dan pengaturan tegangan serta frekuensi listrik untuk mengontrol kecepatan motor.

1. **Penerimaan Tegangan dari Sumber AC**
Tegangan listrik dari jaringan utama yang umumnya beroperasi pada frekuensi 50 Hz diterima oleh Variable Frequency Drive (VFD). Pada tahap ini, tegangan bolak-balik (AC) dari sumber utama masuk ke unit VFD dan siap untuk diproses lebih lanjut.
2. **Rectifikasi Tegangan AC Menjadi DC**
Tegangan AC yang masuk dialirkan ke papan rectifier atau penyearah DC di dalam VFD. Papan ini berfungsi untuk mengubah tegangan AC menjadi tegangan searah (DC). Proses ini dilakukan dengan menggunakan dioda atau komponen rectifier lainnya yang mengarahkan aliran arus listrik sehingga mengalir dalam satu arah, menghasilkan tegangan DC yang stabil.
3. **Penyimpanan Tegangan DC di Bank Kapasitor**
Tegangan DC yang dihasilkan dari proses rectifikasi disimpan di bank kapasitor. Kapasitor ini berfungsi untuk menyimpan energi listrik dan menstabilkan tegangan DC, menyediakan aliran arus yang stabil untuk langkah berikutnya dalam proses.
4. **Pengubahan Tegangan DC Menjadi AC dengan Frekuensi yang Dapat Disesuaikan**
Tegangan DC yang telah disimpan kemudian diteruskan ke papan inverter. Pada papan inverter, tegangan DC diubah kembali menjadi tegangan AC dengan frekuensi yang dapat disesuaikan sesuai kebutuhan aplikasi. Proses ini melibatkan komponen semikonduktor aktif seperti Insulated Gate Bipolar Transistors (IGBT), yang digunakan untuk memodulasi tegangan.

5. Modulasi Tegangan Menggunakan Frekuensi Carrier

Pada tahap ini, inverter menggunakan frekuensi carrier yang dapat mencapai hingga 20 kHz untuk mengubah tegangan DC menjadi gelombang AC. Proses modulasi ini melibatkan pemecahan tegangan DC menjadi sinyal AC dengan frekuensi yang diinginkan, sehingga menghasilkan tegangan dan frekuensi output yang sesuai dengan spesifikasi motor yang dikendalikan.

6. Pengaturan Kecepatan Motor dan Efisiensi Operasional

Dengan menggunakan VFD, frekuensi dan tegangan yang dihasilkan dapat disesuaikan untuk mengatur kecepatan motor secara akurat. Ini memungkinkan kontrol yang lebih baik terhadap performa motor, meningkatkan efisiensi operasional, dan mengurangi konsumsi energi. VFD juga berkontribusi pada perpanjangan umur peralatan dengan mengoptimalkan penggunaan energi dan mengurangi beban mekanis pada motor.

Melalui proses ini, Variable Frequency Drive (VFD) menawarkan solusi yang efisien dan fleksibel dalam mengontrol kecepatan motor, menjadikannya sangat berguna dalam berbagai aplikasi industri yang memerlukan pengaturan kecepatan dan performa motor yang tepat. Dengan kemampuan untuk mengubah frekuensi dan tegangan output secara dinamis, VFD memungkinkan penyesuaian kecepatan motor sesuai kebutuhan operasional spesifik, yang tidak hanya meningkatkan efisiensi energi tetapi juga mengoptimalkan performa mesin.

Hal ini berpotensi mengurangi konsumsi energi, memperpanjang umur peralatan, dan meningkatkan kontrol proses secara keseluruhan. Keberagaman aplikasi, mulai dari pengaturan kecepatan conveyor belt hingga kontrol pompa dan kipas industri, menunjukkan fleksibilitas VFD dalam menyesuaikan berbagai kondisi operasional dan tuntutan industri, serta memberikan solusi yang dapat disesuaikan untuk memenuhi berbagai kebutuhan teknik dan operasional (Nasution & Hasibuan, 2018).

Bagian – Bagian VFD

Bagian-bagian dari Variable Frequency Drive (VFD) terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja bersama untuk mengatur kecepatan dan performa motor AC. Setiap komponen memiliki fungsi spesifik yang berkontribusi pada keseluruhan operasi VFD. Pada Gambar 14 akan dijelaskan bagian – bagian dari display, terminal – terminal yang ada pada VFD, bagian – bagian VFD sebagai berikut:



Gambar 14 Display VFD (Variable Frequency Drive)

Pada Gambar 14 dapat dilihat bagian – bagian display dari VFD. Untuk penjelasan bagian – bagian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 bagian – bagian display VFD.

Tabel 1 bagian – bagian display VFD

No	Icon	Keterangan
1	 (Programming)	Untuk memilih mode atau mode Pemrograman (tersedia tidak untuk Inverter start atau stop), tekan tombol ini untuk mengubah parameter

BAB VII

Arduino Uno

Arduino Uno dikenal karena kemudahan penggunaannya dan fleksibilitasnya, Arduino Uno dirancang untuk memudahkan para penggemar, mahasiswa, dan profesional dalam menciptakan berbagai proyek elektronika dan automasi. Papan ini merupakan bagian dari keluarga Arduino yang lebih besar, yang bertujuan untuk menyediakan platform terbuka yang dapat diakses oleh siapa saja, terlepas dari tingkat keahlian teknis mereka. Arduino Uno telah menjadi alat penting dalam pendidikan, penelitian, dan pengembangan inovasi teknologi.

Spesifikasi Arduino

Arduino Uno adalah salah satu papan pengembangan yang populer di kalangan para penggemar elektronik dan pengembang perangkat keras. Papan ini didasarkan pada mikrokontroler ATmega328P yang merupakan inti dari fungsionalitasnya. Mikrokontroler ini memiliki berbagai fitur yang membuatnya sangat cocok untuk berbagai aplikasi, mulai dari proyek DIY hingga prototipe profesional. Salah satu aspek penting dari mikrokontroler ATmega328P adalah memori flash-nya yang berkapasitas 32 KB. Memori flash ini digunakan



untuk menyimpan program dan data yang diperlukan oleh mikrokontroler selama operasinya.

Namun, dari kapasitas 32 KB memori flash yang tersedia, sekitar 0,5 KB sudah digunakan oleh bootloader. Bootloader adalah program kecil yang sangat penting karena berfungsi sebagai penghubung antara perangkat keras dan perangkat lunak. Setiap kali mikrokontroler dihidupkan atau diatur ulang, bootloader ini berjalan terlebih dahulu. Tugas utama bootloader adalah memuat program utama ke dalam memori mikrokontroler dan memulai eksekusinya. Dalam hal ini, bootloader bertindak sebagai semacam sistem operasi yang sangat sederhana atau primata OS untuk mikrokontroler, karena ia menentukan apa yang harus dilakukan selanjutnya setelah mikrokontroler dinyalakan.

Dalam konteks Arduino Uno, bootloader yang sudah dimuat sebelumnya di memori flash ATmega328P memungkinkan proses pemrograman yang mudah dan langsung. Ketika pengguna mengunggah kode baru ke papan Arduino, bootloader ini memproses file yang diunggah dan menuliskannya ke dalam memori flash utama. Proses ini memudahkan pengguna dalam melakukan pengembangan dan pengujian kode tanpa perlu menggunakan perangkat pemrograman eksternal yang rumit. Dengan adanya bootloader ini, Arduino Uno menjadi alat yang sangat user-friendly dan efisien dalam pengembangan aplikasi berbasis mikrokontroler (Alfan dan Ramadhan, 2022: 61—69). Berikut adalah tabel spesifikasi Arduino Uno.

Tabel 2 Tabel Spesifikasi Arduino Uno

Chip Mikrokontroler	ATmega328P
Tegangan operasi	5V
Tegangan Input via jack DC	7 – 12 V
Digital input I/O pin	14 (6 bisa untuk PWM)
Pin Analog	8
Arus DC per pin I/O	50Ms

Arus DC ketika 3.3V	50Ms
Memori Flash	32Kb, 0,5 Kb
SRAM	2 Kb (ATmega328P)
EEPROM	1 Kb (ATmega328P)
Clock Speed	16 Mhz
Dimensi	68,6 mm x 53,4 mm
Berat	25 g

Jenis-Jenis Arduino

Seperti halnya microcontroller yang memiliki berbagai jenis, Arduino pun lahir dan berkembang menjadi platform yang sangat beragam dan menghadirkan berbagai jenis board dengan fitur dan kapabilitas yang berbeda-beda. Seiring berjalannya waktu, Arduino tidak hanya dikenal dengan board standar seperti Arduino Uno, tetapi juga telah melahirkan berbagai varian yang dirancang untuk memenuhi tuntutan proyek yang lebih kompleks dan spesifik. Adapun jenis-jenis Arduino sebagai berikut:

1. Arduino Uno

Arduino Uno adalah salah satu board mikrokontroler yang paling populer dan sering digunakan dalam dunia elektronik dan pengembangan perangkat keras. Board ini berbasis pada mikrokontroler ATmega328 yang dikenal karena kemampuannya dalam menangani berbagai aplikasi dengan efisiensi tinggi. Salah satu fitur utama dari Arduino Uno adalah keberadaan 14 pin yang dapat digunakan untuk input atau output, yang memungkinkan board ini untuk berinteraksi dengan berbagai sensor, aktuator, dan komponen elektronik lainnya.



Gambar 15 Arduino Uno

Dari 14 pin ini, 6 pin di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM (Pulse Width Modulation), memberikan kemampuan untuk menghasilkan sinyal analog melalui teknik modulasi lebar pulsa. Selain itu, Arduino Uno dilengkapi dengan 6 pin analog input, yang memungkinkan board ini untuk membaca sinyal dari sensor analog dengan akurasi yang baik. Keberadaan sebuah crystal osilator 16 MHz memastikan bahwa board ini dapat beroperasi pada frekuensi yang stabil, yang penting untuk sinkronisasi dan kestabilan dalam eksekusi program.

Untuk koneksi dan pemrograman, Arduino Uno menyediakan sebuah koneksi USB, yang memudahkan proses upload kode dari komputer ke board. Jack power pada board ini memungkinkan penyambungan dengan adaptor AC ke DC untuk sumber daya eksternal, sementara opsi baterai memberikan fleksibilitas tambahan untuk aplikasi portabel. Fitur tambahan dari Arduino Uno termasuk kepala ICSP (In-Circuit Serial Programming), yang memungkinkan pemrograman mikrokontroler secara langsung jika diperlukan, serta tombol reset yang memungkinkan pengguna untuk dengan mudah memulai ulang eksekusi program tanpa harus memutuskan sumber daya (Leksiono dkk, 2019: 5).

Kombinasi fitur-fitur ini menjadikan Arduino Uno sebagai board yang sangat serbaguna dan cocok untuk berbagai jenis proyek, mulai dari eksperimen sederhana hingga aplikasi yang lebih kompleks. Dengan kemudahan konektivitas dan berbagai opsi penyedia daya, Arduino Uno memberikan fleksibilitas dan kemudahan dalam mengembangkan dan menguji berbagai ide kreatif dalam dunia elektronik.

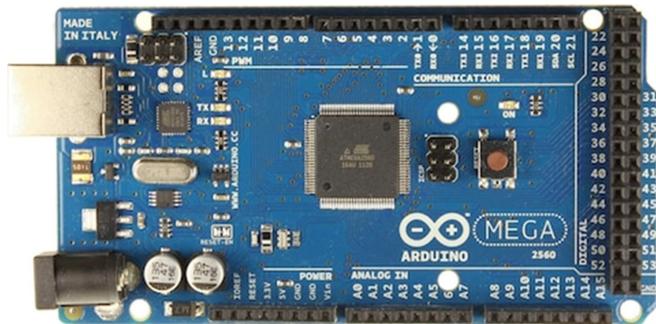
2. **Arduino Mega 2560**

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler yang berbasis pada chip ATmega2560, menawarkan kapasitas dan fleksibilitas yang sangat baik untuk berbagai proyek elektronik dan pemrograman. Dengan 54 pin digital input/output, papan ini memberikan banyak opsi untuk menghubungkan sensor, aktuator, dan komponen lainnya. Di antara pin-pin tersebut, 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM (Pulse Width Modulation), yang memungkinkan pengguna untuk menghasilkan sinyal analog yang halus melalui pengaturan lebar pulsa.

Selain itu, Arduino Mega 2560 menyediakan 16 pin sebagai input analog, yang berguna untuk membaca data dari sensor analog seperti sensor suhu atau sensor cahaya. Papan ini juga dilengkapi dengan 14 pin UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter), yang berfungsi sebagai port serial hardware untuk komunikasi serial dengan perangkat lain.

Untuk memastikan kestabilan dan akurasi dalam berbagai aplikasi, Arduino Mega 2560 menggunakan kristal osilator dengan frekuensi 16 MHz. Fitur tambahan termasuk tombol reset yang memudahkan pemrograman ulang dan header ICSP (In-Circuit Serial Programming) yang memungkinkan pemrograman langsung chip mikrokontroler tanpa harus melepasnya dari papan. Konektivitas juga sangat diperhatikan dengan adanya port USB yang memudahkan proses pemrograman dan transfer data antara papan dan komputer,

serta jack power yang memungkinkan penggunaan catu daya eksternal atau baterai untuk otonomi yang lebih baik.



Gambar 15.1 Arduino Mega 2560

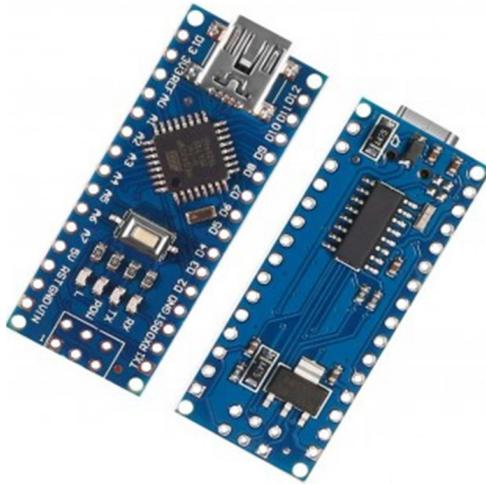
Ketika memulai dengan Arduino Mega 2560, pengguna cukup menghubungkannya ke komputer menggunakan kabel USB atau sumber daya eksternal seperti power supply atau baterai. Ini menjadikannya sangat mudah untuk diaktifkan dan digunakan dalam berbagai proyek. Selain itu, Arduino Mega 2560 dirancang untuk kompatibilitas dengan sebagian besar shield yang sebelumnya dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila, memungkinkan pengguna untuk memanfaatkan berbagai aksesori dan ekstensi yang telah tersedia (Muhajirin dan Lisah, 2017: 99—100).

