

**JUDUL THESIS**

**PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM KESTABILAN KAPAL UNTUK  
PERAWATAN ANJUNGAN OFFSHORE DENGAN METODE PID  
ZIEGER NICHOLS**

Untuk memenuhi persyaratan Mencapai derajat Sarjana S-2

Program Magister Teknik Elektro



Diajukan Oleh

**HERMONO**

**NIM: 20602000005**

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2022**

## PERNYATAAN PERSETUJUAN UNGGAH KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hermono

NIM : 20602000005

Program Studi : Magister Teknik Elektro

Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini menyerahkan karya ilmiah berupa Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi\* dengan judul :

PERANCANGAN PROTOTIPE SISTEM KESTABILAN KAPAL UNTUK PERAWATAN ANJUNGAN OFFSHORE DENGAN METODE PID ZIEGER NICHOLS (*DESIGN OF SHIP STABILITY SYSTEM PROTOTYPE FOR OFFSHORE BRIDGE MAINTENANCE USING PID ZIEGER NICHOLS METHOD*)

dan menyetujuinya menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dalam pangkalan data, dan dipublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 5 September 2022

Yang menyatakan,



( Hermono)

\*Coret yang tidak perlu

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**PERANCANGAN PROTOTIPE SISTEM KESTABILAN KAPAL UNTUK**  
**PERAWATAN ANJUNGAN OFFSHORE DENGAN METODE PID**  
**ZIEGER NICHOLS**

oleh  
HERMONO  
NIM : 20602000005

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Pada tanggal 27 Agustus 2022

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama

Ketua Penguji

**Arief Marwanto. ST. M. Eng. Ph.D**  
NIDN : 0628097501

**Dr. Hj. Sri Artini Dwi Prasetyowati. M.Si**  
NIDN : 0620026501

Pembimbing Pendamping

Penguji 1

**Ir. Suryani Alifah. MT. Ph.D**  
NIDN : 0625036901

**Dr. Ir. H. Muhamad Haddin. MT**  
NIDN : 0618066301

Penguji 2

**Imam Much Ibnu Subroto. ST. MSc. PhD**  
NIDN : 0613037301

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Magister Teknik

Tanggal 29 Agustus 2022

**Dr. Ir. Hj. Novi Marlyana, ST. MT**  
Ketua Program Studi Magister teknik Elektro

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, dengan sebenarnya menyatakan bahwa tesis ini Saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Program Studi Magister Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Jika dikemudian hari ternyata Saya melakukan tindakan plagiarisme, Saya bertanggung jawab sepenuhnya dan bersedia menerima sanksi yang dijatuhkan oleh Universitas Islam Sultan Agung Semarang kepada Saya.



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia -Nya sehingga penulis dapat menyusun Tesis dengan judul “**PERANCANGAN PROTOTIPE SISTEM KESTABILAN KAPAL UNTUK PERAWATAN ANJUNGAN OFFSHORE DENGAN METODE PID ZIEGER NICHOLS**”. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana S-2 pada Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Terwujudnya tulisan ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Arief Marwanto.ST, M.Eng. Ph D selaku pembimbing 1.
2. Ibu Ir. Suryani Alifah. MT. Ph. D selaku pembimbing 2
3. Ibu Dr. Hj. Sri Artini Dwi Prasetyowati. Msi selaku ketua penguji 1
4. Bapak Dr. Ir. H. Muhammad Haddin. MT selaku penguji 2
5. Bapak Muhammad Qomaruddin. ST. Msc. Ph. D selaku penguji 2
6. Direktur Program Pascasarjana universitas islam sultan agung semarang.
7. Bapak Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang
8. Rekan-rekan penulis dan keluarga yang telah banyak memberikan bantuan ikut berperan dalam memperlancar penelitian dan penulisan tesis ini.

Sujud dan terima kasih yang dalam penulis persembahkan kepada Ibunda dan Ayahanda tercinta, atas dorongan yang kuat, kebijaksanaan dan do'a.

Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada istri tercinta Dr. Hj. Malikhatul Hidayah ST, MPd beserta anak anak yang tercinta. Harapan penulis, semoga tulisan ini dapat memberikan sumbangan pemikiran bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan dapat bermanfaat bagi masyarakat.

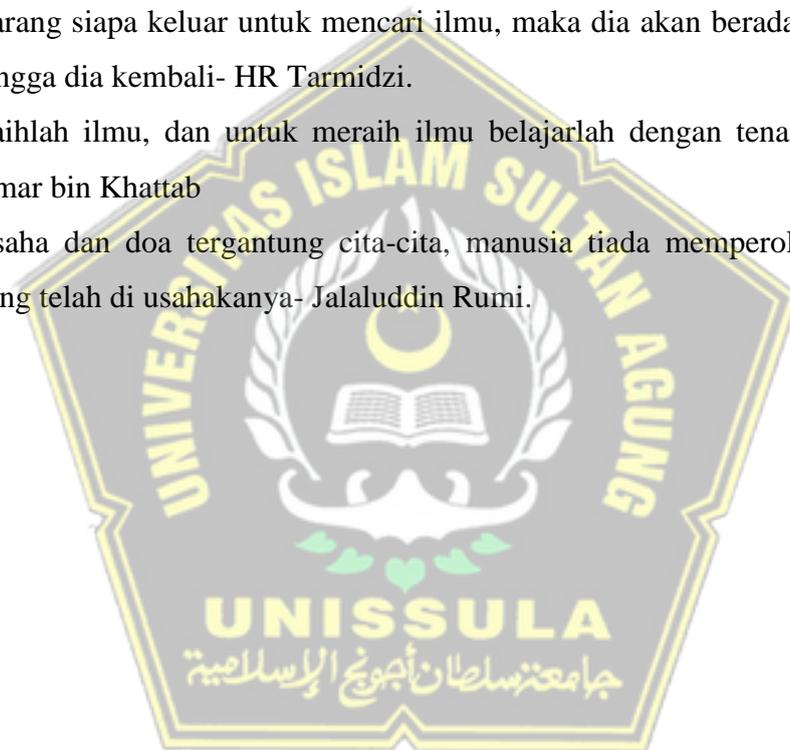
Akhir kata, penulis senantiasa mengharapkan kritik dan saran guna penyempurnaan bidang ilmu yang penulis dalam.

