

Rancang Bangun Digital *Inclinometer* pada Kapal Nelayan

Zindhu Maulana Ahmad Putra^{1*}, Dimas Pristovani Riananda¹, Hendro Agus Widodo¹,
dan Muhammad Ubay Annabil¹

¹Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia Keputih, Surabaya, 60111, Indonesia

Email: zindhu@ppns.ac.id¹, dimaspristo@gmail.com¹, hendro.aw@ppns.ac.id¹, ubayannabil16@gmail.com¹

Abstrak

Stabilitas kapal memiliki berbagai kondisi selama penambahan, pengurangan atau pemindahan muatan. Teknologi yang semakin maju menjadi penunjang dalam teknologi kapal harus diperlukan digital *inclinometer* yang digunakan untuk *monitoring* kemiringan kapal agar mempermudah melihat sudut kemiringan pada kapal nelayan. Dalam permasalahan tersebut dibutuhkan sistem digital *inclinometer* yang digunakan untuk *monitoring* kemiringan stabilitas kapal dan terdapat kompas sebagai penunjang arah kapal yang dituju. Digital *inclinometer* menggunakan mikrokontroler ESP 32 DOIT DEVKIT V1 sebagai komunikasi, *monitoring*, pada sensor IMU GY-87 yang dapat mengetahui kemiringan kapal kemudian ditampilkan pada LCD TFT GC9A01 yang meliputi gambar visual dari kapal nelayan. Dari hasil pengujian percobaan stabilitas kapal di atas terlihat bahwa hasil percobaan stabilitas menggunakan alat *inclinometer* dengan level box dari data sudut *roll* memiliki presentase tingkat akurasi rata-rata adalah 99,65% dengan presentase tingkat error rata-rata adalah 0,97% sedangkan pada data sudut *pitch* memiliki presentase tingkat akurasi rata-rata adalah 99,42% dengan presentase tingkat error rata-rata adalah 0,87%. Kemudian untuk percobaan data *yaw* menunjukkan bahwa kapal berlayar ke arah timur dengan perbandingan kompas di mana *yaw* merupakan kompas digital dari alat *inclinometer*.

Kata Kunci : kemiringan kapal, *inclinometer*, stabilitas kapal

Abstract

Ship stability has various conditions during the addition, reduction or transfer of cargo. Technology that is increasingly advanced to support ship technology must be required a digital inclinometer that is used to monitor the slope of the ship to make it easier to see the angle of inclination on fishing boats. In this problem, a digital inclinometer system is needed which is used to monitor the slope of ship stability and there is a compass to support the direction of the ship. The digital inclinometer uses the ESP 32 DOIT DEVKIT V1 microcontroller as communication, monitoring, on the IMU GY-87 sensor which can determine the tilt of the ship and then displayed on the GC9A01 TFT LCD which includes a visual image of the fishing boat. From the test results of the ship stability experiment above, it can be seen that the results of stability experiments using inclinometer devices with box levels from roll angle data have an average percentage accuracy rate of 99.65% with an average percentage error rate of 0.97% while the pitch angle data has an average percentage accuracy rate of 99.42% with an average percentage error rate of 0.87%. Then for the yaw data experiment shows that the ship sails to the east with a compass comparison where yaw is a digital compass from an inclinometer.

Keywords: ship tilt, *inclinometer*, ship stability

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Kapal nelayan merupakan alat transportasi yang dapat digunakan untuk aktivitas nelayan saat mencari ikan di laut. Pada pembahasan sidang Mahkamah Pelayaran yaitu terdapat kurang lebih dari 40% kejadian kecelakaan tenggelamnya kapal disebabkan oleh keadaan stabilitas kapal yang kurang baik ataupun cara penambahan, pengurangan atau pemindahan muatan yang salah tanpa memperhitungkan keadaan stabilitas kapal. Stabilitas kapal merupakan salah satu masalah dalam penyebab terjadinya kecelakaan kapal seperti kapal tidak dapat dikendalikan, tenggelam, dan kehilangan keseimbangan, baik yang terjadi di pelabuhan maupun ketika dalam berlayar selama dalam pengurangan, penambahan, dan pemindahan muatan. (Rachman et al., 2014). Kapal pada kondisi tegak kemudian kapal dimiringkan pada sudut tertentu, maka kapal memiliki energi terbesar untuk kembali ke posisi tegak. Stabilitas kapal pada berbagai kondisi selama penambahan, pengurangan atau pemindahan muatan dan selama kapal berlayar, kondisi stabilitas awal kapal harus diketahui terlebih dahulu. hal ini dapat dilakukan percobaan terlebih dahulu dengan melakukan percobaan kemiringan.