3. **Arduino Nano**

Arduino Nano adalah sebuah papan pengembangan mikrokontroler yang sangat kompak dan praktis, berbasis pada chip ATmega328P. Desainnya yang mungil menjadikannya ideal untuk proyek-proyek yang memerlukan ukuran kecil namun tetap menginginkan kemampuan mikrokontroler yang andal. Meskipun ukurannya yang kecil, Arduino Nano memiliki berbagai fitur yang memadai untuk berbagai aplikasi elektronika dan pemrograman.

Salah satu keunggulan utama dari Arduino Nano adalah kemampuannya untuk menyediakan fungsionalitas yang setara dengan papan Arduino lainnya, tetapi dalam bentuk yang jauh lebih

kecil. Papan ini dilengkapi dengan 22 pin digital input/output, yang memungkinkan pengguna untuk menghubungkan berbagai sensor, aktuator, dan perangkat lainnya. Selain itu, terdapat 8 pin input analog yang dapat digunakan untuk membaca sinyal dari sensor analog, serta 6 pin PWM (Pulse Width Modulation) yang memungkinkan pengguna menghasilkan sinyal analog yang halus untuk berbagai keperluan seperti mengatur kecepatan motor atau intensitas lampu LED (Suari, 2017: 475).



Gambar 15.2 Arduino Nano

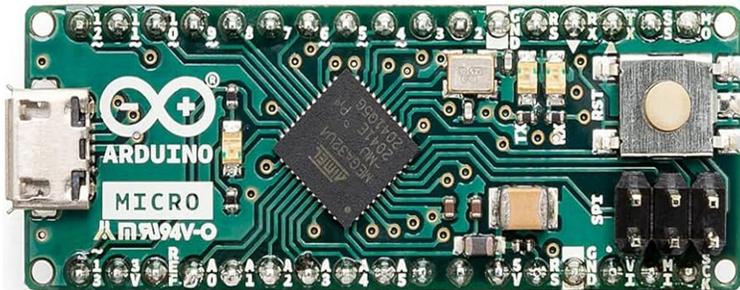
Arduino Nano juga dilengkapi dengan kristal osilator berfrekuensi 16 MHz, yang memastikan kestabilan operasi dan akurasi dalam proses pemrograman. Untuk memudahkan konektivitas, papan ini memiliki port USB yang memudahkan proses pemrograman dan transfer data ke dan dari komputer. Papan ini dapat dihubungkan langsung ke komputer menggunakan kabel USB, dan dapat diintegrasikan dengan berbagai shield dan modul yang dirancang untuk Arduino, meskipun ukuran dan desainnya yang kecil membuatnya lebih cocok untuk proyek yang memerlukan ruang terbatas.

Dengan ukurannya yang sangat kecil dan kemampuannya yang tinggi, Arduino Nano sering kali digunakan dalam aplikasi yang

memerlukan desain yang ringkas namun tetap memerlukan kekuatan mikrokontroler yang kuat. Ini termasuk proyek-proyek seperti robotika, sensor monitoring, dan berbagai aplikasi embedded system yang memerlukan papan pengembangan yang efisien dan serbaguna. Arduino Nano adalah pilihan yang sangat baik untuk pengembang yang mencari solusi mikrokontroler yang hemat ruang namun tetap dapat diandalkan untuk berbagai aplikasi teknis.

4. Arduino Micro

Arduino Micro adalah papan pengembangan mikrokontroler yang dirancang untuk memberikan fleksibilitas dan kinerja tinggi dalam bentuk yang sangat kompak. Berbasis pada chip ATmega32U4, Arduino Micro memiliki keunggulan utama dalam hal kemampuan komunikasi dan ukuran. Papan ini menawarkan berbagai fitur yang membuatnya ideal untuk proyek-proyek yang memerlukan mikrokontroler kecil dengan kemampuan USB yang terintegrasi.



Gambar 15.3 Arduino Micro

Salah satu fitur menonjol dari Arduino Micro adalah kemampuannya untuk bertindak sebagai perangkat USB langsung, yang memungkinkan papan ini berfungsi sebagai perangkat input USB seperti keyboard atau mouse. Hal ini memudahkan pembuatan perangkat yang dapat berinteraksi langsung dengan komputer tanpa memerlukan tambahan perangkat keras atau driver eksternal. Kemampuan ini sangat berguna untuk aplikasi yang memerlukan input atau kontrol dari perangkat berbasis USB.

Arduino Micro dilengkapi dengan 20 pin digital input/output, di mana 7 pin dapat digunakan sebagai output PWM (Pulse Width Modulation). Ini memungkinkan pengguna untuk menghasilkan sinyal analog yang halus, yang berguna untuk mengatur kecepatan motor atau intensitas cahaya LED. Selain itu, papan ini memiliki 12 pin input analog yang dapat digunakan untuk membaca data dari sensor analog. Fitur tambahan seperti kristal osilator 16 MHz memastikan kestabilan operasi dan akurasi pemrograman.

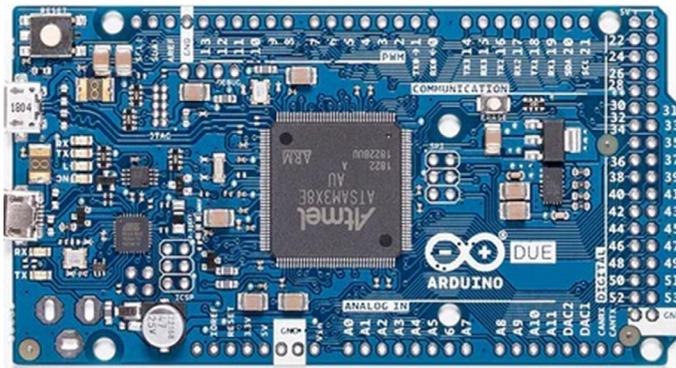
Desainnya yang kecil dan kompak memungkinkan Arduino Micro untuk digunakan dalam berbagai proyek yang memerlukan ruang terbatas. Papan ini dapat dihubungkan ke komputer melalui port USB, yang juga menyediakan daya untuk papan tersebut. Konektivitas ini memudahkan pemrograman dan transfer data, menjadikannya sangat mudah digunakan dalam pengembangan proyek.

5. **Arduino Due**

Arduino Due adalah papan mikrokontroler yang menawarkan performa tinggi dan kemampuan canggih, berbasiskan pada chip AT91SAM3X8E yang menggunakan arsitektur ARM Cortex-M3. Sebagai salah satu papan dalam keluarga Arduino yang paling kuat, Arduino Due dirancang untuk memenuhi kebutuhan proyek-proyek yang memerlukan kecepatan dan kapasitas pemrosesan yang lebih tinggi. Dengan clock 84 MHz, papan ini menyediakan kecepatan pemrosesan yang cukup untuk aplikasi yang memerlukan kalkulasi cepat dan responsif.

Salah satu fitur utama Arduino Due adalah 54 pin digital input/output yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi. Di antara pin-pin tersebut, terdapat 12 pin input analog yang memungkinkan pengguna untuk membaca sinyal dari berbagai sensor. Papan ini juga dilengkapi dengan 4 port UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) yang mendukung komunikasi serial dengan perangkat eksternal. Kemampuan ini sangat berguna untuk aplikasi yang memerlukan interaksi dengan berbagai perangkat komunikasi serial.

Arduino Due juga menawarkan sejumlah fitur tambahan yang meningkatkan kemampuannya dalam berbagai proyek. Papan ini dilengkapi dengan dua Digital-to-Analog Converters (DAC) yang memungkinkan pengguna untuk menghasilkan sinyal analog dari data digital. Ada juga dua TWI (Two-Wire Interface) yang mendukung komunikasi I²C, serta header SPI (Serial Peripheral Interface) dan JTAG (Joint Test Action Group) untuk berbagai keperluan pemrograman dan debugging. Koneksi USB OTG (On-The-Go) memungkinkan papan ini untuk berfungsi sebagai host USB, memudahkan interaksi dengan perangkat USB lainnya.



Gambar 15.4 Arduino Due

Dari sisi perangkat lunak, Arduino Due didukung oleh ekosistem yang kuat yang terdiri dari compiler bahasa pemrograman standar dan bootloader yang diimplementasikan dalam mikrokontroler. Pengguna dapat mengembangkan dan memprogram papan ini menggunakan Arduino IDE (*Integrated Development Environment*), sebuah perangkat lunak yang menyediakan antarmuka grafis untuk menulis, mengedit, dan meng-upload sketsa program ke papan Arduino. IDE ini juga menyertakan driver yang diperlukan untuk memastikan komunikasi yang lancar antara komputer dan papan mikrokontroler (Satya dkk, 2019: 37).

6. Arduino Leonardo

Arduino Leonardo adalah papan mikrokontroler yang dirancang dengan menggunakan chip ATmega32U4, menawarkan kemampuan dan fleksibilitas tinggi dalam bentuk yang relatif kompak. Salah satu fitur unggulan dari Arduino Leonardo adalah kemampuannya untuk berfungsi sebagai perangkat USB langsung, seperti keyboard atau mouse, tanpa memerlukan driver tambahan. Hal ini membuka berbagai kemungkinan untuk pengembangan perangkat input berbasis USB dan aplikasi interaktif yang lebih kompleks.

Papan ini dilengkapi dengan 20 pin digital input/output, yang memungkinkan pengguna untuk menghubungkan berbagai komponen elektronik seperti sensor, aktuator, dan modul komunikasi. Dari 20 pin tersebut, 7 pin dapat digunakan sebagai output PWM (Pulse Width Modulation). Fitur ini memungkinkan pembuatan sinyal analog yang halus, yang berguna untuk mengatur intensitas LED, kecepatan motor, dan aplikasi lain yang memerlukan kontrol variabel (Leksono dkk, 2019: 3).



Gambar 15.5 Arduino Leonardo

Selain pin digital, Arduino Leonardo juga memiliki 12 pin input analog yang dapat digunakan untuk membaca data dari sensor analog, seperti sensor suhu atau sensor cahaya, memberikan kemampuannya untuk memantau dan merespons perubahan

lingkungan. Untuk memastikan kestabilan dan akurasi operasional, papan ini menggunakan kristal osilator dengan frekuensi 16 MHz. Kristal ini berperan penting dalam menjaga kecepatan pemrosesan yang konsisten dan memastikan bahwa semua operasi mikrokontroler berjalan dengan lancar.

Arduino Leonardo juga dilengkapi dengan koneksi micro USB, yang tidak hanya memungkinkan pemrograman papan tetapi juga menyediakan daya untuk operasi papan. Koneksi ini memudahkan integrasi papan dengan komputer, serta memungkinkan pengembangan dan pemrograman yang mudah dan cepat. Fitur tambahan pada Arduino Leonardo termasuk jack listrik yang memungkinkan penggunaan sumber daya eksternal untuk operasi yang lebih mandiri, header ICSP (In-Circuit Serial Programming) untuk pemrograman langsung mikrokontroler tanpa melepaskannya dari papan, serta tombol reset yang memudahkan pemrograman ulang dan debugging.

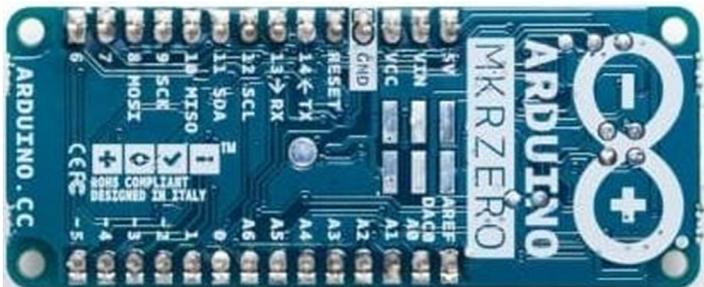
7. **Arduino MKR Zero**

Arduino MKR Zero adalah papan mikrokontroler yang dirancang untuk menawarkan performa tinggi dan kemampuan canggih dalam bentuk yang ringkas dan efisien. Papan ini berbasis pada chip SAMD21, yang merupakan mikrokontroler 32-bit ARM Cortex-M0+, memberikan kemampuan pemrosesan yang kuat untuk berbagai aplikasi. Arduino MKR Zero dirancang untuk menyediakan platform yang ideal untuk proyek-proyek yang memerlukan kekuatan komputasi lebih serta kemampuan komunikasi dan interaksi yang kompleks.

Salah satu fitur utama dari Arduino MKR Zero adalah kehadiran 22 pin input/output digital yang memberikan fleksibilitas dalam menghubungkan berbagai perangkat dan komponen elektronik. Di antara pin-pin ini, terdapat 7 pin yang dapat digunakan sebagai output PWM (Pulse Width Modulation), memungkinkan pengguna untuk menghasilkan sinyal analog yang halus dan variabel. Selain itu, papan

ini juga dilengkapi dengan 7 pin input analog yang memungkinkan pembacaan data dari berbagai sensor analog, seperti sensor suhu dan sensor cahaya.

Arduino MKR Zero juga menyertakan fitur tambahan yang meningkatkan kemampuannya dalam berbagai proyek. Papan ini dilengkapi dengan koneksi micro USB yang memungkinkan pemrograman dan transfer data dengan mudah antara papan dan komputer. Koneksi ini juga menyediakan daya untuk operasi papan, membuatnya mudah digunakan dalam berbagai konfigurasi. Selain itu, MKR Zero memiliki slot microSD, yang memungkinkan penyimpanan data yang besar dan akses yang cepat ke file, sangat berguna untuk aplikasi yang memerlukan penyimpanan data yang intensif.



Gambar 15.6 Arduino MKR Zero

Papan ini juga dilengkapi dengan header SPI (Serial Peripheral Interface) dan I²C (Inter-Integrated Circuit), yang memudahkan komunikasi dengan berbagai modul dan perangkat eksternal. Fitur tambahan seperti header ICSP (In-Circuit Serial Programming) untuk pemrograman langsung mikrokontroler dan tombol reset untuk pemrograman ulang lebih lanjut meningkatkan fleksibilitas dan kemudahan penggunaan papan ini.