Semarang, 29 Agustus 2022

Penulis

## MOTTO

- ❖ Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah sesuatu keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubah keadaan sendiri- QS. Ar Rad:11.
- ❖ Janganlah kamu merasa lemah dan bersedih, sebab kamu paling tinggi derajatnya jika kamu beriman- QS Ali Imran: 139.
- ❖ Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya- QS Albaqorah 286.
- ❖ Barang siapa keluar untuk mencari ilmu, maka dia akan berada di jalan Allah hingga dia kembali- HR Tarmidzi.
- ❖ Raihlah ilmu, dan untuk meraih ilmu belajarlah dengan tenang dan sabar- Umar bin Khattab
- ❖ Usaha dan doa tergantung cita-cita, manusia tiada memperoleh selain apa yang telah di usahakannya- Jalaluddin Rumi.



## DAFTAR ISI

JUDUL THESIS .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iv
MOTTO .....	v
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
ABSTRAK .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Keaslian Penelitian .....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	6
2.1 Kajian Pustaka .....	6
2.2 Landasan Teori .....	13
2.1.1 Kontrol Daya .....	13
2.1.2 Bow truster dan Stern thuster .....	13
2.1.3 Kapal AHTS .....	15
2.1.4 Anjungan Lepas Pantai ( <i>Platform</i> ) .....	17
2.1.5 Motor Elektrik Penggerak Kapal .....	22
2.1.6 Proporsional Integral Derivatif (PID) .....	27
2.1.7 Sensor Kompas HMC 5883L .....	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	37

3.1 Langkah-langkah Penelitian .....	37
3.1.1 Identifikasi Alat dan Bahan .....	38
3.1.2 Perancangan Hardware .....	38
3.1.3 Perancangan software .....	42
3.1.4 Perancangan PID .....	46
3.1.5 Penentuan Kp, Ki, Kd dengan metode Zieger Nichols .....	46
3.1.1 Model penelitian .....	50
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>53</b>
4.1 Realisasi prototype .....	53
4.2 Pengujian prototipe .....	56
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>69</b>
5.1 Kesimpulan .....	69
5.2 Saran .....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>71</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>75</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Penempatan bow thuster dan stren thuster .....	14
Gambar 2. 2. Kapal AHTS .....	17
Gambar 2. 3. Istilah dalam grafik .....	29
Gambar 2. 4. Step Responsse Kp controller .....	31
Gambar 2. 5. Step Responsse Kp dan Ki controller.....	32
Gambar 2. 6. Step respons D dan PD controller .....	33
Gambar 2. 7. Respons perubahan Kp, Ki dan Kd .....	34
Gambar 2. 8. Sensor gyro compass MPU-6050.....	35
Gambar 3. 1. flow chat langkah penelitian .....	37
Gambar 3. 2. Schematik Perancangan simulasi Kapal.....	38
Gambar 3. 3. Driver motor L298N .....	40
Gambar 3. 4. Wiring LCD i2c to Arduino .....	41
Gambar 3. 5. Aplikasi penempatan perancangan sofware .....	43
Gambar 3. 6. Flow chart peracangan software.....	44
Gambar 3. 7. Kurva metode Zieger Nichols .....	47
Gambar 3. 8. Grafik Respon PWM kendali on-off .....	49
Gambar 3. 9. Blok Diagram PID kontrol metode zieger nichols .....	50
Gambar 4. 1. Tampak samping alat simulasi kapal .....	53
Gambar 4. 2. Tampak atas alat simulasi kapal.....	53
Gambar 4. 3. Tampak bawah alat simulasi kapal.....	54
Gambar 4. 4. Hardware Prototipe .....	55
Gambar 4. 5. Grafik Respons dengan KP=2, KD=4, dan KI=0.5 .....	57
Gambar 4. 6. Grafik Respons dengan KP=41, KD=21, dan KI=3 .....	58
Gambar 4. 7. Grafik Respons dengan KP=41, KD=21, dan KI=3.....	60
Gambar 4. 8. Grafik Respons dengan KP=50, KD=1, dan KI=1.....	61
Gambar 4. 9. Grafik Respons dengan KP=50, KD=11, dan KI=1.....	62
Gambar 4. 10. Grafik Respons dengan KP=60, KD=10, dan KI=2.....	63
Gambar 4. 11. Grafik Respons dengan KP=60, KD=10, dan KI=2.....	64
Gambar 4. 12. Grafik Respons dengan KP=60, KD=30, dan KI=2.....	65

Gambar 4. 13. Grafik Respons dengan KP=60, KD=45, dan KI=2..... 66

Gambar 4. 14. Grafik Respons dengan KP=13, KD=2, dan KI=3..... 67



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Karakteristik PID controller.....	29
Tabel 3. 1. Spesifikasi Arduino Uno.....	39
Tabel 3. 2. Spesifikasi motor DC.....	39
Tabel 3. 3. Spesifikasi driver motor L298N.....	40
Tabel 3. 4. Spesifikasi LCD i2c 2x16.....	41
Tabel 3. 5. Parameter Zieger-Nichols.....	46
Tabel 4. 1. Definisi pengujian prototype.....	68



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Schematik Perancangan <i>prototype</i> Kapal AHTS.....	75
--	----



## ABSTRAK

Zaman sekarang ini dibutuhkan kapal AHTS yang berguna untuk melakukan berbagai kebutuhan di pengeboran minyak lepas pantai (*offshore*). Untuk itu rancang kapal AHTS yang berguna untuk pekerjaan perawatan anjungan offshore, karena untuk pekerjaan perawatan anjungan itu maka kapal memerlukan tingkat kestabilan kapal yang cukup lama, selain dibutuhkan kru kapal yang cakap dan terju pengalamannya, juga dibutuhkan system penunjang penggerak kapal agar pekerjaan tersebut dapat tercapai. Berkaca dari masalah tersebut maka dirancang kapal dengan penunjang mesin penggerak yang di tempatkan di depan dan belakang.