Pemanfaatan dari sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) yang memiliki 10 DOF IMU Modul GY-87 dengan *feature sensor accelerometer* dan *gyroscope* (MPU6050), sensor Kompas (HMC5883L), dan Barometer (BMP180). Sensor IMU yang berbasis mikrokontroler ESP 32 DOIT DEVKIT V1 berfungsi sebagai *inclinometer* dalam

^{1*} Penulis korespondensi

percobaan kemiringan dan arah kompas pada kapal. percobaan kemiringan dan juga arah kompas diharapkan dapat membantu dalam proses identifikasi garis stabilitas kapal secara cepat, akurat, dan praktis. Dalam penelitian ini diharapkan menjadi penunjang dalam bidang teknologi maritim di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu, bagaimana merancang alat sistem digital *inclinometer* agar dapat bekerja?

1.3 Tujuan

Penelitian ini memiliki tujuan yaitu, dapat merancang alat sistem digital *inclinometer* agar dapat bekerja.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode normatif empiris dengan jenis data primer berupa data lapangan yang didukung oleh data sekunder berupa bahan pustaka studi kasus.

2.1 Penelitian Terdahulu

1. Komunikasi Data Pada Sistem Pelaporan Kecelakaan Perahu Nelayan Berbasis Lora (Padriyana et al., 2021)

Pada penelitian ini telah membuat suatu alat yang dapat melakukan komunikasi data pada sistem pelaporan kecelakaan perahu nelayan yang berbasis LoRa. Secara garis besar alat komunikasi data pada sistem pelaporan kecelakaan perahu nelayan berbasis LoRa yang menggunakan mikrokontroler Arduino ATmega dengan dilengkapi komponen Antenna Omni 915 MHz 5 dBi, GPS Ublox Neo M8, catu daya 5V, Arduino ATmega, LoRa E32 915T20D, LCD TFT Display, Buzzer, dan Antenna Omni 915 MHz 5 dBi.

Prinsip alat kerja ini adalah pada perahu nelayan, alat ini akan mendeteksi lokasi dengan menggunakan GPS receiver Ublox M8 dan kemiringan perahu dengan menggunakan sensor accelerometer GY-521 dengan pembacaan error paling tinggi mencapai 27%. Kemudian untuk komunikasi yang digunakan menggunakan LoRa E32 915T20D yang memiliki transmit power 20 dbm mampu menjangkau jarak terjauh hingga 2,4 km dengan konfigurasi kecepatan kirim/data rate pada 300bps, dengan time on air cenderung meningkat seiring bertambah panjangnya data. Kemudian data perahu nelayan akan dikirimkan oleh gateway menuju MQTT broker sehingga perahu dapat *monitoring* secara online melalui dasbor thingsboard sehingga memudahkan dalam pengecekan kondisi perahu nelayan dengan batas 2,4 km.

2. Aplikasi Sensor Gps (*Global Positioning System*) Pada Kapal Penghitung Udang Tanpa Awak Untuk Navigasi Pergerakan Kapal Secara Otomatis (ARYUSMAL, 2018)

Pada penelitian ini telah membuat aplikasi sensor GPS pada kapal penghitung udang tanpa awak untuk navigasi pergerakan kapal secara otomatis yang berbasis mikrokontroler Arduino Mega yang dilengkapi dengan berbagai komponen. Komponen tersebut meliputi Motor DC, Baterai *lithium polymer* (LiPo), *driver* motor (BTN7970), Bluetooth HC-05, GPS, *Telemetry*, dan sensor kompas GY-87.

Perangkat ini diaplikasikan pada kapal penghitung udang tanpa awak sebagai *monitoring* GPS pada navigasi pergerakan kapal secara otomatis. Prinsip kerja alat ini adalah *monitoring* GPS pada kapal serta dapat dikendalikan secara otomatis dengan memanfaatkan bluetooth sesuai waypoint yang sudah ditentukan di dalam program. Dalam sistem otomatis menggunakan sistem kontrol dari ASV yang mendapat catu daya dari baterai LiPo 3 cell ke kabel yang sudah terhubung oleh *regulator*. Dalam alat kerja ini memiliki perbedaan koordinat 0,000001-0,000090 derajat yang sudah dibidang akurat. Perbedaan tersebut bisa saja disebabkan oleh spesifikasi GPS atau GPS sudah terlalu panas akibat menerima sinyal dari satelit.

3. Implementasi Sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) untuk *Monitoring* Perilaku Roket (Mudarris & Zain, 2020)

Penelitian ini telah membuat alat *monitoring* kemiringan dan juga kompas pada roket. Alat ini berbasis mikrokontroler Arduino nano yang dilengkapi dengan catu daya baterai, regulator, sensor IMU GY-87 dan HMC883L, *telemetry*, dan juga Antenna. Alat ini diaplikasikan pada roket sebagai *monitoring* setiap perubahan sudut yang dialami oleh payload pada roket saat meluncur.