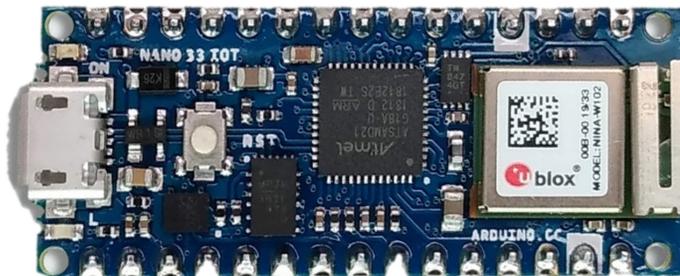
Arduino MKR Zero menggunakan Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) untuk pemrograman, yang menyediakan antarmuka yang intuitif untuk menulis, mengedit, dan meng-upload

sketsa program. IDE ini mempermudah proses pengembangan dengan menyediakan alat dan pustaka yang diperlukan untuk memanfaatkan fitur-fitur papan secara maksimal.

8. Arduino Nano 33 IoT

Arduino Nano 33 IoT adalah papan mikrokontroler tingkat lanjut yang dirancang untuk menawarkan kemampuan canggih dalam bentuk yang kompak dan efisien. Sebagai anggota dari keluarga ATmega328P, papan ini menyajikan fitur-fitur modern yang mendukung berbagai aplikasi IoT (Internet of Things) dan proyek pengembangan berbasis konektivitas. Arduino Nano 33 IoT menggunakan prosesor Arm Cortex-M0 yang berdaya rendah, memberikan keseimbangan antara performa tinggi dan efisiensi energi, sehingga cocok untuk aplikasi yang memerlukan pemrosesan data dengan konsumsi daya yang minimal.

Salah satu fitur utama dari Arduino Nano 33 IoT adalah kemampuannya untuk terhubung ke jaringan nirkabel melalui konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth v4.2, yang dikemas dalam modul u-blox NINA-W102. Konektivitas ini memungkinkan papan ini untuk berintegrasi dengan berbagai perangkat dan layanan cloud, mendukung pengembangan aplikasi IoT yang memerlukan komunikasi data tanpa kabel. Dengan kemampuan ini, Arduino Nano 33 IoT dapat digunakan untuk berbagai aplikasi seperti pengumpulan data sensor jarak jauh, kontrol perangkat berbasis cloud, dan komunikasi antar perangkat.



Gambar 15. 7 Arduino Nano 33 IoT

Papan ini juga dilengkapi dengan sensor IMU (Inertial Measurement Unit) 6 sumbu, yang dapat digunakan untuk mengukur sudut dan perpindahan. Sensor ini menyediakan data penting untuk aplikasi yang memerlukan pemantauan gerakan atau orientasi, seperti dalam proyek robotika, perangkat wearable, atau sistem navigasi. Integrasi sensor IMU ini menambah fleksibilitas dan kegunaan papan dalam berbagai konteks aplikasi teknologi yang memerlukan pemantauan dan kontrol gerakan.

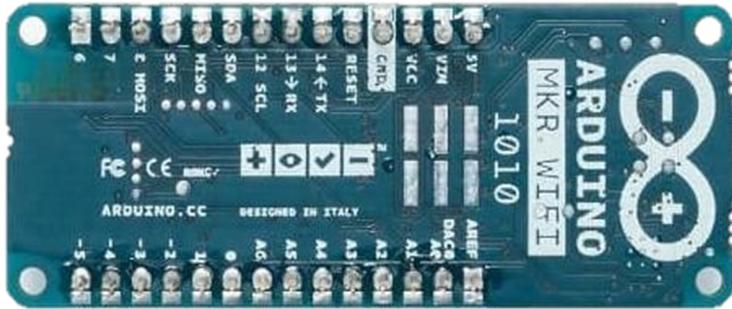
Meskipun ukurannya yang kecil—dengan panjang 45 mm dan lebar 18 mm—Arduino Nano 33 IoT menawarkan berbagai opsi komunikasi yang berguna untuk integrasi perangkat. Papan ini dilengkapi dengan tiga jenis komunikasi pada pin board: I2C, SPI, dan UART. Komunikasi I2C menggunakan pin SDA dan SCL yang terletak di pin D18 dan D19, sementara komunikasi SPI (Serial Peripheral Interface) tersedia melalui pin Rx dan Tx di pin PB23 dan PB22. Terakhir, komunikasi UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) terhubung melalui pin MOSI dan MISO di pin D11 dan D12. Konfigurasi ini memberikan fleksibilitas dalam menghubungkan berbagai sensor dan modul eksternal, serta memfasilitasi komunikasi data yang efisien dan handal.

9. Arduino MKR WiFi 1010

Arduino MKR WiFi 1010 adalah papan mikrokontroler yang dirancang untuk menawarkan kemampuan canggih dalam pengembangan proyek berbasis Internet of Things (IoT). Berbasis pada chip u-blox NINA-W102, yang mengintegrasikan prosesor ARM Cortex-M0+ dan modul Wi-Fi, papan ini memberikan solusi yang kuat untuk konektivitas nirkabel dan pengembangan aplikasi IoT.

Salah satu fitur utama dari Arduino MKR WiFi 1010 adalah kemampuannya untuk terhubung ke jaringan Wi-Fi dengan mudah, memungkinkan perangkat untuk berkomunikasi secara langsung dengan internet atau jaringan lokal. Modul u-blox NINA-W102 juga menyertakan kemampuan Bluetooth v4.2, menambah opsi

komunikasi nirkabel dan memungkinkan integrasi dengan berbagai perangkat Bluetooth lainnya. Konektivitas ini sangat penting untuk aplikasi IoT yang memerlukan komunikasi data secara real-time dan akses ke layanan berbasis cloud.



Gambar 15. 8 Arduino MKR WiFi 1010

Papan ini dilengkapi dengan 22 pin digital input/output, memberikan fleksibilitas untuk menghubungkan berbagai sensor dan aktuator. Di antara pin-pin ini, terdapat 7 pin yang dapat digunakan sebagai output PWM (Pulse Width Modulation), memungkinkan pengguna untuk menghasilkan sinyal analog yang halus untuk berbagai aplikasi, seperti pengaturan kecepatan motor atau intensitas cahaya LED. Selain itu, Arduino MKR WiFi 1010 memiliki 7 pin input analog yang memungkinkan pembacaan data dari sensor analog, seperti sensor suhu dan sensor cahaya, serta membantu dalam memantau kondisi lingkungan secara akurat.

Arduino MKR WiFi 1010 juga dilengkapi dengan koneksi micro USB, yang memudahkan pemrograman papan dan menyediakan daya untuk operasinya. Papan ini mendukung Arduino IDE (Integrated Development Environment) yang menyediakan antarmuka grafis yang intuitif untuk menulis, mengedit, dan meng-upload sketsa program. IDE ini juga dilengkapi dengan pustaka dan driver yang diperlukan untuk memanfaatkan semua fitur papan secara maksimal.

Selain itu, Arduino MKR WiFi 1010 memiliki slot microSD yang memungkinkan penyimpanan data yang besar dan akses cepat ke file, yang sangat berguna untuk aplikasi yang memerlukan penyimpanan data yang intensif. Papan ini juga dilengkapi dengan header SPI (Serial Peripheral Interface) dan I²C (Inter-Integrated Circuit), yang memudahkan komunikasi dengan berbagai modul dan perangkat eksternal.

10. Arduino Pro Mini

Arduino Pro Mini adalah papan mikrokontroler yang dirancang untuk memberikan performa yang solid dalam format yang sangat kompak dan minimalis. Berbasis pada chip ATmega328, papan ini merupakan pilihan ideal untuk aplikasi yang memerlukan ukuran kecil dan kemampuan pemrosesan yang efisien. Dengan desain yang ringkas, Arduino Pro Mini dirancang untuk instalasi semi permanen dalam berbagai proyek elektronik, memberikan fleksibilitas dalam pengembangan dan penggunaan.

Papan ini dilengkapi dengan 14 pin digital input/output, di mana 6 pin di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM (Pulse Width Modulation). Kemampuan PWM ini memungkinkan pengguna untuk menghasilkan sinyal analog yang halus, yang bermanfaat untuk mengatur kecepatan motor, intensitas LED, atau aplikasi lain yang memerlukan pengendalian variabel. Selain pin digital, Arduino Pro Mini juga memiliki 6 pin input analog yang memungkinkan pembacaan data dari berbagai sensor analog, seperti sensor suhu, cahaya, atau kelembaban.

Arduino Pro Mini dilengkapi dengan resonator on-board yang menyediakan sumber clock internal dengan frekuensi yang diperlukan untuk operasi mikrokontroler. Terdapat juga tombol reset yang memungkinkan pemrograman ulang papan dengan mudah. Untuk memberikan daya dan komunikasi dengan komputer, header dari 6 pin pada papan ini dapat dihubungkan ke kabel FTDI (Future Technology Devices International). Kabel FTDI ini berfungsi untuk

BAB VIII

Baterai (*Accu*)

Baterai merupakan komponen vital dalam sistem kelistrikan yang berfungsi menyimpan dan menyediakan energi listrik untuk berbagai aplikasi. Sebagai perangkat penyimpanan energi, baterai memungkinkan berbagai perangkat dan sistem beroperasi secara mandiri dari sumber listrik utama, menyediakan daya cadangan saat dibutuhkan. Dalam perkembangannya, baterai telah mengalami berbagai inovasi teknologi yang menghasilkan berbagai tipe dengan karakteristik khusus, seperti kapasitas, daya tahan, dan efisiensi yang sesuai dengan kebutuhan spesifik dari berbagai aplikasi, mulai dari perangkat elektronik portabel hingga kendaraan bermotor dan sistem penyimpanan energi skala besar.

Pengertian Baterai

Dari sekian banyak sumber energi yang ada, baterai memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan manusia. Baterai merupakan salah satu sumber energi listrik yang sangat diandalkan dalam kehidupan sehari-hari, terutama dalam pengoperasian berbagai peralatan elektronik yang bersifat portabel. Keberadaan baterai memungkinkan perangkat-



perangkat ini untuk berfungsi tanpa ketergantungan langsung pada sumber energi dari jaringan listrik utama, memberikan kemudahan dan fleksibilitas yang sangat berarti bagi penggunanya.

Baterai atau yang sering disebut juga dengan aki atau *accu* merupakan sebuah perangkat penting dalam teknologi penyimpanan energi. Pada dasarnya, baterai adalah sebuah sel listrik yang berfungsi menyimpan energi melalui proses elektrokimia yang bersifat reversibel. Proses elektrokimia reversibel ini adalah inti dari cara kerja baterai, di mana ia mampu melakukan konversi energi secara bolak-balik antara bentuk kimia dan listrik dengan efisiensi yang tinggi.

Secara lebih rinci, baterai bekerja dengan dua proses utama yaitu pengosongan dan pengisian. Selama proses pengosongan, energi kimia yang tersimpan dalam baterai diubah menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti menyalakan perangkat elektronik, kendaraan, dan lain sebagainya. Proses ini melibatkan reaksi kimia di dalam sel baterai yang menghasilkan aliran elektron, yang selanjutnya digunakan untuk memberikan tenaga listrik (Afif dan Pratiwi, 2015: 96).

Sebaliknya, proses pengisian baterai melibatkan regenerasi energi kimia di dalam sel. Hal ini dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik dalam arah atau polaritas yang berlawanan melalui baterai. Arus ini memicu reaksi kimia di dalam elektroda-elektroda baterai yang membuat energi kimia terakumulasi kembali, sehingga baterai dapat digunakan untuk proses pengosongan di masa depan. Dengan kata lain, baterai dapat diisi ulang dan digunakan berulang kali, menjadikannya salah satu solusi penyimpanan energi yang praktis dan efisien.

Kepraktisan baterai dalam menyimpan dan menyediakan energi listrik dalam jangka waktu tertentu adalah salah satu alasan mengapa teknologi ini begitu penting. Baterai dirancang untuk menyimpan energi dalam bentuk kimia yang dapat dikonversi menjadi energi listrik saat dibutuhkan. Proses penyimpanan energi ini memungkinkan pengguna untuk memiliki sumber daya yang dapat diandalkan, bahkan saat tidak ada

akses langsung ke sumber listrik eksternal. Hal ini sangat penting dalam berbagai situasi, mulai dari penggunaan gadget pribadi hingga aplikasi industri dan sistem penyimpanan energi terbarukan.

Pentingnya baterai dalam kehidupan modern tidak dapat diremehkan. Selain memfasilitasi penggunaan perangkat portabel, baterai juga berperan dalam mendukung keberlanjutan teknologi dan inovasi. Kemajuan dalam teknologi baterai terus mendorong batasan-batasan efisiensi dan daya tahan, membuka peluang baru untuk aplikasi yang lebih luas dan lebih beragam. Dari penggunaan sehari-hari hingga aplikasi industri yang lebih kompleks, baterai tetap menjadi salah satu komponen kunci dalam menjaga kelancaran dan kemudahan hidup manusia (Nasution, 2021: 35).

Efisiensi tinggi dari baterai dalam proses elektrokimia ini menjadi salah satu alasan utama mengapa baterai sangat vital dalam kehidupan sehari-hari. Baik dalam konteks penggunaan sehari-hari seperti di ponsel dan laptop, maupun aplikasi yang lebih besar seperti dalam kendaraan listrik dan sistem penyimpanan energi terbarukan, baterai terus berperan sebagai komponen krusial dalam menyediakan dan mengelola tenaga listrik secara efektif.

Baterai atau aki pada mobil berperan dalam sistem kelistrikan kendaraan. Energi yang tersimpan dalam baterai ini diperlukan untuk mensuplai sistem starter, sistem pengapian, lampu-lampu, serta komponen-komponen kelistrikan lainnya yang ada di dalam kendaraan. Ketika mobil dihidupkan, energi kimia dalam baterai diubah menjadi energi listrik untuk mengaktifkan berbagai sistem penting yang memungkinkan mobil berfungsi dengan baik.

Di sisi lain, baterai atau aki kapal memiliki fungsi yang sangat serupa namun dalam konteks yang berbeda. Aki kapal digunakan sebagai sumber arus untuk seluruh sistem kelistrikan pada kapal. Selain itu, baterai kapal juga berfungsi sebagai penyimpan energi listrik selama proses pengisian. Tanpa adanya baterai yang berfungsi dengan baik, sistem kelistrikan pada kapal tidak dapat berjalan dengan optimal. Peran baterai pada kapal

sangatlah krusial, terutama dalam mensuplai arus listrik pada sistem starter kapal agar mesin dapat dihidupkan.