Penulis membuat solusi untuk peningkatan kestabilan kapal tetapi lebih mudah pengoperasian dan *simple* perancangan. Metode pengendalian yang digunakan adalah metode *zieger nichols* berbasis *PID*. Sensor yang digunakan adalah *gyrocompass* yang berfungsi dapat membaca sudut perubahan pada prototipe kapal AHTS.

Dalam penelitian ini terdapat beberapa pengujian dan banyaknya analisa, hasil pemberian parameter **Kp : 60, Ki : 2, dan Kd : 30** untuk kendali kapal memberikan hasil yang baik, yaitu *prototipe* kapal AHTS akan kembali ke posisi semula (*setting point*) pada saat terjadi perubahan sudut haluan (*error*) dan juga dari segi penempatan bow thuster dan stern thuster dipasang 2 didepan dan 2 dibelakang dengan cara kerja secara menyilang.

Kata kunci : control PID, kapal AHTS, zieger-nichols

## ABSTRACT

Nowadays, AHTS vessels are needed that are useful for carrying out various needs in offshore oil drilling. For this reason, the design of the AHTS ship is useful for offshore platform maintenance work, because for the bridge maintenance work, the ship requires a long level of ship stability, in addition to the need for a skilled and experienced crew, a ship propulsion support system is also needed so that the work can be achieved. . Reflecting on this problem, the ship was designed with a supporting engine that was placed in front and behind.

The author makes a solution to increase the stability of the ship but it is easier to operate and simple in design. The control method used is the Zieger Nichols method based on PID. The sensor used is a gyrocompass which functions to read the angle of change on the AHTS prototype ship.

In this study there are several tests and many analyzes, the results of giving the parameters  $K_p$ : 60,  $K_i$ : 2, and  $K_d$ : 30 for ship control give good results, namely the AHTS ship prototype will return to its original position (setting point) when a change occurs. bow angle (error) and also in terms of placement of bow thrusters and stern thrusters installed 2 in front and 2 behind by working in a cross manner.

Keywords: PID control, AHTS ship, zieger-nichols

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Mikro controler* yang bisa dipakai untuk pelatihan praktik elektronika dan pembuatan *prototype* elektronik, contohnya seperti elektronik cerdas dan perangkat input khusus. Dalam penelitian yang telah dilakukan adalah PID dengan metode arduino yang dapat membuat system kerja dari komponen elektronik bisa efisien, efektif, serta bekerja dengan cepat. Metode ini dapat dirancang dalam waktu yang lebih singkat dan pembuatan prototipe produk berbiaya rendah [1].

*Controler proporsional integral derivatif* (PID) dapat kita temukan dalam industri untuk *system control* dari mesin produksi, mesin penggerak dan perangkat lunak. Metode dengan *setting* parameter menggunakan algoritma termasuk dalam kelompok metode numerik, telah digunakan oleh banyak peneliti di dalam literatur [2]. Hasil dari perangkat ini menunjukkan keefektifan dan juga keuntungan dari skema kontrol sistem di Matlab secara waktu yang nyata. Dari data analisa menunjukkan hasil akhir yang efektif dan efisien. *System control* PID mempunyai beberapa kelebihan antara lain stabilitas yang lebih baik, overshoot kecil, dan respons cepat yang dapat kita dapatkan dari parameter waktu. Dengan kelebihan tersebut diharapkan dapat meningkatkan kinerja sistem sehingga stabil dan mampu mempercepat reaksi perangkat lunak untuk mencapai titik yang kita tentukan. Simulasi pembacaan PID ini dapat kita peroleh dari pembacaan data [3]. PID ini juga dihubungkan dengan sensor perubahan kutub atau sudut (*gyrocompas*) untuk mendapatkan kecepatan baca secara akurat. Sensor ini akan mengirimkan data setiap ada perubahan data yang digunakan mengukur kecepatan kontrol secara akurat pada waktu yang bersamaan, berdasarkan titik (*setting point*) yang ditetapkan. Metode PID dapat digunakan dengan menghubungkan *mikro controller* untuk menentukan karakteristik dari system perangkat sehingga didapatkan nilai

parameter yang mempunyai kinerja terbaik. Perbedaan PID dan pengontrol *iterative* adalah jika sinyal yang diinginkan adalah frekuensi rendah, bentuk gelombang sederhana, maka pengontrol *iterative* lebih disukai karena kesederhanaan implementasi. Namun, jika sinyal yang diinginkan berubah dengan cepat dan lebih rumit maka *controler* PID mencapai hasil yang lebih baik. Teori tersebut menjelaskan bahwa PID dapat mengatasi ketidakpastian non linier sistem dinamis. Sebagai informasi bahwa kinerja PID digunakan konvensional dapat meringankan beban kerja dari suatu perangkat [4].

Pendorong penunjang ini dipasang pada kapal AHTS (*Anchor Tug Handling Supply*) bagian bawah di depan dan belakang yang dioperasikan dengan motor penggerak dengan putaran sesuai jarum jam atau bertolak belakang dengan jarum jam. Dengan kata lain bisa mendapatkan gaya dorong yang dapat menyebar ke arah permukaan horizontal. Sensor untuk koordinat titik posisi dihubungkan sensor penunjuk besarnya sudut (*gyrocompass*), yang mana saling berkaitan memberikan ke *system* berupa informasi yang berkaitan dengan koordinat posisi kapal dan besarnya serta arah dan besarnya sudut.

Cara kerja dari *system* perangkat mengumpulkan informasi bentuk sensor, menghitung besarnya sudut kemudi penggerak kapal yang diperlukan dan mesin pendorong sesuai dengan *microcontroller* perintahkan. Penggunaan perangkat ini dapat diaplikasikan pada saat pengoperasian kapal berhenti di suatu koordinat yang tidak memungkinkan untuk kapal melepaskan jangkar ke dalam laut, karena air laut terlalu dalam dan juga daerah pipa gas serta jaringan optik yang berada di dasar laut dan juga dapat diterapkan pada saat cuaca buruk dan diperlukan untuk menjaga kestabilan kapal AHTS.