Sistem kerja alat ini *me-monitoring* roket saat meluncur yang mengalami *roll*, *pitch*, dan *yaw*. Sensor akan membaca setiap perubahan sudut yang dikirimkan ke mikrokontroler Arduino nano kemudian di uji dengan G-Shock, G-Foce, dan Vibrasi yang menunjukkan bahwa alat ini dapat bekerja dengan baik. Pada alat ini sensor IMU 10 DOF memiliki error pada kompas yang nilai rata-ratanya sebesar 5,1 %.

4. Rancang Bangun Pengendalian Sistem Ballast Kapal Menggunakan Metode *Extreme Learning Machine* (Mardiana, 2018)

Penelitian ini dibuatlah sebuah rancang bangun pengendalian sistem ballast kapal secara otomatis. Sensor yang digunakan adalah sensor gyroscope jenis GY-521 dan metode yang digunakan adalah *Extreme Learning Machine* (ELM). Metode ini kemudian diaplikasikan untuk mengatur daya hisap pompa sehingga didapat penstabilan yang lebih cepat. Sensor akan mendeteksi kemiringan kapal dengan keluaran berupa *pitch* dan *roll*. Data tersebut kemudian menjadi masukan bagi mikrokontroler yang telah ditanam metode ELM. Keluaran dari ELM berupa nilai ADC yang digunakan untuk mengatur daya hisap pompa. Sedangkan perintah terbuka dan tertutupnya *solenoid valve* diatur dengan logika pengkondisian pada mikrokontroler.

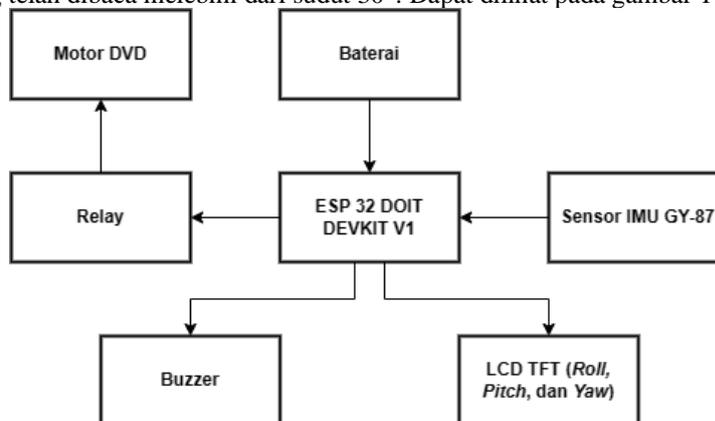
Sistem kerja alat ini merupakan pengujian penstabilan kapal dilakukan dengan memberi gangguan pada kapal sehingga tercipta trim. Pengaplikasian metode ELM untuk daya hisap pompa untuk trim haluan membutuhkan waktu sebesar 41 detik untuk kemiringan sebesar 5 hingga 10 derajat, 69,95 detik untuk kemiringan sebesar 11 hingga 15 derajat, dan 95,53 detik untuk kemiringan sebesar 16 hingga 20 derajat. Sedangkan untuk trim buritan secara berturut turut dengan nilai trim yang sama antara lain 38,07 detik, 69,73 detik dan 95,64 detik.

2.2 Perancangan

Perancangan digital *inclinometer* pada penelitian ini dilakukan melalui dua tahap yaitu perancangan *hardware* dan *software*. Perancangan hardware terdiri atas IMU GY-87, mikrokontroler ESP 32 DEVKIT DOIT V1, dan LCD TFT GC9A01, sedangkan perancangan software terdiri atas pemrograman ESP 32 DOIT DEVKIT V1. Gambar 1 Rancangan Hardware Sudut kemiringan kapal nelayan dibaca oleh sensor IMU GY-87 berupa *roll*, *pitch*, dan *yaw*. Data tersebut selanjutnya diolah oleh mikrokontroler ESP 32 DOIT DEVKIT V1 untuk ditampilkan pada tiap tiga buah LCD TFT GC9A01.