Gambar 16 Baterai (ACCU)

Baterai kapal seperti halnya baterai mobil, menyimpan energi kimia yang dapat diubah menjadi energi listrik saat dibutuhkan. Hal ini memungkinkan sistem kelistrikan kapal untuk tetap beroperasi secara efektif, bahkan ketika mesin kapal sedang dalam keadaan mati. Gambar 15 menunjukkan contoh dari baterai atau accu dengan kapasitas 100 Ah, yang digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk mobil dan kapal. Kapasitas ini menunjukkan seberapa banyak energi yang dapat disimpan dan digunakan oleh baterai sebelum memerlukan pengisian ulang. Dengan adanya baterai yang berfungsi dengan baik, baik pada mobil maupun kapal, operasi sistem kelistrikan dapat berjalan dengan lancar dan efisien.

Jenis-Jenis Baterai

Baterai merupakan komponen penting dalam berbagai perangkat dan kendaraan, dengan berbagai jenis yang masing-masing memiliki karakteristik dan kegunaan yang berbeda. Adapun jenis-jenis baterai yang umum digunakan sebagai berikut:

1. Accu Basah

Accu basah adalah jenis baterai yang masih populer hingga saat ini, terutama dalam aplikasi kendaraan bermotor. Baterai ini berisi cairan asam sulfat (H_2SO_4) yang berfungsi sebagai elektrolit. Ciri

utama dari accu basah adalah adanya lubang dengan penutup yang memungkinkan pemiliknya untuk menambah air accu saat terjadi penguapan yang disebabkan oleh reaksi kimia antara sel dan air dalam accu. Sel-sel dalam accu basah umumnya terbuat dari bahan timbal (Pb), yang berfungsi sebagai elektroda.



Gambar 17 Accu basah

Salah satu kelemahan dari accu basah adalah kebutuhan untuk memeriksa ketinggian level air secara rutin. Cairan elektrolit dalam accu bersifat sangat korosif, dan uap yang dihasilkan mengandung hidrogen yang rentan terhadap kebakaran dan ledakan jika terkena percikan api. Selain itu, accu basah memiliki sifat self-discharge yang paling besar dibandingkan dengan jenis accu lainnya, sehingga perlu dilakukan pengisian ulang atau penyetruman jika accu tidak digunakan dalam waktu lama.

2. Accu Hybrid

Accu hybrid memiliki kesamaan dengan accu basah dalam hal fungsionalitas dasar, namun terdapat perbedaan signifikan dalam material yang digunakan pada komponen selnya, yang memberikan keunggulan dalam performa dan efisiensi. Pada accu hybrid, elektroda positif (+) terbuat dari material low-antimonial, sementara elektroda negatif (-) menggunakan kalsium. Perbedaan material ini menghasilkan performa yang lebih baik, terutama dalam hal tingkat

self-discharge yang lebih rendah jika dibandingkan dengan accu basah konvensional.



Gambar 17.1 Accu Hybrid

Dengan menggunakan low-antimonial dan kalsium, accu hybrid mengurangi penguapan dan meningkatkan ketahanan serta daya tahan, sehingga memperpanjang umur pakai baterai dan mengurangi frekuensi pengisian ulang. Inovasi ini menjadikannya pilihan yang lebih andal dan efisien untuk berbagai aplikasi, dari kendaraan bermotor hingga sistem penyimpanan energi.

3. Accu Calcium

Accu calcium adalah jenis baterai di mana kedua elektroda, baik positif (+) maupun negatif (-), menggunakan material kalsium. Accu ini menawarkan kemampuan yang lebih baik dibandingkan dengan accu hybrid, salah satu kelebihan utama dari accu calcium adalah kemampuan dan kualitas penyimpanan arus listrik yang lebih baik. Penggunaan bahan kalsium pada elektroda positif dan negatifnya terbukti sangat efektif dalam menyalurkan arus listrik, menjadikannya lebih efisien dalam menyimpan dan mengalirkan energi.

Selain itu, accu calcium juga memiliki harga yang terbilang cukup terjangkau, sehingga dapat menjadi pilihan yang ekonomis bagi konsumen yang mencari solusi pengganti accu basah. Stabilitas arus yang tersimpan dalam accu calcium adalah keunggulan tambahan,

yang memastikan kinerja yang lebih konsisten (Prasetyo dan Saputro, 2018: 18).



Gambar 17. 2 Accu Calcium

Namun, accu calcium juga memiliki beberapa kekurangan. Di masyarakat, accu calcium kurang populer dibandingkan dengan aki basah, sehingga bengkel-bengkel sering kali tidak menyediakan tipe aki ini meskipun harganya murah. Selain itu, fungsinya yang tidak jauh berbeda dari accu basah membuatnya dianggap sebagai tipe “nanggung”, dengan perbedaan utama terletak pada material kalsium pada kutubnya, yang dianggap tidak cukup signifikan untuk membedakan kinerjanya secara drastis.

4. Accu Bebas Perawatan / Maintenance Free (MF)

Accu maintenance free (MF) adalah jenis baterai yang dirancang dengan teknologi canggih untuk mengatasi salah satu masalah utama yang dihadapi oleh baterai konvensional, yaitu penguapan air dari elektrolit. Desain khusus dari accu MF mengintegrasikan sistem yang mencegah kehilangan elektrolit dengan cara mengurangi tingkat penguapan air yang terjadi selama proses penggunaan. Uap yang dihasilkan selama pengoperasian baterai akan mengalami kondensasi di dalam wadah tertutup, kemudian kembali menjadi air murni.

Teknologi ini sangat berguna dalam meningkatkan efisiensi dan keandalan baterai, karena mengurangi kebutuhan perawatan rutin yang dapat memakan waktu dan biaya. Accu maintenance free biasanya dikembangkan berdasarkan teknologi dari accu hybrid atau

BAB IX

Sensor Hall Effect

Sensor Hall Effect dikenal secara luas dalam industri dan teknologi, sensor ini bekerja berdasarkan prinsip efek Hall, di mana arus listrik yang mengalir melalui bahan semikonduktor dalam kehadiran medan magnet menghasilkan tegangan yang dapat diukur secara akurat. Dengan kemampuannya mengubah informasi magnetik menjadi sinyal listrik, sensor Hall Effect memungkinkan pemantauan dan kontrol yang presisi dalam berbagai sistem elektronik, mulai dari pengukuran arus hingga deteksi kecepatan dan posisi. Penggunaan sensor ini meluas ke berbagai bidang, termasuk otomasi industri, kendaraan, dan perangkat penginderaan, di mana keandalannya dalam mengubah data magnetik menjadi sinyal yang berguna sangat dibutuhkan.

Definisi Sensor Hall Effect

Kecepatan perahu yang optimal berperan dalam meningkatkan kinerja keseluruhan perahu, terutama dalam konteks penggunaannya sebagai transportasi pariwisata. Kecepatan yang baik tidak hanya memastikan bahwa perahu dapat mencapai tujuan dengan efisien, tetapi juga mempengaruhi



kenyamanan dan kepuasan pengunjung selama perjalanan. Dengan kecepatan yang tepat, perahu dapat menghindari keterlambatan yang tidak diinginkan, meminimalisir waktu tempuh, dan mengurangi dampak terhadap lingkungan sekitar (Pamikiran dkk, 2017).

Sensor Hall Effect adalah sebuah transduser yang menghasilkan variasi tegangan output sebagai respons terhadap medan magnet. Prinsip kerja sensor ini didasarkan pada efek Hall, di mana ketika arus listrik mengalir melalui bahan semikonduktor dalam medan magnet, sebuah tegangan transversal dihasilkan yang proporsional terhadap kekuatan medan magnet tersebut. Tegangan ini kemudian dapat diukur dan digunakan untuk berbagai aplikasi teknis.

Sensor Hall Effect memiliki beragam aplikasi dalam teknologi modern, di antaranya untuk deteksi kedekatan dan posisi. Dalam aplikasi deteksi kedekatan, sensor ini dapat mendeteksi keberadaan atau kedekatan objek tanpa kontak fisik langsung, yang sangat berguna dalam sistem otomasi industri dan kendaraan. Misalnya, sensor Hall Effect sering digunakan dalam sistem penguncian pintu otomatis dan perangkat penginderaan jarak jauh. Selain itu, sensor ini juga sering digunakan untuk mendeteksi posisi dalam berbagai perangkat mekanis dan elektronik, seperti motor dan sistem pengatur posisi (Pambuka dan Rahardjo, 2018).

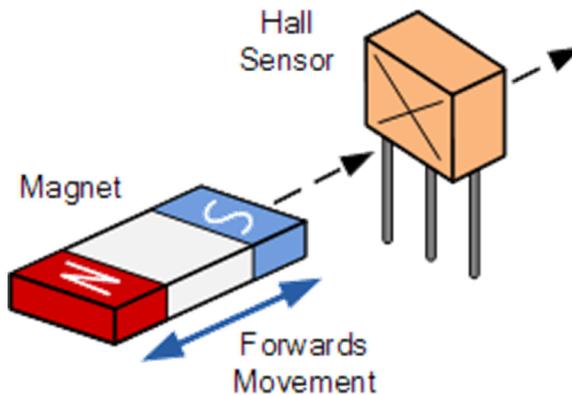


Gambar 19 Bentuk Sensor Hall Effect

Sensor Hall Effect atau dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai sensor efek Hall adalah sebuah komponen transduser yang sangat berguna dalam

teknologi elektronik modern. Sensor ini berfungsi untuk mengubah informasi yang berkaitan dengan medan magnet menjadi sinyal listrik yang dapat diproses lebih lanjut dalam rangkaian elektronik. Prinsip kerja sensor Hall Effect didasarkan pada efek Hall, di mana ketika arus listrik mengalir melalui bahan semikonduktor dalam medan magnet, sebuah tegangan transversal akan dihasilkan yang sebanding dengan kekuatan medan magnet tersebut. Tegangan ini kemudian dapat diukur dan digunakan sebagai sinyal input untuk berbagai aplikasi elektronika, mulai dari sistem pengukuran hingga kontrol otomatis (Khaidir, 2021).

Menurut Melipurbowo (2016), Sensor efek hall adalah sebuah perangkat maupun kompone yang diaktifkan oleh medan magnet internal. Seperti yang diketahui medan magnet mempunyai dua karakteristik utama yaitu kutub selatan dan kutub utara dan flux (Flux Density). Sinyal yang masuk (input) dari sensor hall efek merupakan densitas medan magnet yang ada disekitar sensor tersebut, bila densitas medan magnet tersebut melebihi ambang batas yang sudah ditentukan maka sensor tersebut akan mendeteksi serta menghasilkan tegangan keluaran (output) yang biasa disebut Tegangan Hall (VH) (Melipurbowo, 2016).



Gambar 19. 1 Pengaktifan Sensor Hall Effect

Sejarah singkat dari sensor Hall Effect dimulai dengan penemuan oleh Dr. Edwin Hall pada tahun 1879. Penemuan ini merupakan salah satu terobosan penting dalam fisika dan teknik, yang memberikan pemahaman

baru tentang interaksi antara medan magnet dan aliran listrik. Dr. Edwin Hall menemukan bahwa ketika arus listrik mengalir melalui konduktor yang diletakkan dalam medan magnet, akan terjadi pergeseran muatan listrik yang menghasilkan perbedaan potensial melintang terhadap arah aliran arus. Penemuan ini dikenal sebagai efek Hall, dan nama “Hall” diambil dari nama penemu yang berjasa tersebut.

Untuk mengukur perbedaan potensial yang dihasilkan, penting bahwa garis fluks magnetik tegak lurus atau membentuk sudut 90 derajat terhadap aliran listrik dalam perangkat. Hal ini memastikan bahwa gaya Lorentz, yang merupakan gaya yang dihasilkan oleh muatan listrik yang bergerak dalam medan magnet, dapat berfungsi secara efektif. Gaya Lorentz ini adalah prinsip dasar di balik efek Hall, di mana gaya ini menyebabkan pemisahan muatan positif dan negatif di sisi yang berbeda dari konduktor, menciptakan tegangan transversal yang dapat diukur (Ramsden, 2018).

Efek Hall ini sangat berharga karena memungkinkan pengukuran medan magnet dan arus listrik dengan akurat dan tidak langsung. Seiring berjalannya waktu, prinsip dasar dari efek Hall ini telah diterapkan dalam berbagai teknologi dan perangkat elektronik modern, mulai dari sensor kecepatan dan posisi hingga sistem pengukuran arus listrik. Penemuan ini tidak hanya memperluas pemahaman kita tentang interaksi elektromagnetik tetapi juga membuka jalan bagi berbagai aplikasi praktis dalam teknik dan teknologi.

Jenis-jenis Sensor Hall Effect

Sensor Hall Effect hadir dalam berbagai jenis yang masing-masing dirancang untuk memenuhi kebutuhan aplikasi yang berbeda dalam teknologi dan industri. Berikut adalah jenis-jenis sensor Hall Effect yang umum digunakan:

1. Sensor Hall Effect Digital

Sensor Hall Effect digital adalah salah satu jenis sensor yang memberikan output dalam bentuk sinyal digital, yang dapat berupa sinyal HIGH atau LOW. Teknologi ini memanfaatkan prinsip

dasar efek Hall, di mana perubahan medan magnet memengaruhi aliran arus listrik dalam sensor, menghasilkan sinyal digital yang merepresentasikan status medan magnet tersebut. Dengan output digital yang sederhana ini, sensor Hall Effect digital memberikan cara yang efisien dan akurat untuk mendeteksi kehadiran atau posisi objek dalam berbagai aplikasi.

Sensor Hall Effect digital sering digunakan dalam switch magnetik untuk pintu otomatis. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi kehadiran atau kedekatan magnet yang terpasang pada bagian pintu atau bingkai. Ketika magnet mendekat atau menjauh dari sensor, sensor akan menghasilkan sinyal HIGH atau LOW yang mengindikasikan apakah pintu berada dalam posisi terbuka atau tertutup. Hal ini sangat berguna dalam sistem otomatisasi bangunan, di mana kontrol akses dan keamanan memerlukan sistem yang responsif dan andal.