Motor listrik arus searah dipergunakan untuk *system control* penggerak tenaga utama, *system* ini di implementasikan kapal pada kemampuan operasional tingkat yang tinggi, kapal khusus penunjang minyak dan gas, kapal berkapasitas besar dan luas. Sistem penggerak kapal propulsi elektrik merupakan sistem penggerak kapal di mana terdapat komponen utama yaitu motor listrik, pada motor listrik tersebut dapat bekerja dari tenaga listrik dari

generator kapal. *Generator* listrik mendapat daya dari gerakan oleh dihasilkan mesin diesel kapal. *Generator* listrik berfungsi untuk memenuhi kebutuhan motor elektrik penggerak kapal serta semua peralatan listrik yang berhubungan dengan kelancaran pengoperasian kapal seperti *winch* untuk menarik beban berat, mesin jangkar untuk menaik dan turunkan jangkar, dan masih banyak peralatan mesin yg bergantung dari *generator* kapal. Keunggulan kapal yang mana sistem propulsi elektrik dibandingkan dengan kapal sistem propulsi diesel mekanis adalah dapat meredam getaran yang lebih karena lebih smooth, mengurangi polusi udara, konstruksi lebih ringan dan hemat tempat, menghemat bahan bakar kapal, dan investasi jangka Panjang[5].

Kapal dengan motor penunjang penggerak metode dinamis dapat menghitung keseimbangan dari titik koordinat dan arah yang telah ditentukan dengan perubahan yang terjadi akibat gaya luar dari lingkungan, yang kemudian menghitung besarnya sudut yang harus disediakan oleh mesin penunjang penggerak untuk mengurangi eror dari posisi dan arah menjadi nol. Keunggulan dari menggunakan metode dinamis antara lain:

1. Tingkat okurasi dari kapal yang lebih baik pada kecepatan rendah dari system penggerak utama. Untuk kapal yang punya tranmisi dengan dynamic position pengoperasian kapal lebih baik karena di lengkap dengan motor penunjang depan dan belakang sehingga untuk olah gerak kapal lebih optimal dan lebih efisien.
2. Keselamatan kapal meningkat ketika akan terjadi pengerjaan perawatan *platform* dan juga berlabuh dalam cuaca buruk. Dalam berbagai keadaan cuaca khususnya cuaca buruk saat pengoperasian kapal, kapal dengan pendukung *dynamic position* bisa di harapkan memberi keselamatan yang lebih baik daripada kapal tanpa *dynamic system*, ini karena tingkat keakuratan untuk posisi stabil di lokasi atau point position dapat di maksimalkan dan mengurangi kesalahan kru kapal, karena semua alat komunikasi dan motor penggerak terdapat dalam satu perintah.

3. Menghemat biaya operasional yang di karena dapat berhenti di tengah laut tanpa harus ke pelabuhan, di karena kan berhenti di pelabuhan biaya ongkos menginap di pelabuhan lebih tinggi dan di akumulasi perhari, dengan adanya *system dynamic position* ini lebih menghemat biaya pengeluaran perusahaan.

### 1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana membuat *analysis* motor DC agar posisi *prototype* kapal AHTS tetap stabil selama perawatan di anjungan platform.
2. Bagaimanakah penempatan *bow thuster* dan *stern thuster* dapat digunakan kestabilan kapal menggunakan *dynamic position* berbasis PID.

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Sistem *dynamic position* menggunakan *arduino uno* dengan Kendali PID metode *zieger nichols* untuk mengendalikan kestabilan posisi *prototype* kapal AHTS.
2. *Bow thuster* dan *stern thuster* di *install* dengan menggunakan 4 baling baling yang ditempatkan 2 didepan dan 2 dibelakang.

### 1.4 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah antara lain:

1. Memperoleh nilai (angka) yang tepat untuk *koefisien*  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  dari pengaturan PID.
2. Penempatan tata letak dan cara kerja dari motor penunjang penggerak *bow thuster* dan *stern thuste*.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. *System prototype* kapal AHTS berbasis PID dengan *method Zieger Nichols* dapat di aplikasikan untuk pengendalian kestabilan prototipe kapal selama pekerjaan perawatan anjungan *offshore*.

2. Didapatkan pengaturan tata letak dan cara kerja dari bow thuster dan stern thuster sehingga kerja dari system PID lebih efektif dan efisien, sehingga pekerjaan perawatan anjungan *offshore* dapat maksimal hasilnya.

### 1.6 Keaslian Penelitian

Penelitian ini bermaksud untuk melakukan penghematan dan efisiensi dalam mengendalikan posisi kestabilan kapal menggunakan *PID method zieger nichols*. Penelitian dengan judul *Robust adaptive fault-tolerant control of dynamic positioning vessel with position reference system faults using backstepping design* menganut *system* kerja RAFTC lebih menekankan kan posisi kapal dengan *system* mundur, sehingga kurang efisien untuk mencapai posisi stabil selama pengerjaan perawatan di anjungan platform. Penelitian dengan judul *Adaptive dynamic control allocation for dynamic positioning of marine vessel based on backstepping method and sequential quadratic programming* mengenai evaluasi penelitian meliputi konsumsi energi, ketahanan, dan akurasi posisi dinamis selama operasi kapal tidak ekonomis karena akan menambah banyak biaya pengeluaran khususnya untuk bahan bakar. Pengerjaan perawatan platform dibutuhkan pengendalian kapal untuk kapal bisa stabil, maka penelitian ini mengambil metode *dynamic position* berbasis *PID methode zieger Nichols* supaya dihasilkan perbedaan dengan penelitian yang sebelumnya, antara lain:

1. Nilai *koefisien* dari komponen  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$
2. Penempatan tata letak dan kerja *bow thuster* dan *stern thuster*.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Kajian Pustaka

Beberapa penelitian yang berhubungan dengan pengaturan posisi kapal perawatan anjungan platform *offshore* antara lain adalah :