2.3 Blok Diagram

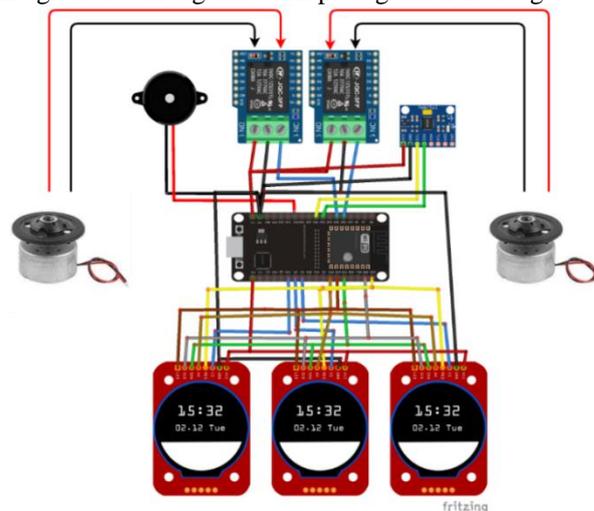
Sistematika rangkaian dari alat ini dimulai dari baterai sebagai power *supply* ESP 32 DOIT DEVKIT V1. Kemudian Arduino dihubungkan ke LCD sebagai data baca yang telah dibaca oleh sensor GY-87. Untuk selanjutnya, Arduino dihubungkan pada *relay* yang berfungsi sebagai aktuator Motor DVD. Kemudian terdapat Motor DVD yang berfungsi sebagai aktuator jika sensor yang dibaca $\geq 5^\circ$ pada kemiringan *pitch*. *Buzzer* akan bekerja jika sensor yang telah dibaca melebihi dari sudut 30° . Dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1 Blok Diagram

2.4 Wiring Diagram

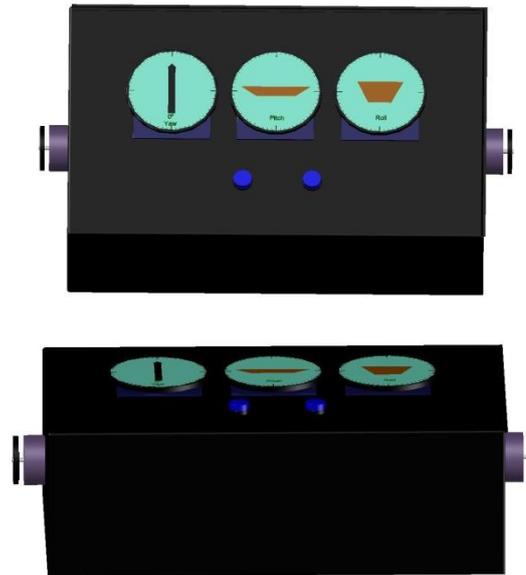
Pada tahapan ini, seluruh perancangan komponen dipasang dan diintegrasikan sehingga didapatkan sistem kerja yang terpadu. Rancangan integrasi sistem digambarkan pada gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2 Wiring Diagram

2.5 Desain Alat

Alat yang akan dibuat berbentuk persegi panjang yang terbuat dari bahan plastik. Didalamnya terdapat 3 LCD TFT yang akan menampilkan data yang telah dibaca oleh sensor IMU GY-87 yaitu *roll*, *pitch*, dan *yaw*. Pada tampilan LCD TFT terdapat visual dari kapal nelayan yang berbentuk 2D kemudian terdapat angka kemiringan yang nantinya akan menunjukkan tingkat kemiringan kapal yang akan dibaca oleh sensor IMU GY-87 dan juga menampilkan kompas. Untuk gambar desain alat dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Desain Alat

Dalam 3 LCD tersebut akan menampilkan visual yang berbentuk 2D yang masing-masing gambar terdapat sebagai berikut.

1. Visual *Pitch*

Pada LCD TFT ini akan menampilkan data sudut *pitch* yang merupakan visual 2D dari bentuk kapal tampak samping. Dapat dilihat pada gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 4 Visual *Pitch*

2. Visual *Roll*

Pada LCD TFT ini akan menampilkan data sudut *roll* yang merupakan bentuk visual 2D dari bentuk kapal tampak depan.. Dapat dilihat pada gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 5 Visual Roll