Selain itu, sensor Hall Effect digital juga banyak digunakan dalam sistem pengendalian posisi. Dalam aplikasi ini, sensor berfungsi untuk mendeteksi posisi objek atau komponen mekanis dengan presisi tinggi. Misalnya, dalam sistem kontrol motor, sensor Hall Effect digital dapat memberikan umpan balik tentang posisi rotor atau komponen berputar lainnya, memungkinkan pengaturan kecepatan dan posisi yang tepat. Dengan kemampuan mendeteksi perubahan posisi secara cepat dan akurat, sensor ini membantu meningkatkan kinerja dan efisiensi sistem pengendalian otomatis.

Keuntungan utama dari sensor Hall Effect digital adalah kemampuannya untuk memberikan hasil yang jelas dan tidak ambigu, yang membuatnya ideal untuk aplikasi di mana sinyal digital yang sederhana dan cepat diperlukan. Dengan teknologi ini, sistem elektronik dapat dengan mudah memproses informasi mengenai posisi atau kehadiran objek tanpa perlu menangani sinyal analog yang lebih kompleks. Hal ini tidak hanya meningkatkan kecepatan respons sistem, tetapi juga mengurangi kemungkinan kesalahan

dalam deteksi, memastikan operasi yang lebih handal dan efisien dalam berbagai aplikasi industri dan komersial (Hartono, 2017).

2. Sensor Hall Effect Analog

Berbeda dengan sensor Hall Effect digital yang menghasilkan output berupa sinyal HIGH atau LOW, sensor Hall Effect analog menawarkan pendekatan yang lebih kompleks dengan menghasilkan sinyal output yang bervariasi secara terus-menerus. Prinsip kerja sensor ini adalah mengubah kekuatan medan magnet yang diterima menjadi sinyal tegangan analog yang kontinu, di mana besarnya tegangan sebanding dengan intensitas medan magnet yang terdeteksi. Hal ini memberikan keuntungan signifikan dalam aplikasi yang memerlukan tingkat detail yang lebih tinggi dalam pengukuran medan magnet.

Sensor Hall Effect analog sangat berguna dalam pengukuran arus listrik, di mana perubahan medan magnet yang dihasilkan oleh arus yang mengalir melalui konduktor dapat diukur dengan akurat. Misalnya, dalam sistem pemantauan arus listrik, sensor ini memungkinkan pengukuran yang halus dan akurat dari arus yang mengalir dalam rangkaian. Tegangan analog yang dihasilkan dapat diterjemahkan menjadi nilai arus yang spesifik, memberikan data yang penting untuk kontrol dan pemeliharaan sistem listrik. Keunggulan ini membuat sensor Hall Effect analog sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan pengukuran arus yang presisi, seperti dalam sistem pengontrol daya dan perlindungan overcurrent.

Selain itu, sensor Hall Effect analog juga digunakan dalam pemantauan posisi yang presisi. Dalam aplikasi ini, sensor ini dapat mendeteksi perubahan posisi atau pergerakan objek dengan akurat karena kemampuannya untuk memberikan sinyal output yang bervariasi secara halus. Contohnya, dalam sistem kontrol motor atau perangkat mekanis lainnya, sensor Hall Effect analog dapat memberikan umpan balik yang detail mengenai posisi komponen bergerak. Hal ini memungkinkan pengaturan yang lebih tepat dan responsif, meningkatkan performa sistem secara keseluruhan.

Kelebihan utama dari sensor Hall Effect analog adalah kemampuannya untuk memberikan informasi yang lebih rinci dan berkelanjutan tentang medan magnet yang terdeteksi. Berbeda dengan sensor digital yang memberikan informasi dalam bentuk sinyal diskrit, sensor analog menawarkan gambaran yang lebih menyeluruh tentang perubahan medan magnet, yang sangat penting dalam aplikasi yang memerlukan analisis dan kontrol yang mendetail. Dengan kemampuan ini, sensor Hall Effect analog memainkan peran krusial dalam berbagai sistem yang memerlukan pengukuran dan kontrol presisi tinggi (Prabowo, 2016).

3. **Sensor Hall Effect Terintegrasi**

Sensor Hall Effect terintegrasi merupakan inovasi penting dalam teknologi sensor yang menggabungkan elemen Hall dengan sirkuit pengolah sinyal dalam satu paket komponen. Integrasi ini memberikan solusi yang efisien dan kompak untuk berbagai aplikasi dalam sistem elektronik, terutama di bidang otomasi dan kontrol motor. Dengan mengintegrasikan elemen sensor Hall dan sirkuit pengolah sinyal, sensor ini menyederhanakan desain rangkaian elektronik, mengurangi kebutuhan akan komponen tambahan, dan meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan.

Keuntungan utama dari sensor Hall Effect terintegrasi adalah kemudahan dalam integrasi dengan rangkaian elektronik yang lebih kompleks. Dalam sistem otomasi industri, misalnya, sensor ini dapat digunakan untuk mendeteksi posisi, kecepatan, dan arah pergerakan komponen mekanis dengan presisi tinggi. Dengan sirkuit pengolah sinyal yang sudah terintegrasi, sensor ini menyediakan sinyal output yang siap digunakan tanpa memerlukan pengolahan tambahan, sehingga mempercepat proses integrasi dan meningkatkan efisiensi operasional.

Dalam aplikasi kontrol motor, sensor Hall Effect terintegrasi memainkan peran yang sangat penting. Sensor ini dapat memberikan umpan balik akurat mengenai posisi rotor dan kecepatan motor,

memungkinkan pengendalian motor yang lebih presisi. Dengan adanya sirkuit pengolah sinyal dalam satu paket, sensor ini membantu dalam memonitor dan mengatur performa motor secara real-time, meningkatkan responsivitas sistem, dan memastikan bahwa motor beroperasi sesuai dengan parameter yang diinginkan.

Selain itu, sensor Hall Effect terintegrasi juga membantu dalam mengurangi ukuran dan kompleksitas desain rangkaian elektronik. Dengan menggabungkan elemen sensor dan sirkuit pengolah sinyal dalam satu komponen, sensor ini mengurangi kebutuhan akan ruang fisik yang besar dan meminimalkan jumlah komponen yang diperlukan dalam suatu sistem. Hal ini tidak hanya menghemat ruang tetapi juga mengurangi biaya produksi dan perakitan sistem elektronik (Setiawan, 2018).

4. Sensor Hall Effect Diferensial

Sensor Hall Effect diferensial adalah jenis sensor yang dirancang untuk memberikan pengukuran medan magnet dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sensor Hall Effect standar. Sensor ini menggunakan dua elemen Hall yang diletakkan berdampingan dalam satu paket komponen, yang memungkinkan pengukuran perubahan medan magnet dengan cara yang lebih terperinci dan sensitif. Struktur ini dirancang untuk membandingkan medan magnet yang diterima oleh masing-masing elemen, menghasilkan sinyal output yang dapat mengurangi efek gangguan eksternal dan memberikan data yang lebih tepat.

Keunggulan utama dari sensor Hall Effect diferensial adalah kemampuannya untuk mengurangi noise dan interferensi yang mungkin berasal dari sumber magnetik eksternal. Dengan menempatkan dua elemen Hall dalam konfigurasi diferensial, sensor ini dapat memitigasi pengaruh fluktuasi medan magnet yang tidak diinginkan, seperti gangguan dari peralatan listrik atau medan magnet latar belakang yang tidak stabil. Ini membuat sensor diferensial sangat berguna dalam aplikasi yang memerlukan tingkat akurasi tinggi dan

BAB X

Sensor Optocoupler

Dalam proses monitoring kecepatan perahu, diperlukan sistem yang dapat mendeteksi perubahan kecepatan dengan akurat dan menghasilkan data yang dapat diolah untuk analisis lebih lanjut. Untuk memenuhi kebutuhan ini, penggunaan sensor yang efektif dan andal sangat penting. Salah satu solusi teknologi yang sering dipilih untuk tugas ini adalah sensor optocoupler. Sensor optocoupler, dengan kemampuannya untuk mengisolasi dan mentransmisikan sinyal secara optik, menawarkan keunggulan dalam hal akurasi dan kestabilan.

Dengan memanfaatkan prinsip pemancaran dan penerimaan cahaya, sensor ini dapat mendeteksi perubahan kecepatan perahu dengan presisi tinggi, memastikan bahwa data yang diperoleh adalah representasi yang tepat dari kondisi operasional perahu. Implementasi sensor optocoupler dalam sistem monitoring kecepatan tidak hanya meningkatkan efektivitas pemantauan tetapi juga memungkinkan pengolahan data yang lebih akurat dan responsif terhadap perubahan kecepatan.



Definisi Sensor Optocoupler

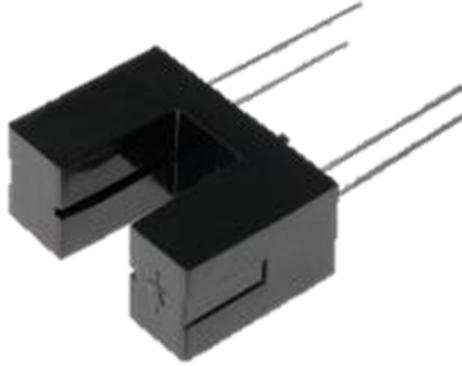
Sensor kecepatan adalah perangkat yang dirancang khusus untuk mengukur dan mengetahui kecepatan suatu objek atau sistem. Prinsip kerja sensor kecepatan melibatkan deteksi perubahan kecepatan melalui proses yang berfungsi secara kebalikan dari motor listrik. Dalam aplikasi praktis, sensor ini sering digunakan dalam sistem di mana sebuah poros atau objek yang berputar berhubungan dengan sebuah generator. Saat objek berputar, poros yang terhubung dengan sensor menghasilkan tegangan listrik yang proporsional dengan kecepatan putaran objek tersebut. Tegangan ini kemudian diukur dan dianalisis untuk menentukan kecepatan rotasi atau pergerakan objek.

Dengan memanfaatkan hubungan antara kecepatan putaran dan tegangan yang dihasilkan, sensor kecepatan memberikan data yang akurat dan dapat diandalkan untuk berbagai aplikasi, seperti pengontrolan kecepatan motor, monitoring mesin, dan sistem navigasi. Teknologi ini sangat penting dalam memastikan bahwa sistem beroperasi pada kecepatan yang diinginkan dan dapat memberikan informasi kritis yang diperlukan untuk pengaturan dan pemeliharaan yang efektif. Selain itu, kecepatan yang dapat diukur dalam suatu kecepatan yaitu:

1. Meter per detik dengan simbol m/detik
2. Kilometer per jam dengan simbol km/jam atau kph
3. Mil per jam dengan simbol mil/jam atau mph
4. Knot yaitu singkatan dari nautical mile per jam
5. Kecepatan putar mesin (rpm)

Menurut Indhana Sudiharto, dkk (2010), optocoupler adalah komponen penghubung (coupling) yang beroperasi berdasarkan prinsip pemancaran dan penerimaan cahaya optik untuk mentransfer sinyal antara dua bagian rangkaian elektronik secara efisien. Dalam sebuah optocoupler, terdapat dua elemen utama: dioda pemancar cahaya (LED) dan detektor cahaya, yang dipisahkan oleh jarak atau ruang dalam wadah tertutup. Ketika sinyal listrik diterapkan pada dioda pemancar, ia menghasilkan cahaya optik yang kemudian diterima oleh detektor di sisi lainnya. Proses

ini memungkinkan sinyal listrik untuk ditransfer tanpa adanya koneksi fisik langsung antara input dan output, sehingga menyediakan isolasi galvanik yang sangat penting.



Gambar 21 Bentuk Sensor optocoupler

Sensor optocoupler merupakan alat canggih yang dirancang untuk mendeteksi perubahan sinar inframerah, yang berperan penting dalam berbagai aplikasi elektronik dan kontrol. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan dua komponen utama: dioda pemancar cahaya (LED) yang memancarkan sinar inframerah dan detektor cahaya seperti fototransistor atau fotodioda yang menerima sinar tersebut. Ketika sinar inframerah yang dipancarkan oleh LED terkena objek atau mengalami perubahan, intensitas cahaya yang diterima oleh detektor juga akan berubah. Perubahan ini kemudian diubah menjadi sinyal listrik yang dapat diproses lebih lanjut (Nugroho dkk, 2015: 137).

Sensor optocoupler sangat berguna dalam situasi di mana isolasi galvanik antara bagian rangkaian diperlukan, karena dapat mentransfer sinyal tanpa adanya kontak langsung antara bagian input dan output, sehingga melindungi komponen sensitif dari gangguan listrik atau voltase tinggi. Kemampuannya untuk mendeteksi perubahan sinar inframerah secara akurat memungkinkan aplikasi yang bervariasi, mulai dari monitoring kecepatan hingga deteksi kehadiran dan pengendalian perangkat, menjadikannya komponen esensial dalam banyak sistem elektronik modern.

Unsur-Unsur Sensor Optocoupler

Sensor optocoupler merupakan komponen elektronik yang kompleks dan terdiri dari beberapa unsur kunci yang bekerja secara bersama untuk mentransfer sinyal dengan menggunakan cahaya optik. Optocoupler terdiri dari 2 bagian utama yaitu transmitter yang berfungsi sebagai pengirim cahaya optik dan Receiver yang berfungsi sebagai pendeteksi sumber cahaya. Selain itu, ada beberapa unsur-unsur yang terdapat dalam sensor optocoupler, yaitu:

1. Transmitter

Transmitter adalah perangkat penting dalam sistem komunikasi yang berfungsi untuk memproses dan memodifikasi sinyal input agar dapat ditransmisikan melalui kanal yang diinginkan. Peran utama transmitter adalah mengubah sinyal yang diterima menjadi bentuk yang sesuai untuk dikirimkan ke penerima melalui medium tertentu, seperti udara, kabel, atau serat optik. Dalam konteks radio, misalnya, transmitter bekerja dengan memodifikasi sinyal audio atau data menjadi sinyal radio yang dapat dipancarkan melalui gelombang elektromagnetik.

Ketika sebuah gelombang radio ingin dikirimkan ke lokasi yang jauh atau melewati rintangan seperti bukit, diperlukan perangkat tambahan yang disebut transceiver radio. Transceiver ini tidak hanya berfungsi untuk mengirimkan sinyal, tetapi juga untuk menerima sinyal yang dikirimkan kembali, sehingga memungkinkan komunikasi dua arah. Dalam hal ini, transceiver radio bekerja secara sinergis untuk memastikan bahwa sinyal dapat mencapai tujuan meskipun ada hambatan atau jarak yang jauh (Tohari, 2014: 3).