- a. Dalam penelitian Yu *et al.* (2017) *Robust adaptive fault-tolerant control of dynamic positioning vessel with position reference system faults using backstepping design*. Berisi tentang skenario simulasi di lepas pantai model kapal pasokan disediakan untuk memvalidasi efektivitas RAFTC yang dirancang, dan hasilnya menunjukkan bahwa RAFTC memiliki kinerja dan ketahanan yang lebih baik dibandingkan dengan pengontrol *back stepping* adaptif *fine-tuned* biasa. Kelemahan dari penelitian ini adalah menganut *system* kerja RAFTC lebih menekankan posisi kapal dengan *system* mundur, sehingga kurang efisien untuk mencapai posisi stabil selama pengerjaan perawatan di anjungan platform [6].
- b. Witkowska *et al.* (2018) meneliti tentang *Adaptive dynamic control allocation for dynamic positioning of marine vessel based on backstepping method and sequential quadratic programming*. Berisi tentang hasil pengujian simulasi, input kontrol yang dihasilkan menstabilkan kapal posisi dan orientasi dilanggar oleh kesalahan pendorong baling-baling. Kelemahan dari penelitian ini adalah evaluasi penelitian meliputi konsumsi energi, ketahanan, dan akurasi pemosisian dinamis selama operasi kapal tidak ekonomis karena akan menambah banyak biaya pengeluaran khususnya untuk bahan bakar [7].
- c. Shin, J *et al.* (2017). *Adaptive Path-Following Control for an Unmanned Surface Vessel Using an Identified Dynamic Model*. Meneliti tentang metode control untuk kapal permukaan tak berawak *unmanned surface* (USV) berdasarkan identifikasi model dinamis. Untuk menangani model dinamis USV secara efektif, tiga model *degrees of freedom model* (DOF) digunakan sebagai gantinya dari model dinamis non-linier penuh, dan

dilinerkan pada spesifik kondisi keseimbangan. Model linierisasi diidentifikasi dengan data nyata dari beberapa percobaan dengan memanfaatkan sekumpulan *particle optimization method* (PSO). Kemudian, berdasarkan model yang diidentifikasi, algoritma kontrol adaptif diusulkan untuk mengikuti beberapa waypoint dan perintah kecepatan. Metode kontrol yang diusulkan menggunakan input kontrol virtual, *dynamic surface control* (DSC) metode dan istilah adaptif untuk menangani yang cocok dan tidak cocok ketidakpastian secara bersamaan. Stabilitas loop tertutup secara keseluruhan adalah dianalisis dengan memperkenalkan kesalahan zona mati yang terdiri dari pelacakan kesalahan dan fungsi saturasi. Akhirnya, beberapa percobaan dengan perahu nelayan komersial yang direnovasi dilakukan dan dianalisis dan untuk memvalidasi kinerja metode yang diusulkan. Penelitian ini mempunyai kelemahan pada model yang diidentifikasi, algoritma kontrol adaptif diusulkan untuk mengikuti beberapa *waypoint* dan perintah kecepatan, sehingga jika *way point error* maka system ini tidak dapat dijalankan [8].

- d. Shen, Z et al. (2019) meneliti tentang *MLP neural network-based recursive sliding mode dynamic surface control for trajectory tracking of fully actuated vessel subject to unknown dynamics and input saturation neurocomputing*. Dalam penelitian ini membahas tentang penyajian kontrol permukaan dinamis mode geser rekursif berbasis neural network MLP skema untuk kapal permukaan yang digerakkan penuh dengan dinamika yang tidak pasti dan gangguan eksternal, di mana: input kontrol diperlukan untuk dibatasi. Pertama-tama, minimum learning parameters (MLP) *network based neural* (NN) dirancang untuk meningkatkan ketahanan terhadap ketidakpastian model. Kemudian, hukum adaptif digunakan untuk mengkompensasi kesalahan dan gangguan perkiraan jaringan saraf. NS metode kontrol mode geser rekursif yang dikombinasikan dengan *dynamic surface control* (DSC) dirancang untuk menghilangkan turunan berulang dari hukum kontrol

virtual dan meningkatkan ketahanan sistem. Hiperbolik halus fungsi tangen digabungkan dengan skema kontrol untuk mengurangi risiko kejenuhan aktuator. Pada pada saat yang sama, fungsi Nussbaum digunakan untuk meng kompensasi fungsi saturasi dan memastikan stabilitas sistem. Kami menunjukkan bahwa di bawah metode kontrol yang diusulkan, meskipun ada ketidakpastian dan gangguan sistem, kesalahan pelacakan dapat menyatu ke lingkungan kecil yang sewenang-wenang di sekitar nol, sedangkan persyaratan kendala pada gaya kontrol dan torsi tidak akan dilanggar. Dengan menggunakan Fungsi Lyapunov, terbukti bahwa metode kontrol yang diusulkan dapat menjamin batas yang seragam dari semua sinyal loop tertutup. Akhirnya, hasil simulasi lebih lanjut menunjukkan keefektifan metode yang diusulkan. Kelemahan dalam penelitian ini adalah *neural network radial basic function* (RBF) dan fungsi aproksimasi berdasarkan *minimal learning parameters* (MLP), untuk systemnya terlalu rumit karena mengandalkan seperti jaringan saraf di tubuh kita, sehingga hanya kru kapal yang punya keahlian tertentu dapat mengoperasikan system ini [9].

- e. Yuqing Chen et al. (2019) meneliti tentang *Cooperative tracking of vessel trajectories based on curved dynamic coordinates*. Hasil dari penelitiannya adalah Masalah kooperatif baru untuk beberapa kapal permukaan diselidiki berdasarkan beberapa titik referensi dan kontrol mode geser terminal terminal metode. Untuk mengatasi kesulitan pemodelan beberapa lintasan pelacakan khusus seperti sungai dan garis pantai dalam sistem koordinat Cartesian tradisional, sebuah sistem koordinat dinamis lengkung lokal baru dibangun, dan beberapa titik referensi dengan interval tertentu pada koordinat lengkung digunakan sebagai referensi konsensus untuk kelompok. Kemudian pelayaran kooperatif kapal permukaan dianalisis, berdasarkan mana pengontrol mode geser terminal lokal-ke-global dirancang untuk menjaga posisi relatif kapal tak berawak yang dinamis. Akhirnya, kondisi kendala lintasan formasi dibahas lebih lanjut dan beberapa hasil simulasi

menunjukkan validitas metode yang disajikan. Kelemahan dari penelitian ini adalah dengan system ini mengandalkan akan garis pantai yang tidak efektif diterapkan di lingkungan offshore yang notabene hamper semua pengerjaan perawatan anjungan platform dikerjakan di tengah laut lepas yang jauh dari daratan [10].