3. Visual Yaw

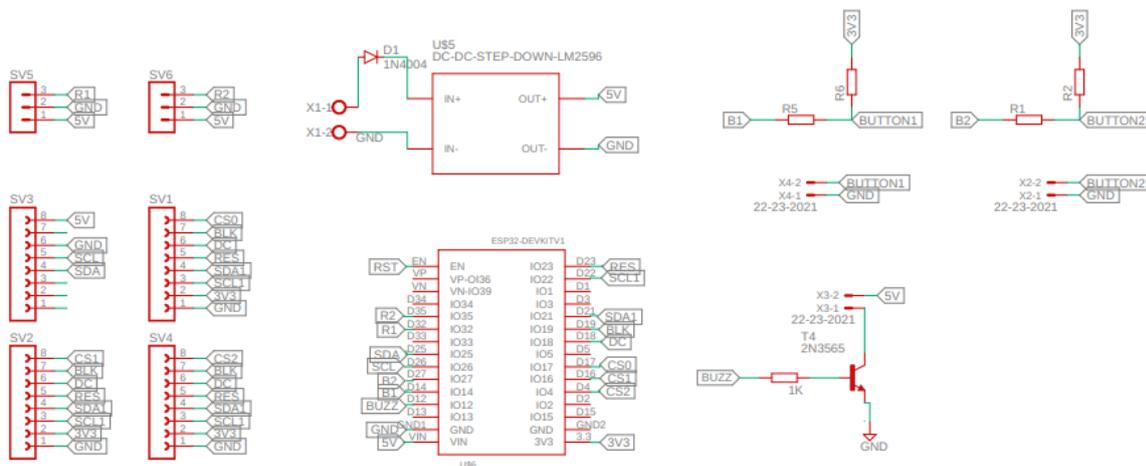
Pada LCD TFT ini akan menampilkan data sudut yaw yang merupakan bentuk visual dari kompas. Dapat dilihat pada gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 6 Visual Yaw

2.6 Rangkaian Schematic

Pada sub bab ini merupakan bentuk schematic dari alat yang digunakan dengan menghubungkan semua komponen yang digunakan pada alat yang dibuat. Berikut merupakan gambar schematic dari alat yang dibuat.



Gambar 7 Rangkaian Schematic

2.7 Pengujian Alat

Pada tahap ini alat akan diuji untuk mengetahui ketepatan dan keberhasilan alat yang telah dibuat. Untuk pengujian, data yang akan diambil yaitu dari sensor GY-87 yang meliputi *roll*, *pitch*, dan *yaw*. Pengujian alat dilakukan pada kapal nelayan di daerah Kenjeran, Surabaya. Pada tahap ini, diharapkan tingkat kesalahan sebesar 10%. Jika kesalahan lebih dari 10% akan dilakukan untuk analisa penyebab kegagalan dan akan di uji ulang untuk mencapai keberhasilan.

Pengujian dan analisa data *inclinometer* dilakukan dengan metode perbandingan menggunakan alat ukur level box dan kompas sebagai alat ukur acuan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat presentase error dalam mengidentifikasi garis stabilitas kapal melalui percobaan kemiringan yang dilakukan di pantai Kenjeran, Surabaya. Hasil pengujian alat *inclinometer* dan level box adalah sudut kemiringan kapal, dan untuk kompas adalah arah kapal. Terdapat persamaan dari data sudut *roll* dan *pitch* pada sensor IMU GY-87.

$$Pitch = \arctan\left(\frac{-ax}{\sqrt{ay^2 + az^2}}\right) \times \frac{180}{\pi}$$

(1)

$$Roll = \arctan\left(\frac{ay}{az}\right) \times \frac{180}{\pi}$$

(2)

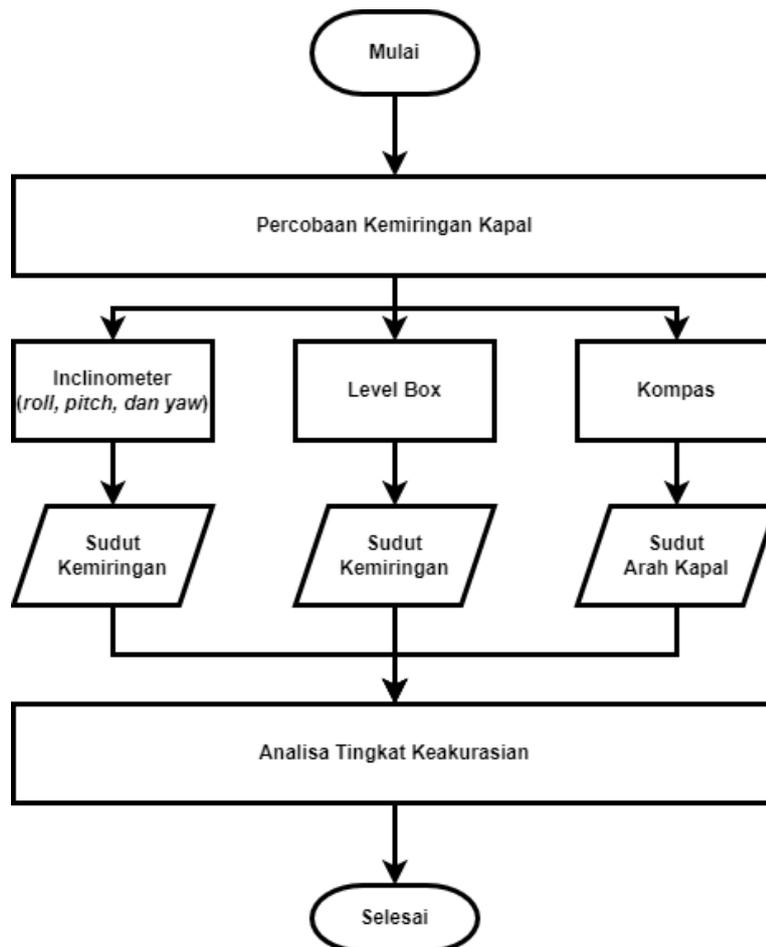
Keterangan :