Dalam pemancar FM (Frequency Modulation), proses modulasi melibatkan perubahan frekuensi sinyal pembawa berdasarkan amplitudo sinyal pemodulasi, yaitu pesan yang ingin disampaikan. Proses ini mengakibatkan deviasi frekuensi yang sebanding dengan kekuatan sinyal pemodulasi, yang kemudian dipancarkan melalui gelombang radio. Modulasi frekuensi ini memungkinkan transmisi

sinyal yang lebih stabil dan kurang terpengaruh oleh gangguan dibandingkan dengan metode modulasi lainnya.

Sebaliknya, pada pemancar AM (Amplitude Modulation), modulasi dilakukan pada tingkat modulator yang merupakan tahap awal dari proses osilasi. Pada pemancar AM, perubahan dilakukan pada amplitudo sinyal pembawa, sementara frekuensinya tetap konstan. Perbedaan utama antara FM dan AM terletak pada cara sinyal dimodulasi dan dipancarkan, yang mempengaruhi kualitas sinyal yang diterima dan ketahanan terhadap gangguan. Dengan memahami perbedaan ini, kita dapat memilih jenis pemancar yang tepat sesuai dengan kebutuhan aplikasi komunikasi yang spesifik.

2. Receiver

Receiver adalah unsur kedua dalam sistem optocoupler yang memainkan peran krusial dalam mendeteksi cahaya yang dipancarkan oleh transmitter. Komponen ini dirancang untuk menerima cahaya optik yang dipancarkan oleh dioda pemancar pada sisi transmitter, dan mengubah cahaya tersebut menjadi sinyal listrik yang dapat diproses oleh rangkaian elektronik. Receiver dapat berupa beberapa jenis komponen, termasuk fototransistor, fotodioda, atau fotorelay, yang dipilih berdasarkan kebutuhan aplikasi dan spesifikasi dari sensor optocoupler tersebut.

Fototransistor adalah salah satu jenis receiver yang sering digunakan dalam sistem optocoupler. Komponen ini bekerja dengan cara mengubah cahaya yang diterimanya menjadi arus listrik. Fototransistor memiliki karakteristik respons yang cepat dan dapat menghasilkan sinyal listrik yang kuat dari cahaya optik yang diterimanya, membuatnya ideal untuk aplikasi yang memerlukan kecepatan dan akurasi tinggi. Fotodioda, di sisi lain, adalah komponen yang merespons cahaya dengan mengubahnya menjadi sinyal listrik melalui efek fotovoltaiik. Fotodioda umumnya digunakan dalam aplikasi yang memerlukan deteksi cahaya dengan tingkat kepekaan yang tinggi dan respons yang cepat.

Selain itu, fotorelay adalah jenis receiver yang menggabungkan elemen optik dan elektromekanis. Fotorelay menggunakan cahaya untuk mengaktifkan relay yang kemudian menghubungkan atau memutuskan sirkuit listrik. Ini memungkinkan fotorelay untuk digunakan dalam aplikasi di mana pemisahan optik diperlukan bersama dengan fungsi switching elektromekanis.

Receiver dalam sistem optocoupler berfungsi untuk memastikan bahwa sinyal optik yang diterima diubah menjadi sinyal listrik yang dapat diteruskan ke komponen atau sistem berikutnya dalam rangkaian elektronik. Proses konversi ini penting untuk memastikan bahwa informasi yang dikirimkan melalui cahaya optik dapat diproses dan digunakan dengan cara yang sesuai. Dengan berbagai jenis komponen receiver yang tersedia, sistem optocoupler dapat dioptimalkan untuk memenuhi berbagai kebutuhan aplikasi, mulai dari komunikasi data yang cepat dan akurat hingga aplikasi yang memerlukan isolasi galvanik untuk melindungi rangkaian elektronik yang sensitif.

3. Isolator

Isolator merupakan komponen penting dalam sistem elektronik yang berfungsi untuk memberikan perlindungan dan pemisahan antara bagian-bagian yang memiliki tegangan listrik yang berbeda. Perannya sebagai pelindung dan pemisah sangat krusial dalam menjaga integritas dan keamanan sistem elektronik, terutama dalam situasi di mana ada perbedaan besar dalam tingkat tegangan atau adanya potensi gangguan listrik. Isolator membantu mencegah terjadinya arus pendek atau kerusakan pada komponen sensitif dengan memisahkan bagian yang bertegangan tinggi dari bagian lain yang mungkin memiliki tegangan rendah atau tidak bertegangan (Tobing, 2012, 24–25).

Dalam konteks sensor, isolator sering digunakan untuk menyediakan isolasi galvanik antara bagian input dan output sensor. Isolasi galvanik ini penting karena memungkinkan sensor untuk

beroperasi dengan aman tanpa adanya gangguan dari lonjakan voltase yang mungkin terjadi di bagian lain dari sistem. Tanpa isolasi yang memadai, lonjakan tegangan atau gangguan listrik bisa merusak komponen sensor atau bahkan menyebabkan kegagalan sistem yang lebih luas. Dengan memisahkan bagian input dari output, isolator melindungi rangkaian elektronik dari risiko kerusakan yang disebabkan oleh fluktuasi tegangan yang tiba-tiba atau gangguan dari sumber luar.

Isolator tidak hanya berfungsi untuk melindungi rangkaian elektronik, tetapi juga untuk memastikan bahwa sistem bekerja dengan stabil dan akurat. Dengan menghilangkan potensi gangguan dan fluktuasi tegangan, isolator memungkinkan komponen elektronik untuk beroperasi dalam kondisi optimal. Selain itu, isolator membantu meningkatkan keselamatan operasional dengan mencegah kontak langsung antara bagian-bagian yang bertegangan tinggi dan komponen yang mungkin dapat tersentuh oleh pengguna atau teknisi.

4. Housing

Housing atau wadah sensor optocoupler memegang peranan penting dalam menjaga kinerja dan keandalan sensor dengan melindungi serta menahan komponen-komponen di dalamnya pada posisi yang tepat. Fungsi utama dari housing ini adalah untuk menyediakan perlindungan fisik terhadap komponen sensitif dari berbagai faktor eksternal yang dapat mempengaruhi operasional sensor. Housing dirancang dengan material yang mampu menahan benturan, getaran, dan kondisi lingkungan yang mungkin merugikan, seperti debu, kelembapan, atau suhu ekstrem, sehingga memastikan bahwa sensor tetap berfungsi dengan baik dalam berbagai kondisi.

Selain memberikan perlindungan fisik, housing juga memainkan peran krusial dalam meminimalkan interferensi eksternal yang dapat mempengaruhi sinyal optik yang dikirim dan diterima oleh sensor. Dalam banyak aplikasi, interferensi elektromagnetik atau gangguan optik dari sumber lain bisa menyebabkan penurunan akurasi atau

BAB XI

Studi Kasus: Implementasi Kecepatan Perahu Listrik Pada Penumpang Wisata Religi di Sayung

Salah satu jenis wisata yang semakin menarik perhatian banyak orang adalah wisata religi. Wisata religi adalah bentuk perjalanan yang dirancang khusus untuk memenuhi kebutuhan rohani manusia dengan mengunjungi tempat-tempat yang dianggap memiliki nilai-nilai religius atau spiritual yang mendalam. Wisata religi bukan hanya tentang berkunjung ke lokasi-lokasi yang bersejarah atau sakral, tetapi juga tentang mengalami pengalaman spiritual yang dapat memperkuat iman dan memberikan kedamaian batin bagi para pengunjung.

Dalam wisata religi, tujuan utamanya adalah untuk mencari dan merasakan kedekatan dengan aspek spiritual dan keagamaan dari suatu tempat. Banyak tempat yang dianggap religius memiliki sejarah panjang dan memiliki makna yang mendalam bagi umat agama tertentu. Wisata religi kini menjadi salah satu objek yang sangat diminati oleh masyarakat di berbagai belahan dunia. Wisata religi, yang juga dikenal dengan istilah wisata agama, melibatkan kunjungan ke tempat-tempat



yang dianggap suci, seperti situs-situs keagamaan atau makam orang-orang besar yang memiliki nilai sejarah dan religius (Anwar, 2017: 187—188).

Dalam konteks wisata religi, para pengunjung sering kali melakukan perjalanan ke lokasi-lokasi yang memiliki makna mendalam dalam konteks keagamaan atau kepercayaan mereka. Hal ini termasuk ziarah ke tempat-tempat suci yang menjadi pusat ibadah atau penyelenggaraan ritual-ritual penting dalam agama tertentu. Wisata religi juga sering kali menjadi momen refleksi pribadi dan penguatan iman. Bagi banyak orang, perjalanan ini merupakan kesempatan untuk mendekatkan diri kepada Tuhan atau kekuatan spiritual yang mereka percayai, serta untuk memperbaharui komitmen mereka terhadap ajaran agama mereka.

Sayung adalah salah satu kecamatan yang terletak di Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Sayung memiliki letak geografis yang strategis dengan batas-batas wilayah yang jelas. Di sebelah utara, Kecamatan Sayung berbatasan langsung dengan Laut Jawa, menawarkan pemandangan pantai dan potensi ekonomi yang berkaitan dengan perikanan. Di sebelah timur, kecamatan ini berbatasan dengan Kecamatan Karangtengah, sedangkan di sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Mranggen. Di sebelah barat, Kecamatan Sayung berbatasan dengan Kota Semarang, yang merupakan salah satu kota besar di provinsi ini.

Sayung dikenal sebagai destinasi wisata bernuansa religi yang menawarkan lebih dari sekadar kunjungan spiritual. Dengan latar belakang kekayaan budaya dan warisan spiritual yang mendalam, Sayung memberikan kesempatan kepada masyarakatnya untuk merasakan manfaat ekonomi dari sektor pariwisata. Hal ini tidak hanya memberikan ruang bagi pengunjung untuk mengeksplorasi dimensi religius, tetapi juga membuka peluang bagi masyarakat lokal untuk meningkatkan pendapatan ekonomi mereka melalui berbagai kegiatan wisata.



Gambar 23 Peta Wisata Religi di Sayung

Keberadaan wisata religi di Sayung memberikan dampak positif yang signifikan terhadap perekonomian masyarakat sekitar. Untuk mendukung perkembangan pariwisata dan meningkatkan kenyamanan serta keselamatan pengunjung, perhatian pada aspek transportasi juga menjadi hal yang penting. Transportasi air di Sayung berperan penting dalam mendukung wisata religi yang populer di daerah tersebut. Di Sayung, transportasi air tradisional, seperti perahu dan kapal kecil, telah lama digunakan untuk menghubungkan pengunjung dengan lokasi-lokasi keagamaan penting. Perahu-perahu ini seringkali merupakan sarana utama bagi wisatawan yang ingin mengunjungi masjid, vihara, atau gereja yang terletak di sepanjang jalur perairan.

Perahu-perahu yang selama ini digunakan untuk transportasi di perairan masih mengandalkan bahan bakar bensin, yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan akibat emisi polusi dan ketergantungan pada sumber energi fosil. Menyadari pentingnya perlunya solusi yang lebih ramah lingkungan, muncul sebuah inovasi berupa perahu listrik yang memanfaatkan energi cahaya matahari. Teknologi ini tidak hanya menawarkan alternatif yang lebih bersih dan efisien, tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan dengan mengurangi jejak karbon serta polusi suara di perairan (Ichsan, 2023: 1).



Gambar 23.1 Perahu Listrik Yang Digunakan Dalam Wisata Religi di Sayung

Perahu listrik yang didukung oleh panel surya ini memungkinkan operasional yang lebih berkelanjutan dan berfungsi sebagai contoh positif dalam upaya pengembangan pariwisata yang selaras dengan prinsip-prinsip ekoturisme, menjadikan Sayung sebagai pelopor dalam adopsi teknologi ramah lingkungan di sektor transportasi perairan. Kecepatan perahu listrik juga menjadi faktor krusial dalam memastikan kenyamanan dan keamanan penumpang. Kecepatan yang tepat dapat meningkatkan pengalaman pengunjung dengan memberikan perjalanan yang halus dan menyenangkan. Terlalu cepat atau terlalu lambat dapat mengganggu kenyamanan penumpang, sehingga penting untuk menetapkan kecepatan yang optimal.

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengontrol kecepatan perahu listrik secara efektif. Tiga metode tersebut telah diimplementasikan oleh para peneliti, seperti Metode PID (Open Loop) oleh Muhammad Yusril Ichsan (2023), penggunaan Sensor Hall Effect oleh Muhammad Winarko (2023), dan penggunaan Sensor Optocoupler oleh Aisa Fitriani Dwi Mahanani (2023). Masing-masing metode ini memiliki keunggulan dan aplikasi yang spesifik, yang berkontribusi pada pengembangan teknologi perahu listrik yang lebih efisien dan akurat.

1. Metode PID (Open Loop)

Metode Proportional-Integral-Derivative (PID) adalah salah satu teknik pengendalian yang sangat populer dalam berbagai aplikasi otomasi, termasuk dalam pengaturan kecepatan perahu listrik. PID berfungsi untuk mengatur dan mengontrol kecepatan dengan cara yang sangat terstruktur, memanfaatkan tiga parameter kunci yang masing-masing berperan penting dalam memastikan performa sistem yang optimal. Parameter-parameter ini adalah proporsional, integral, dan derivatif, yang bersama-sama bekerja untuk mencapai pengendalian yang akurat dan efisien.

Menurut Ichsan (2023: 85), dalam mendesain alat pengaturan kecepatan motor AC 3 phase menggunakan kontroler PID, terdapat beberapa komponen utama yang harus dipertimbangkan untuk memastikan sistem berfungsi secara efisien. Proses dimulai dengan penggunaan baterai 12 V sebagai sumber daya utama. Tegangan dari baterai ini kemudian diturunkan menjadi 6 V melalui stepdown converter LM2596. Tegangan yang telah diturunkan ini digunakan sebagai sumber input untuk Arduino, yang berfungsi sebagai pusat kontrol sistem. Pada Arduino, beberapa komponen penting seperti potensiometer dan PWM to Voltage dipasang untuk mengatur dan memanipulasi sinyal kontrol.