- f. Abaei, M. et al. (2018) D meneliti tentang *Dynamic reliability assessment of ship grounding using Bayesian Inference*. Hasil penelitiannya adalah Peningkatan permintaan transportasi pelayaran yang signifikan dengan menggunakan kapal-kapal besar di perairan terbatas, seperti jelajah kapal kargo di saluran, menarik perhatian industri maritim di seluruh dunia untuk mengurangi potensi risiko landasan. Navigasi kapal yang lebih aman membutuhkan alat prediksi yang lebih akurat untuk memperkirakan kemungkinan sebuah kapal menghantam dasar laut. Studi ini menyajikan kerangka kerja keselamatan untuk analisis kegagalan di bawah lunas kapal melintasi perairan dangkal. Metodologi yang dikembangkan dapat diterapkan oleh perancang, operator, dan manajer pelabuhan untuk mempertahankan armada pelayaran mereka beroperasi pada tingkat keselamatan landasan yang dapat diterima. Sebuah Hirarkis Analisis Bayesian diterapkan untuk memperkirakan probabilitas menyentuh dasar laut berdasarkan hasil dinamika di bawah keel clearance diperoleh dari simulasi hidrodinamika domain waktu. Untuk mengilustrasikan penerapan metode yang diusulkan, kinerja kapal besar dinilai saat memasuki zona pesisir Queensland dengan kedalaman air maksimum 12 m. Kelemahan dari penelitian ini adalah kinerja kapal besar dinilai saat memasuki zona pesisir Queensland dengan kedalaman air maksimum 12 m, sedangkan untuk kapal yang beroperasi dikapal offshore lepas pantai kedalaman lebih dari 12 meter, sehingga system ini kurang efektif diterapkan di pengerjaan anjungan platform lepas pantai [11].
- g. Zhang, Huifeng (2021) *Anti-disturbance control for dynamic positioning system of ships with disturbances*. Penelitian ini adalah untuk menyelidiki karakteristik aerodinamis tidak stabil dari turbin angin lepas pantai mengambang di bawah gerakan tunggal (lonjakan atau *pitch*) dan gabungan menggunakan simulasi dinamika fluida komputasi, Selain itu,

teknik kopling mesh dinamis dan geser mesh digunakan, serta metode Navier-Stokes rata-rata Reynolds yang tidak stabil. Metode simulasi numerik dalam makalah ini terlebih dahulu divalidasi dengan membandingkan hasil metode momentum elemen sudu dan metode vortex. Karakteristik aerodinamis dari turbin angin lepas pantai terapung di bawah gerakan platform harmonik dengan periode dan amplitudo yang berbeda diselidiki. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan amplitudo dan frekuensi memperburuk fluktuasi kinerja aerodinamis turbin angin secara keseluruhan. Selain itu, gerakan gelombang- gelombang gabungan mengurangi pembangkitan daya rata-rata yang menunjukkan bahwa gerakan platform yang kompleks berdampak buruk pada pembangkitan tenaga turbin angin lepas pantai yang terapung [12].

- h. Zhang, Huifeng et al (2021). *Robust anti-disturbance control (RADC) yang kuat diselidiki untuk sistem penentuan dynamic positioning (DP) kapal dengan gangguan yang bervariasi waktu yang tidak diketahui.* Gangguan tersebut disebabkan oleh angin, arus gelombang orde kedua, arus laut serta dinamika yang tidak dimodelkan, yang dimodelkan oleh proses Markov orde pertama. disturbance observer (DO) dibentuk untuk memperkirakan gangguan secara online. Kemudian dirancang pengontrol anti-gangguan untuk sistem DP kapal dan analisis stabilitas sistem komposit disajikan dengan menggunakan teori stabilitas stokastik. Metode DOBC dan penempatan tiang diimplementasikan untuk meningkatkan ketahanan terhadap gangguan lingkungan laut. Gangguan perubahan waktu yang tidak diketahui dapat dilemahkan sedemikian rupa sehingga sudut yaw dan posisi kapal mencapai nilai yang diinginkan dengan akurasi tinggi. Akhirnya, simulasi pada kapal pasokan diberikan untuk menggambarkan validitas strategi pengendalian yang diusulkan [13].
- i. Song, Yu et al (2021). Kesalahan dalam menghitung parameter sistem beban dan dorong eksternal, model pemosisian dinamis tradisional dari platform pengeboran minyak memiliki akurasi pemosisian yang buruk,

sehingga sulit untuk memenuhi permintaan eksploitasi minyak. Oleh karena itu, model pemosisian dinamis baru dari platform pengeboran minyak lepas pantai dirancang berdasarkan algoritma OIPSO. Berdasarkan model matematika platform pengeboran minyak lepas pantai, beban eksternal (angin, gelombang dan arus laut) dihitung, dan gerakan platform disimulasikan, sehingga persamaan gerak platform dibangun. Algoritma OIPSO digunakan untuk mendistribusikan gaya dorong untuk penentuan posisi dinamis, dan untuk menentukan rentang nilai variabel keputusan. Kemudian dikombinasikan dengan pengontrol PID, pergerakan platform pengeboran minyak lepas pantai dapat dikontrol, sehingga dapat mewujudkan posisi dinamis platform. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa dibandingkan dengan model tradisional, kesalahan posisi dinamis dari model yang diusulkan lebih kecil, dan model memiliki validitas dan kelayakan yang lebih tinggi [14].