ax = nilai accelerometer pada sumbu x

ay = nilai accelerometer pada sumbu y

az = nilai accelerometer pada sumbu z

Persamaan tersebut dapat diimplementasikan pada program ESP 32 DOIT DEVKIT V1. Kemudian hasilnya dianalisa tingkat keakurasiannya dengan *level box* dan kompas.



Gambar 8 Diagram Alir

2.8 IMU GY-87

IMU GY-87 merupakan salah satu Jenis dari modul IMU yang memiliki 10 DOF IMU Modul GY-87 dengan *feature sensor accelerometer* dan *gyroscope* (MPU6050), sensor Kompas (HMC5883L), dan Barometer (BMP180).

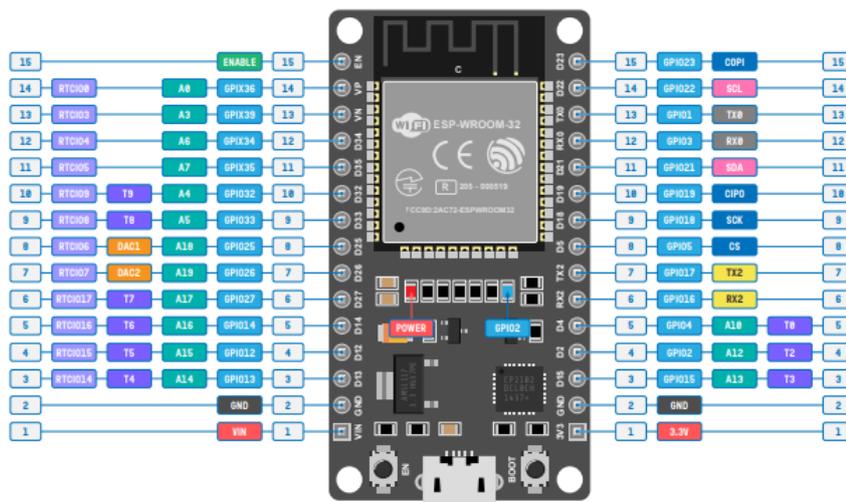
Tegangan kerja 3.3-5 V, komunikasi IIC(sepenuhnya kompatibel dengan sistem 3-5 V yang berisi LLC), ukuran 2.2 cm x 1.7 cm, berat 6 gram, memiliki fitur gyro yang dapat diprogram pengguna dengan rentang skala penuh ± 250 , ± 500 , ± 1000 , dan ± 2000 ° / detik (dps) dan rentang skala penuh akselerometer yang dapat diprogram pengguna $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, dan $\pm 16g$.



Gambar 9 IMU GY-87

2.9 ESP 32 DOIT DEVKIT V1

ESP 32 DOIT DEVKIT V1 adalah salah satu sebuah mikrokontroler yang telah di evaluasi dari modul ESP-WROOM-32. ESP 32 DOIT DEVKIT V1 didasarkan pada mikrokontroler dengan sistem *dual core* yang menawarkan wifi, Bluetooth, *Ethernet*, dan daya rendah. Spesifikasi tegangan input 3.3 V, dan memiliki pin output 34 pin GPIO (General Purpose input-output).



Gambar 10 ESP 32 DOIT DEVKIT V1

2.10 LCD TFT GC9A01

GC9A01 merupakan salah satu modul jenis tampilan LCD(Liquid Crystal Display) dengan memiliki spesifikasi menampilkan gambar yang kaya warna dan permukaannya sensitif terhadap sentuhan, layar 1.28 inci, resolusi 240 RGB x 240, dan tegangan input 3.3 V.



Gambar 11 LCD TFT GC9A01

3. Hasil dan Diskusi

Pengujian percobaan kemiringan dan arah kapal dilakukan pada kapal nelayan. Alat *inclinometer* diletakkan pada titik pusat diameter kapal nelayan. Alat *inclinometer* diuji saat kapal dalam keadaan berlayar. Pada saat pengujian, alat ukur level box dan kompas dilakukan pengujian bersamaan.