Selanjutnya, sinyal dari PWM to Voltage diteruskan ke Variable Frequency Drive (VFD). VFD memainkan peran kunci dalam mengubah tegangan dan frekuensi dari sumber daya listrik untuk mengendalikan motor AC 3 phase. Sumber daya AC 1 phase dihasilkan dari inverter yang mengubah tegangan DC dari baterai menjadi AC 1 phase. Setelah itu, tegangan AC 1 phase ini masuk ke VFD, di mana ia dikonversi menjadi AC 3 phase yang diperlukan untuk mengoperasikan motor AC 3 phase. Proses ini memungkinkan pengaturan kecepatan motor dengan akurat sesuai dengan kebutuhan operasional.

Pengaruh kontroler PID dalam pengaturan kecepatan motor AC 3 phase sangat signifikan. Dengan menggunakan kontroler PID, sistem dapat menstabilkan nilai set frekuensi pada 50 Hz. Pengaturan ini dilakukan dengan parameter PID yang telah dikalibrasi dengan nilai $K_p = 3.5$, $K_i = 1.4$, dan $K_d = 7.5$. Hasil pengaturan menunjukkan nilai overshoot sekitar 1% dan rise time sebesar 1,046 ms, menandakan bahwa sistem dapat mencapai kecepatan target dengan tingkat akurasi dan stabilitas yang tinggi.

Karakteristik motor AC 3 phase sangat dipengaruhi oleh frekuensi yang disetting. Pada frekuensi 10 Hz, nilai rata-rata arus (u, v, w) adalah 2,24 A, tegangan rata-rata (u, v, w) adalah 34,41 V, dan rpm yang dihasilkan adalah 323,1. Ketika frekuensi ditingkatkan menjadi 20 Hz, nilai rata-rata arus meningkat menjadi 3,21 A, tegangan rata-rata menjadi 39,43 V, dan rpm mencapai 870,1. Pada frekuensi 30 Hz, arus rata-rata menjadi 3,56 A, tegangan rata-rata 53,67 V, dan rpm meningkat menjadi 1016,3. Dengan frekuensi 40 Hz, nilai rata-rata arus adalah 4,68 A, tegangan rata-rata 165,83 V, dan rpm mencapai 1184,4. Terakhir, pada frekuensi 50 Hz, arus rata-rata mencapai 4,85 A, tegangan rata-rata 226,5 V, dan rpm yang dihasilkan adalah 1216 (Ichsan, 2023: 76—84),

Dari data ini, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai frekuensi yang diatur, semakin besar pula nilai arus, tegangan, dan rpm yang dihasilkan oleh motor AC 3 phase. Hal ini menunjukkan hubungan langsung antara frekuensi dengan performa motor, di mana peningkatan frekuensi secara signifikan mempengaruhi output motor. Pengaturan yang tepat dan kalibrasi sistem dengan kontroler PID memungkinkan motor AC 3 phase beroperasi dengan efisiensi tinggi, mengoptimalkan kinerja dan daya output sesuai dengan kebutuhan aplikasi.

Meskipun metode PID sering digunakan dalam konfigurasi open loop—di mana sistem tidak menerima umpan balik langsung tentang kinerja secara real-time—metode ini masih dapat memberikan

Daftar Pustaka

- Afif, Muhammad Thowil dan Ilham Ayu Putri Pratiwi. 2015. Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik-Review”. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(2), h. 95—99.
- Aiello, Orazio. 2019. “Hall-Effect Current Sensors Susceptibility to Emi: Experimental Study.” *Electronics*, 8(11).
- Aji, Febry Purnomo, Arip Solehudin, dan Chaerur Rozikin. 2021. “Implementasi Sensor Ultrasonik Dalam Mendeteksi Volume Limbah B3 Pada Tempat Sampah Berbasis Internet of Things.” *Jurnal Ilmiah Informatika* 6(2), h. 117—126.
- Alfan, Alfiru Nur dan Viki Ramadhan. 2022. “Prototype Detektor Gas dan Monitoring Suhu Berbasis Arduino Uno.” *Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer*, 9(2), h. 61—69.
- Almanda, Deni dan Habil Yusuf. 2017. “Perancangan Prototype Proteksi Arus Beban Lebih Pada Beban DC Menggunakan Mikrokontroler.” *Jurnal Elektum*, 14(2), h. 25—34.
- Amin, Muhammad, dan Muhammad Syahputra Novelan. 2020. “Sistem Kendali Obstacle Avoidance Robot Sebagai Prototype Social Distancing Menggunakan Sensor Ultrasonic dan Arduino.” *Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, 5(1), h. 148—153.
- Anwar, Muhammad Fahrizal, dkk. 2017. “Analisis Dampak Pengembangan Wisata Religi Makam Sunan Malik Ibrahim dalam Kehidupan Sosial dan Ekonomi Masyarakat Sekitar”, *Jurnal Administrasi Bisnis*, 44(1), h. 187—188.



- Arifin, M. 2019. *Sensor dan Pengukuran dalam Teknik Elektronika*. Malang: UMM Press.
- Bagia, I Nyoman dan I Made Pars. 2018. *Motor-Motor Listrik*. Kupang: CV. Rasi Terbit.
- Bose, Bimal. 2002. *Modern Power Electronics and AC Drives*. New Jersey: Prentice Hall.
- Brown, J. L., & Anderson, S. 2021. “Electric Boat Technology and Market Trends: A Comprehensive Review”. *Journal of Marine Technology*, 18(1), h. 45—59
- Diah, Iradiratu dan Belly Yan Dewantara. 2020. “Perhitungan Kebutuhan Daya Listrik untuk Penggerak Perahu Nelayan Bertenaga Surya.” *Cyclotron*, 3(1).
- Fitzgerald A. E, dkk. 1997. *Mesin-Mesin Listrik Terjemahan Edisi Keempat*. Jakarta: PT.Gelora Aksara Pratama.
- Hartono, M. 2017. *Sensor dan Transduser untuk Otomasi Industri*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Hughes, Austin. 2005. *Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications*. Amsterdam: Elsevier.
- Hughes, H. P. 2018. *Electric Boats: From Early Days to Modern Developments*. Nautical Publishing.
- Ichsan, Muhammad Yusril. 2023. “Pengaturan Kecepatan Perahu Dengan Motor AC 3 Phase Menggunakan Metode PID (Open Loop) di wisata Religi Sayung”. Skripsi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Semarang.
- Jaelani, Iskandar, Sherwin R.U.A. Sompie, dan Dringhuzen J. Mamahit. 2015. “Rancang Bangun Rumah Pintar Otomatis Berbasis Sensor Suhu, Sensor Cahaya, dan Sensor Hujan”. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 5(1), h. 1—10.
- Johnson, R. T., & Carter, L. M. 2019. “The Impact of Environmental Awareness on Electric Boat Development”. *Journal of Marine Technology and Environment*, 14(2), h. 103—116.
- Khaidir, Muhammad. 2021. “Pengukuran Aliran Air dan Tinggi Muka Air Pada Saluran Irigasi Dengan Hall Effect Sensor dan Ultrasonik.” *Jurnal Teknologi dan Komputer (JTEK)*, 1(1), h. 61—65.
- Kosasih, Deny Poniman. 2018. “Pengaruh Variasi Larutan Elektrolite Pada Accumulator Terhadap Arus dan Tegangan.” *MESA (Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Sipil, Teknik Arsitektur)*, 2(2), h. 33—45.

- Leksono, Jati Widyo, dkk. 2019. *Modul Belajar Arduino Uno*. Jombang: Universitas Hasyim Asy'ari.
- Maharani, Aisa Fitriani Dwi. 2023. Analisa Kecepatan Menggunakan Sensor Optocoupler Pada Perahu Listrik di Sayung Demak. Skripsi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Semarang.
- Melipurbowo, Bambang Ghiri. 2016. "Pengukuran Daya Listrik Real Time Dengan Menggunakan Sensor Arus Acs. 712." *Orbith: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa dan Sosial*, 12(1).
- Muhajirin dan Lisah. 2017. "Sistem Keamanan Pintu Berbasis Arduino Mega." *Jurnal Informatika Upgris*, 3(2).
- Mulyatno, Imam Pujo, dan Anggriawan Pratama. 2012. "Analisa Kekuatan Konstruksi Car Deck pada Kapal KM. Dharma Ferry 3 dengan Metode Elemen Hingga." *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 8(2), h. 53—61.
- Nasution, Muslih. 2021. "Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik." *Journal of Electrical Technology*, 6(1), h. 35—40.
- Naufal, Muhammad Iqbal dan Irwanto Irwanto. 2023. "Motor Listrik 3 Phase Sebagai Sistem Penggerak Motor Roll Pada Mesin Case Sealer di Pt. Matahari Megah." *Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(1), h. 32—45.
- Nuari, Sandhy, dkk. 2018. "Analisis Starting Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC)". *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, 2(2), h. 60—67
- Nugroho, S. A., Suryawan, I. K. D., & Wardana, I. N. K. (2015). Penerapan Mikrokontroler Sebagai Sistem Kendali Pe. *Jurnal Eksplora Informatika*, 4(2)(2), 135 – 144
- Nugroho, Satrio Adhi, I. Ketut Dedy Suryawan, dan I. Nyoman Kusuma Wardana. 2015. "Penerapan mikrokontroler sebagai sistem kendali perangkat listrik berbasis android." *Jurnal Eksplora Informatik*, 4(2), h. 135—144.
- Nugroho, Wendy Triadji. 2015. "Pengaruh Model Serat Pada Bahan Fiberglass Terhadap Kekuatan, Ketangguhan, dan Kekerasan Material." *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 15(1).
- Nur Alfian, A., & Ramadhan, V. (2022). Prototype Detektor Gas Dan Monitoring Suhu Berbasis Arduino Uno. *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset Dan Observasi Sistem Komputer*, 9(2), 61–69.

- Nuraini, R. 2022. “Klasifikasi Citra Jenis Kapasitor Menggunakan Kombinasi Algoritma K-Nearest Neighbor dan Principal Component Analysis”. *Journal of Computer System and Informatics*, 3(3), h. 133—140.
- Nurchahyo, B. P. H. dan E. 2017. “Analisis Hemat Energi Pada Inverter Sebagai Pengatur Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa”. *Elektrika*, 1(1).
- Nurjaman, Hendi Bagja, dan Trisna Purnama. 2022. “Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga.” *Jurnal Edukasi Elektro*, 6(2), h. 136—142.
- Nurpalah, Muhamad Rizki, dan Hamid Abdillah. 2024. “Analisis Kompetensi Yang Dibutuhkan Nelayan Dalam Menghadapi Perkembangan Teknologi Kapal Propulsi Listrik.” *Journal of Mechanical Engineering and Science*, 5(1), h. 32—42.
- Nursanto, Joko. 2016. “Perancangan Perahu Listrik Bertenaga Surya Di Kota Pontianak.” *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, 4(2).
- Pambuka, Rengga Ngesthi dan Dwi Teguh Rahardjo. 2018. “Pembuatan Alat Eksperimen Induksi Magnet Pada Toroida Menggunakan Arduino dan Hall Effect Sensor.” *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, 8(2), h. 33—38.
- Pamikiran, Revols D. Ch, Frangky E. Kaparang, dan Heffry V. Dien. 2017. “Kajian Kecepatan dan Kestabilan Pada Beberapa Bentuk Kapal Pukat Cincin (Small Purse-Seiner) di Sulawesi Utara (Study on the boat speed and stability of several Small Purse-seiner in North Sulawesi).” *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap*, 2(5).
- Prabowo, S. 2016. *Dasar-Dasar Elektronika dan Instrumentasi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Prasetyo, Imam dan Iwan Saputro. 2018. “Perbaikan dan Perawatan Aki Basah.” *Surya Teknika*, 8(2), h. 17—23.
- Priahutama, A. B., Sukmadi, T., & Setiawan, I. 2010. Perancangan Modul Soft Starting Motor Induksi 3 Phase dengan Atmega 8535. *Transmisi*, 12(4), 160—167.
- Putri, R. I., Fauziyah, M., & Setiawan, A. 2009. “Penerapan Kontroler Neural Fuzzy Untuk Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Pada Mesin Sentrifugal”. *Journal of Informatics, Control Systems, and Computers*, 3(1), h. 53—65.
- Ramsden, E. 2018. *Hall-Effect Sensors: Theory and Application*. Elsevier.

- Riyanto, S., & Sapriadi, A. 2018. Analisis Pengasutan Motor Induksi Tiga Fasa 15 HP Menggunakan Metode Dol (Direct on Line) Pada PDAM Juwata Laut Tarakan. *Elektrika Borneo*, 4(2), h. 11—16.
- Rizaldi, Muhammad Addin, dkk. 2022. “Literature Review: Dampak Paparan Gas Karbon Monoksida Terhadap Kesehatan Masyarakat Yang Rentan dan Berisiko Tinggi.” *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 21(3), h. 253—265.
- Rofiq, Muhammad, dan M. Yusron. 2014. “Perancangan Sistem Kontrol dan Monitoring Lampu Dengan Memanfaatkan Teknologi Bluetooth Pada Smartphone Android.” *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 8(1), h. 14—23.
- Sari, Reza Emelia Yuni Wulan dan Trapsilo Prihandono. 2015. “Aplikasi Medan Magnet Extremely Low Frequency (elf) 100 μ T dan 300 μ T Pada Pertumbuhan Tanaman Tomat Ranti.” *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4(2).
- Sarjono, Rudy Gianto, dan Ayong Hiendro. 2020. “Evaluasi Kinerja Motor Induksi 3 Fasa 100 Hp/75 Kw Pada Panel Star-Delta di Pdam Tirta Raya Adi Sucipto.” *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology*, 2(1).
- Satya, Trias Prima, Muhammad Rifqi Al Fauzan, dan Estu Muhammad Dwi Admoko. 2019. “Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due Untuk Sistem Monitoring Ketinggian.” *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 15(2), h. 36—39.
- Setiawan, B. 2018. *Teknologi Sensor dan Instrumentasi Modern*. Bandung: Alfabeta.
- Setiawan, David. 2017. “Sistem Kontrol Motor Dc Menggunakan Pwm Arduino Berbasis Android System.” *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 15(1), h. 7—14.
- Situmorang, Bastian L. 2019. “Studi Analisis Kualitas Daya Listrik Pada Automatic Transfer Switch (ATS) Saat Peralihan Beban.” *Jurnal Teknologi Elektro Universitas Tanjung Pura*, 2(1), h. 1—11.
- Suari, Muharmen. 2017. “Pemanfatan Arduino Nano Dalam Perancangan Media Pembelajaran Fisika.” *Natural Science*, 3(2), h. 474—480.
- Sudrajat, A. 2011. *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung: PT Refika Aditama.
- Suharso, Arif Rakhman, dkk. 2022. “Pengujian Tingkat Ketelitian Potensiometer pada Simulasi Kemudi Kapal.” *WAVE: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim* 16(2), h. 79—86.