- j. Landstad et al (2021). *Dynamical positioning (DP) dari kendaraan yang dioperasikan dari jarak jauh remotely operated vehicle (ROV)* menggunakan pendorong diselidiki sebagai sarana untuk meningkatkan pengoperasian sistem peluncuran dan *pemulihannya launch and recovery system (LARS)* pada kapal permukaan yang relatif kecil. ROV menggunakan sistem kontrol DP-nya untuk secara dinamis melacak gerakan kapal permukaan yang digerakkan oleh gelombang yang mungkin juga berada di bawah kendali DP. Pertimbangan fase kritis ketika posisi ROV sangat dekat dengan LARS. Pada fase ini, gerakan ROV sangat dipengaruhi oleh gelombang permukaan orde pertama dan kopling hidrodinamik dari gerakan kapal permukaan. Oleh karena itu, ada risiko tabrakan antara ROV dan kapal permukaan dan LARS-nya. Kami menggunakan simulator sistem dinamis domain waktu yang menghitung gerakan gabungan dari kapal permukaan dan ROV untuk menganalisis dan mengoptimalkan pengoperasian sistem. Ini didasarkan pada operator amplitudo responss massa, redaman, dan responss gaya gelombang response amplitude operators (RAO) yang digabungkan

untuk kedua kapal permukaan dan ROV, yang dapat dihitung menggunakan perhitungan multi-tubuh hidrodinamik gabungan WAMIT, yang juga memperhitungkan dinamika kolom air moonpool. Hasil simulasi menunjukkan pengaruh positif ROV DP terhadap operabilitas LARS menggunakan data statistik lingkungan dari Laut Utara [15].

- k. Øvereng, et al (2021). Penelitian ini menunjukkan implementasi dan pengujian kinerja skema kontrol berbasis *Deep Reinforcement Learning* yang digunakan untuk Pemosisian Dinamis kapal permukaan laut. Skema kontrol mengenkapsulasi kontrol gerak dan alokasi kontrol dengan menggunakan jaringan saraf, yang dilatih pada kembaran digital tanpa memiliki pengetahuan sebelumnya tentang dinamika sistem, menggunakan algoritma pembelajaran *Proximal Policy Optimization*. Dengan menggunakan fungsi penghargaan Gaussian multivariat untuk mengetahui kesalahan kecil antara kapal dan berbagai *setpoint*, sambil mendorong output aktuator kecil, skema kontrol berbasis *Deep Reinforcement Learning* yang diusulkan menunjukkan kinerja pemosisian yang baik sekaligus hemat energi. Baik simulasi dan uji coba laut skala model dilakukan untuk menunjukkan kinerja dibandingkan dengan metode tradisional, untuk mengevaluasi kemampuan neural networks yang dilatih dalam simulasi untuk bekerja pada sistem kehidupan nyata [16].
- l. Kunci keberhasilan dari terbang pesawat tanpa awak adalah menjaga kestabilan waktu lepas landas hingga stabil di udara. Sebelum transisi untuk terbang naik horizontal. Terdapat masalah yang dapat mengganggu kestabilan saat pesawat tanpa awak adalah ditemukan ketidakseimbangan pada aktuator seperti putaran motor dan pergerakan servo stabilizer. Maka dari itu sebagai sarana mengatasi masalah tersebut, dalam penelitian ini akan membuat sistem pengendalian agar pesawat tanpa awak agar stabil pada keadaan stabil di udara saat melakukan lepas landas dan mendarat. Metode pengendalian yang dipakai adalah kontrol *Proportional Integral Derivative (PID)*. Sensor yang digunakan adalah *gyrocompass* yang dapat membaca pergerakan dan perubahan sudut pada

pesawat tanpa awak . Dari hasil pengujian dan analisa pemberian parameter  $K_p : 2,5$ ,  $K_i : 0,250$ , dan  $K_d : 23$  untuk kendali *pitch* dan *Roll* memerikan hasil yang baik, yaitu pesawat tanpa awak dapat terbang dan mempertahankan kestabilan pada saat stabil di udara [17].