Gambar 12 Pengujian Alat

Saat pengujian alat, alat akan membaca data dari sudut *roll*, *pitch*, dan *yaw*. Dengan hasil pengujian percobaan data sudut tersebut dapat ditampilkan pada Tabel 1 Sedangkan perbandingan hasil pengujian percobaan data sudut tersebut menggunakan level box dengan kompas ditunjukkan pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 1 Pengujian Percobaan Alat *Inclinometer*

Percobaan	Roll	Pitch	Yaw
1	-4,08	2,26	Timur
2	1,07	1,18	Timur
3	-21,06	-14,42	Timur
4	6,50	-7,98	Timur
5	-10,78	-17,65	Timur
6	-13,42	-21,46	Timur

7	-34,01	-18,92	Timur
---	--------	--------	-------

Tabel 2 Perbandingan Hasil Pengujian Percobaan Kemiringan Data *Roll* Menggunakan Alat *Inclinometer* dengan Level Box

Perc.	Roll	Level box	Akurasi (%)	Akurasi rerata(%)
1	-4,08	-4,12	99,02	99,65
2	1,07	1,07	100	
3	-21,06	-21,15	99,57	
4	6,51	6,50	100,15	
5	-10,78	-10,86	99,26	
6	-13,42	-13,46	99,70	
7	-34,01	-34,06	99,85	

Tabel 3 Perbandingan Hasil Pengujian Percobaan Kemiringan Data *Pitch* Menggunakan Alat *Inclinometer* dengan Level Box

Perc.	Pitch	Level box	Akurasi (%)	Akurasi rerata(%)
1	2,26	2,28	99,12	99,42
2	1,18	1,21	97,52	
3	-14,42	-14,45	99,79	
4	-7,98	-8,00	99,75	
5	-17,65	-17,64	100,05	
6	-21,46	-21,48	99,90	
7	-18,92	-18,95	99,84	

Tabel 4 Perbandingan Hasil Pengujian Percobaan Kemiringan Data *Yaw* Menggunakan Alat *Inclinometer* dengan Kompas

Percobaan	Yaw	Kompas
1	Timur	Timur
2	Timur	Timur
3	Timur	Timur
4	Timur	Timur
5	Timur	Timur

Berdasarkan tabel hasil pengujian percobaan stabilitas kapal di atas terlihat bahwa hasil percobaan stabilitas menggunakan alat *inclinometer* dengan level box dari data sudut *roll* memiliki presentase tingkat akurasi rata-rata adalah 99,65% dengan presentase tingkat error rata-rata adalah 0,97% sedangkan pada data sudut *pitch* memiliki presentase tingkat akurasi rata-rata adalah 99,42% dengan presentase tingkat error rata-rata adalah 0,87%. Kemudian untuk percobaan data *yaw* menunjukkan bahwa kapal berlayar ke arah timur dengan perbandingan kompas di mana *yaw* merupakan kompas digital dari alat *inclinometer*.

4. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka didapatkan kesimpulan identifikasi garis stabilitas kapal melalui percobaan stabilitas menggunakan *inclinometer* dapat dilakukan secara cepat, praktis, dan memiliki tingkat akurasi yang baik dengan perbandingan alat ukur level box dengan tingkat keakuratan rata-rata dari data sudut *roll* adalah 99,65% kemudian untuk keakuratan rata-rata dari data *pitch* adalah 99,42%. Untuk percobaan data *yaw* arah kapal menuju ke arah Timur dengan perbandingan pada kompas. Data *yaw* menggunakan feature magnetometer dari sensor IMU GY-87 untuk mendeteksi medan magnet bumi. *Yaw* berfungsi sebagai kompas digital pada penelitian ini. Perbedaan hasil pengujian percobaan kemiringan menggunakan level box kemungkinan disebabkan karena adanya kesalahan pada saat elektro motor menyala. Untuk mengetahui tingkat akurasi *inclinometer* lebih lanjut dalam mengidentifikasi stabilitas kapal, maka perlu dilakukan percobaan kemiringan dengan model kapal yang berbeda.

5. Ucapan Terima Kasih

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Alla SWT karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Tak lupa pula penulis mengirimkan shalawat serta salam kepada Nabi Besar Muhammad SAW yang telah membawa umat islam ke jalan diridhoi Allah SWT.

Penelitian yang berjudul “**Rancang Bangun Digital *Inclinometer* pada Kapal Nelayan**” merupakan salah satu syarat dari Penelitian DIPA 2023. Oleh karena itu, Penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada pihak yang telah membantu terutama kepada pihak yang secara tidak langsung membantu penelitian atau lembaga yang membantu pendanaan penelitian. Semoga dengan selesainya penyusunan dan pengerjaan Penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi civitas akademik Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Poiteknik Perkapalan Negeri Surabaya. Penulis menyadari dalam penyusunan Laporan Penelitian ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran bagi pembaca yang bersifat membangun sehingga Laporan Penelitian ini bisa menjadi lebih baik lagi untuk proses pengembangan lebih lanjut.