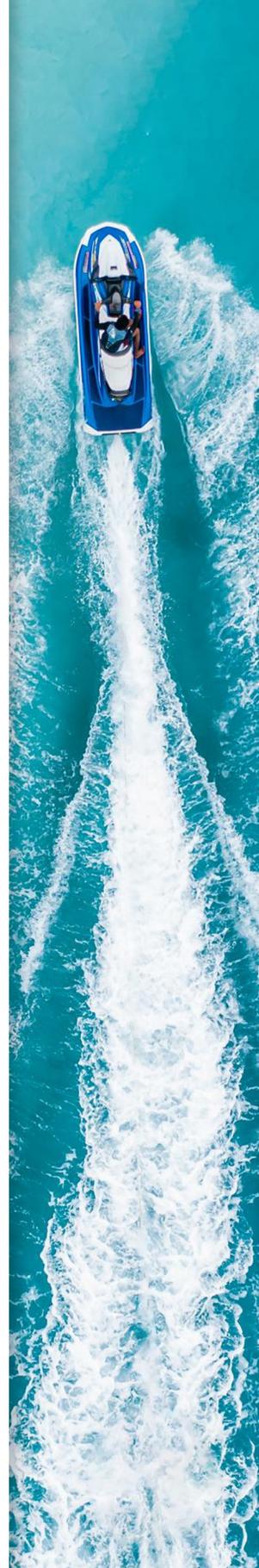
- Syahbana, Ali. 2013. "Alternatif pemahaman konsep umum volume suatu bangun ruang." *Edumatica* 3(2), h. 1-7.
- Tanti, Dyah Aries, Tuti Budiwati, dan Sumaryati Sumaryati. 2019. "Prediksi Konsentrasi Nitrogen Oksida (NO, NO_x) Ambien Dengan Menggunakan Konsentrasi NO₂ dan O₃ Dari Passive Sampler (Studi Kasus: Cipedes, Bandung)." *Jurnal Sains Dirgantara*, 16(2), h. 91—104.
- Tobing, Bonggas L. 2012. *Peralatan Tegangan Tinggi*. Jakarta: Erlangga.
- Tohari. 2014. "Fungsi Transmitter Pada Simulator Sistem Peringatan Dini Pengendalian Banjir Dengan Electronic Data Proses." *Jurnal Orang Elektro*, 3(2).
- Wahyu, Ginanjar Wahyu. 2022. *Modul Ajar Fase F: Merawat Baterai dan Pemeliharaan Kelistrikan Sepeda Motor*. Karanganyar: Universitas Negeri Medan.
- Wibowo, H. 2021. *Pengantar Sistem Sensor dan Instrumentasi*. Surabaya: Kencana.
- Williams, T. L., & Anderson, J. R. 2020. "Early Electric Boat Technology and Its Impact". *Journal of Marine Engineering and Technology*, 22(3), h. 145—160
- Winarko, Muhammad. 2023. *Sensor Hall Effect Sebagai Pengukur Kecepatan Perahu Listrik Penumpang Wisata Religi di Sayung*. Skripsi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Semarang.
- Yuniati, Yetti, Melvi Ulvan, dan Mardiyah Azzahra. 2017. "Implementasi Modul Global Positioning System (GPS) Pada Sistem Tracking Bus Rapid Transit (Brt) Lampung Menuju Smart Transportation." *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 14(2), h. 150—156.
- Zen, Hardi, Eko Marta, dan Zakky Murakhm. 2009. "Perancangan Sensor Arus Sebagai Pengaman Rangkaian Driver Motor DC SS40E8-T0." *Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, 3(1), h. 14—18.
- Ziliwu, Bobby Wisely. 2021. "Pengoperasian dan Perawatan Sistem Pendingin Pada Mesin Induk Kapal KM Sido Mulyo Santoso di PPN Sibolga." *Aurelia Journal*, 2(2), h. 75.

Profile Penulis



Satria Pinandita ST, M. Eng., lahir di Semarang, pada tanggal 6 Januari 1991. Pendidikan S1 ditempuh di Universitas Dian Nuswantoro (UDINUS) dan S2 ditempuh di Universitas Gadjah Mada (UGM); Saat ini penulis sedang melanjutkan studi S3 di Universitas Negeri Yogyakarta. Gelar S.T. bidang Teknik Elektro diraihnya pada tahun 2014 serta berkesempatan *Short Term Exchange Program Student Mobility* di University Teknik Malaysia Melaka (UTEM) dan gelar M.Eng. bidang “Teknologi Rekayasa Energi Terbarukan” pada tahun 2016.

Sejak tahun 2016 hingga 2017 beliau bertugas sebagai dosen kontrak di Akademi Teknik Elektro Medik Semarang (ATEM). Tahun 2017 hingga sekarang bertugas sebagai dosen tetap di Universitas Semarang (USM). Mata kuliah yang diampu selama ini, pada program studi S1 Teknik Elektro USM, antara lain Mata Kuliah: Material Teknik Listrik, Sistem Energi Baru dan Terbarukan, Dasar Teknik Tenaga Listrik, dan Dasar Konversi Energi Listrik. Penulis juga aktif dalam kegiatan di luar akademik sebagai konsultan bisnis engineering di bidang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di PT. Tripower Solar Nusantara (TSN).



Dalam peran ini, penulis bertanggung jawab atas berbagai proyek strategis yang melibatkan analisis teknis, pengembangan solusi energi terbarukan, serta implementasi teknologi PLTS untuk klien perusahaan. Pengalaman ini telah memperkaya keahlian penulis dalam manajemen proyek, pemecahan masalah teknis, dan konsultasi bisnis yang berfokus pada keberlanjutan dan efisiensi energi.



Dr. Supari, S.T., M.T., lahir di Sragen, pada tanggal 10 Januari 1969. Pendidikan S1 ditempuh di Universitas Diponegoro (UNDIP) dan S2 ditempuh di Universitas Gadjah Mada (UGM), dan S3 ditempuh di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Gelar S.T bidang Teknik Elektro diraihnya pada tahun 1996; Gelar M.T bidang Teknik Elektro diraihnya pada tahun 2001; dan Gelar Doktor diraihnya pada tahun 2012, serta berkesempatan *Short Term Exchange Program* di Kumamoto University Japan pada tahun 2009-2010.

Sejak tahun 1996—sekarang, penulis menjadi Dosen Tetap di Universitas Semarang (USM), serta sebagai Tim Penilai Angka Kredit Jabatan Fungsional Akademik Dosen PTN dan PTS Wilayah VI Jawa Tengah. Penulis memiliki rekam jejak yang luas dalam dunia akademik, dimulai dengan posisi sebagai Kepala Laboratorium Instalasi Tenaga Listrik dari tahun 1996 hingga 1999. Selama periode yang sama, penulis juga menjabat sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Elektro dari tahun 1997 hingga 1999.

Pada tahun 2003 hingga 2005, penulis memimpin Laboratorium Mikroprosesor dan Mikro sebagai Kepala Laboratorium. Melanjutkan kariernya, penulis menjadi Sekretaris Fakultas Teknik dari tahun 2004 hingga 2008, sebelum kemudian diangkat sebagai Ketua Tim Monitoring dan Evaluasi Badan Penjaminan Mutu (BPM) dari tahun 2005 hingga 2010. Penulis kemudian menjabat sebagai Wakil Rektor I Bidang Akademik dari tahun 2012 hingga 2017, sebelum menjadi Wakil Rektor III Bidang Kemahasiswaan dan Alumni pada tahun 2020 hingga 2021.

Saat ini, penulis menjabat sebagai Rektor Universitas Semarang sejak tahun 2021. Penulis memiliki pengalaman profesional yang kaya dan beragam di bidang teknik, dimulai sejak tahun 1996 hingga sekarang sebagai Insinyur Perencana, Pelaksana, dan Pengawas untuk pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, dan Plumbing pada gedung bertingkat, jalan umum, dan pelabuhan. Selama periode 1997 hingga 1999, penulis juga menjabat sebagai Insinyur Listrik & Elektronik untuk industri tekstil multinasional. Sejak tahun 2018 hingga saat ini, penulis berperan sebagai Asesor Uji Kompetensi Ketenagalistrikan di bidang Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik, memberikan penilaian dan verifikasi kompetensi profesional di sektor ini. Kombinasi pengalaman praktis dan evaluasi kompetensi ini telah menjadikan penulis sebagai ahli yang dihormati dalam bidang ketenagalistrikan.



Muhammad Yusril Ichsan, lahir di Semarang pada 12 Juli 1998. Penulis tinggal di Jl. Beringin Asri Rt 05 Rw 11 No. 424, Kel. Wonosari, Kec. Ngaliyan, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Penulis memulai pendidikan formalnya di SD Negeri Karanganyar 01 dari tahun 2005 hingga 2011. Setelah itu, ia melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Semarang dari tahun 2011 hingga 2014, dan kemudian bersekolah di SMK Negeri 7 Semarang selama periode 2014 hingga 2018.

Setelah menyelesaikan pendidikan menengah atas, penulis melanjutkan studinya ke jenjang pendidikan tinggi dengan memilih Program Studi Teknik Elektro di Fakultas Teknik Universitas Semarang. Penulis memulai studi di universitas tersebut pada tahun 2019 dan menyelesaikannya pada tahun 2023. Dengan ketekunan, motivasi tinggi, Penulis berharap dapat memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan dan memberikan manfaat yang signifikan bagi masyarakat luas.



Muhammad Winarko, S.T., lahir di Pati pada 12 Maret 2001. Penulis adalah seorang profesional yang telah menunjukkan dedikasi dan keberhasilan dalam bidang teknik elektro. Setelah menyelesaikan pendidikan dasar dan menengah, penulis melanjutkan studi di Universitas Semarang (USM), di mana ia menempuh Program Studi Teknik Elektro. Ia berhasil meraih gelar Sarjana Teknik pada tahun 2023, menandai pencapaian akademis yang signifikan dalam perjalanan pendidikannya.

Setelah lulus penulis memulai karirnya sebagai teknisi di PT Bringin Girgantara, sebuah perusahaan yang bergerak di bidang teknologi. Di PT Bringin Girgantara, ia mengemban tugas sebagai Teknisi UPS dan CCTV ATM. Dalam perannya ini, Muhammad bertanggung jawab atas pemeliharaan dan perbaikan sistem Uninterruptible Power Supply (UPS) serta sistem Closed-Circuit Television (CCTV) yang digunakan untuk keamanan mesin Automated Teller Machine (ATM). Pengalaman ini memberinya kesempatan untuk menerapkan keterampilan teknis yang telah dipelajarinya selama pendidikan tinggi dan memberikan kontribusi nyata dalam mendukung operasional perusahaan.

Di samping karirnya sebagai teknisi, Muhammad juga menjalankan bisnis sampingan sebagai pengusaha cabai di Pati. Kegiatan ini menunjukkan kemampuannya untuk mengelola usaha kecil dan menerapkan prinsip-prinsip kewirausahaan. Bisnis cabai yang dikelolanya tidak hanya memperluas portofolio karirnya tetapi juga memberikan dampak positif bagi ekonomi lokal. Melalui kombinasi antara pekerjaan profesional dan usaha sampingan ini, penulis menunjukkan kemampuannya untuk menyeimbangkan berbagai aspek kehidupan dan mencapai kesuksesan dalam berbagai bidang.



Aisa Fitriani Dwi Maharani, S.T., lahir di Grobogan pada 1 Februari 1998, merupakan seorang lulusan Teknik Elektro yang menunjukkan dedikasi tinggi dalam bidangnya. Setelah menyelesaikan pendidikan dasar dan menengah di tempat asalnya, penulis melanjutkan studi di Universitas Semarang (USM). Di universitas ini, ia mengambil Program Studi Teknik Elektro dan berhasil meraih gelar Sarjana Teknik pada tahun 2024. Pendidikan yang ditempuhnya memberikan dasar yang kuat dalam pengetahuan teknis dan aplikasi praktis dalam bidang teknik elektro.

Saat ini, penulis bekerja di PT. Formosa Bag Indonesia sebagai staf humas. Dalam peran ini, penulis bertanggung jawab untuk mengelola komunikasi eksternal perusahaan, memastikan bahwa informasi yang disampaikan kepada publik adalah akurat dan sesuai dengan citra perusahaan. Pekerjaan ini memanfaatkan keterampilan komunikasi dan organisasi yang diperolehnya selama masa studinya, dan memberikan peluang untuk menerapkan keterampilan tersebut dalam konteks profesional.

KECEPATAN PERAHU LI[⚡]TRIK

Implementasi Motor
AC 3 Phase, Sensor Hall Effect
dan Sensor Optocoupler

Perahu listrik telah menjadi inovasi yang menjanjikan dalam teknologi transportasi air yang ramah lingkungan. Sebagai alternatif yang lebih bersih dan efisien dibandingkan perahu bertenaga bahan bakar fosil, perahu listrik memanfaatkan sumber energi terbarukan dan teknologi canggih untuk mengurangi dampak lingkungan.

Berbeda dengan perahu konvensional yang mengandalkan mesin pembakaran dalam, perahu listrik mengubah energi listrik dari baterai atau sumber energi terbarukan lainnya menjadi gerakan mekanis untuk propulsi. Keunggulan utama perahu listrik terletak pada emisi nol selama operasinya, yang membuatnya ramah lingkungan dan sesuai dengan tuntutan global untuk mengurangi polusi dan dampak negatif terhadap lingkungan air.

Buku ini terbagi menjadi beberapa bab yang menguraikan komponen-komponen dasar, jenis-jenis motor listrik yang digunakan, serta teknologi sensor seperti Sensor Hall Effect dan Sensor Optocoupler yang penting dalam operasi perahu listrik. Setiap bab dirancang untuk memberikan pemahaman yang mendalam dan praktis tentang teknologi yang mendasari perahu listrik modern. Penulis berharap buku ini dapat menjadi referensi untuk semua kalangan terutama bagi yang sedang meneliti tentang perahu listrik.



Pendidikan

+17