6. Daftar Pustaka

- ARYUSMAL, N. (2018). *Aplikasi Sensor Gps (Global Positioning System) Pada Kapal Penghitung Udang Tanpa Awak Untuk Navigasi Pergerakan Kapal Secara Otomatis*.
- Isnawati, I. (2017). Rancang Bangun Alat Penaik Tegangan DC ke DC Menggunakan Metode Pembalikan (INVERSI). *Universitas Mataram*.
- Jamaludin, H., Sultan, P., & Shah, I. (2020). Designing ESP32 Base Shield Board for IoT Application Politeknik Designing ESP32 Base Shield Board for IoT Application. & *Kolej Komuniti Journal of Engineering and Technology*, 5(1), 128–2883.
- Mardiana, D. (2018). *RANCANG BANGUN PENGENDALIAN SISTEM BALLAST KAPAL MENGGUNAKAN METODE EXTREME LEARNING MACHINE*.
- Mardiati, R., Ashadi, F., & Sugihara, G. F. (2016). Rancang Bangun Prototipe Sistem Peringatan Jarak Aman pada Kendaraan Roda Empat Berbasis Mikrokontroler ATMEGA32. *TELKA - Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi Dan Kontrol*, 2(1), 53–61. <https://doi.org/10.15575/telka.v2n1.53-61>
- Mudarris, M., & Zain, S. G. (2020). Implementasi Sensor Inertial Measurement Unit (IMU) untuk Monitoring Perilaku Roket. *Avitec*, 2(1), 55–64. <https://doi.org/10.28989/avitec.v2i1.610>
- Padriyana, F., Nusuwars, F. M. S., & Hiron, N. (2021). Komunikasi Data Pada Sistem Pelaporan Kecelakaan Perahu Nelayan Berbasis Lora. *Journal of Energy and Electrical Engineering*, 2(2), 6–11. <https://doi.org/10.37058/jeee.v2i2.2669>
- Perdana, F. A. (2021). Baterai Lithium. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 9(2), 113. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v9i2.50082>
- Purwanto, Y., Iskandar, B. H., Imron, M., & Wiryawan, B. (2016). ASPEK KESELAMATAN DITINJAU DARI STABILITAS KAPAL DAN REGULASI PADA KAPAL POLE AND LINE DI BITUNG, SULAWESI UTARA (Safety Aspects Pole and liner From Ship Stability and Regulation Point of View in Bitung, North Sulawesi). *Marine Fisheries : Journal of Marine Fisheries Technology and Management*, 5(2), 181–191. <https://doi.org/10.29244/jmf.5.2.181-191>
- Rachman, I., Subiyanto, L., Suhardjito, G., & Indartono, A. (2014). Delphi Berbasis Arduino. *IDENTIFIKASI GARIS STABILITAS MELINTANG KAPAL MELALUI PERCOBAAN KEMIRINGAN MENGGUNAKAN DELPHI BERBASIS ARDUINO*, 122.
- Saputra, H. (2012). *Analisa Stabilitas Dan Kekuatan Transversal Kapal Penumpang 94 Pax Penyeberangan Muara Angke Ke Pulau Tidung*.
- Setiawan, F. B., Wibowo, Y. Y. C., Pratomo, L. H., & Riyadi, S. (2022). Perancangan Automated Guided Vehicle Menggunakan Penggerak Motor DC dan Motor Servo Berbasis Raspberry Pi 4. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 18(2), 94–101. <https://doi.org/10.17529/jre.v18i2.25863>
- Sulton, M. A., Wahidin, A., Studi, P., Perancangan, T., Konstruksi, D. A. N., Teknik, J., Kapal, B., Perkapalan, P., & Surabaya, N. (2022). *ANALISA SUDUT KEMIRINGAN UNTUK PENAMBAHAN BILGE*.
- Susanto, A., Iskandar, B. H., & Imron, M. (2013). EVALUASI DESAIN DAN STABILITAS KAPAL PENANGKAP IKAN DI PALABUHANRATU (STUDI KASUS KAPAL PSP 01) Fishing Vessel Design and Stability Evaluation in Palabuhanratu (Case Study of PSP 01 Training-Fishing Vessel). *Marine Fisheries : Journal of Marine Fisheries Technology and Management*, 2(2), 213. <https://doi.org/10.29244/jmf.2.2.213-221>
- International Convention for The Safety of Life at Sea (SOLAS)*, 1974.