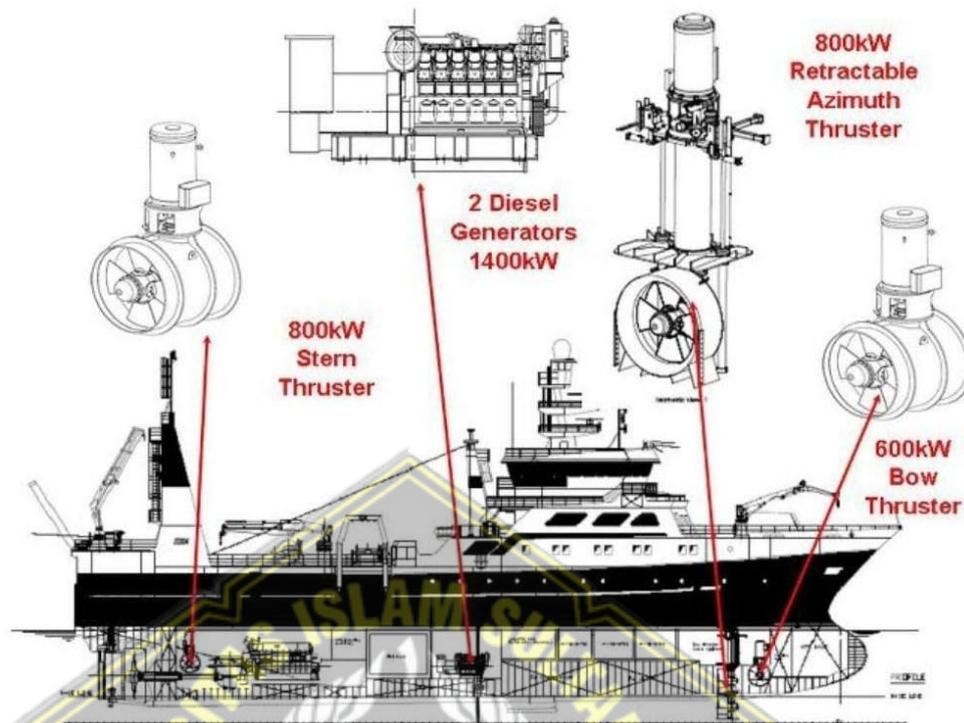
## **2.2 Landasan Teori**

### **2.1.1 Kontrol Daya**

Pembagian daya pada suatu mesin penggerak sangat penting karena di perlukan keseimbangan antara kedua belah sisi yang saling bertolak belakang untuk menjadi keadaan yang stabil atau seimbang. Motor ini dipasang di bagian depan dan belakang berguna mengontrol kecepatan kapal tanpa campur tangan manusia dengan cara yang ramah lingkungan dan ekonomis. Motor penggerak sebagai kontrol kecepatan maju umpam gelombang yang dapat memprediksi perubahan kecepatan sesuai dengan beban gelombang dan kompensasinya untuk mengurangi fluktuasi kecepatan, daya, dan konsumsi bahan bakar. System ini dikembangkan dengan menambahkan variable resistensi dan analisa dari propulsi gerakan. Pembacaan grafik gelombang divalidasi menggunakan program simulasi optimasi kontrol daya melalui perbandingan antara motor penggerak depan dan motor penggerak belakang. Tujuan dari pembagian daya adalah meningkatkan defisit pergerakan motor sehingga optimasi kinerja dari motor depan dan belakang dapat tercapai serta pengendalian kapal dapat dilaksanakan dengan baik.

### **2.1.2 Bow thruster dan Stern thruster**

*Bow Thruster* dan *stern thruster* adalah mesin bantu pada kapal yang berguna sebagai mesin tambahan pada kapal untuk membantu olah gerak kapal. *Bow thruster* dan *stern thruster* sangat berguna bagi kapal pada saat melakukan olahan gerak pada saat kapal mau sandar dan keluar dari pelabuhan. Pada pembuatan *bow thruster* dan *stern thruster* harus diperhatikan mulai dari pemilihan material sampai pemilihan elektro motor untuk penggerak propeller pada bow thruster. Penempatan bow thruster dan stern thruster dapat dilihat gambar berikut.



Gambar 2. 1. Penempatan bow thuster dan stren thuster

*Bow thruster* dan *stern thruster* adalah perangkat penunjang pergerakan kapal dipasang di depan dan belakang bagian bawah kapal meningkatkan kestabilan *manuver* kapal. Dengan mengandalkan energi putaran dari *propeller* pada *bow* dan *stern thruster* kapal, kestabilan kapal dapat diperoleh dengan lebih cepat dibanding kapal tanpa kedua alat penunjang tersebut. Dengan *bow thruster* dan *stern thruster* ini, dapat diperoleh kestabilan kapal yang kita inginkan. terdapat *factor* yang mempengaruhi kestabilan sebuah kapal, antara lain:

- Bobot kapal.
- Dimensi kapal.
- *Shiphull* (lambung kapal).
- *Rudder system* (sistem kemudi).
- *Horse power*

Karakteristik kapal meliputi:

- Reaksi kapal pada saat perubahan kapal.
- Kemampuan berputar.

- Jarak henti.
- *Ratio* antara jarak dan lebar kapal.
- *Ratio* antara lebar dan *draft*.
- *Area rudder*.

### 2.1.3 Kapal AHTS

*Kapal Anchor Handling Tug Supply* (AHTS) dapat di definisikan sebagai kapal yang ditugaskan khusus untuk mendukung pengoperasian lepas pantai umumnya diperlukan untuk memasang sistem yang membuatnya berbeda dari yang kapal lain. Dalam hal tata kelola berbagai kegiatan sumber penemuan awal mula minyak dan gas bumi dapat dikerjakan di daratan (*onshore*) serta dapat ditemukan di anjungan tengah lautan (*offshore*) sesuai titik di mana sumbernya di temukan, akan tetapi mencakup kegiatan terdapat kemungkinan bahaya ditimbulkan selama waktu kegiatan eksplorasi minyak bumi ini semakin banyak dilakukan pada tambang minyak di laut (*offshore*) selain itu juga terdapat di tambang lepas pantai perairan dalam (*deepwater*). Aktivitas eksploitasi ini semakin bertambah banyak setaraf dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk armada kapal penunjang proses penambangan minyak lepas pantai, dengan perkembangan dari dunia minyak dan gas maka di buatlah kapal- kapal penunjang tambang lepas pantai. Maka didapatkan ide dan gagasan untuk membuat suatu bangunan laut yang dapat melakukan Sebagian besar tugas dari ekplotasi pengeboran minyak dan gas lepas pantai, yang dikenal dengan istilah kapal AHTS (*anchor handling tug supply*)[18].

Untuk bisa mengupayakan kebutuhan berbagai macam sarana transportasi laut, perusahaan dalam sektor pelayaran terus menerus untuk merancang kapal AHTS dalam jumlah yang meningkat drastis. Akan tetapi armada kapal juga harus dilengkapi dengan teknologi canggih dan di operasikan oleh sumber daya para perwira pelaut yang disiplin, potensial, terdidik, serta mempunyai loyalitas dan memiliki kemampuan serta

berbagai pengalaman yang mumpuni agar bisa ditempatkan di kapal AHTS sebagai upaya bersama sama guna memperlancar operasional dan diharapkan serta dapat mencegah terjadinya kecelakaan selama proses pengoperasian.

Kapal AHTS mempunyai bermacam keutamaan pekerjaan khusus dalam rangka sebagai penunjang sarana pengeboran lepas pantai seperti perpindahan lokasi *platform*, sarana penunjang kebutuhan platform dan pemindahan lokasi jangkar atau *bouy* serta *maintenance bouy* atau platform dan juga perawatan platform yang berada di tengah laut. Pekerjaan dalam *sector* minyak dan gas ini memiliki risiko yang tidak bisa dipandang remeh (*high risk*) karena itu dibutuhkan ketrampilan yang bisa diandalkan dan disertakan pengalaman yang teruji sebagai *crew* kapal yang butuh kan untuk bisa bergabung dan bekerja di kapal *type* ini. Penting dibuatkan suatu *list* atau daftar pekerjaan diperlukan suatu *standard operational procedure* (SOP) yang bisa dimengerti serta dilakukan oleh para crew kapal atau lebih dikenal *work assesement* dan *risk assesement* dan di *update* secara berkala. Dalam setiap akan diadakan pekerjaan dikapal AHTS terlebih dahulu di adakan *safety meeting* dan *tool box meeting* dan arahan kerja yang mana di ikuti seluruh aspek crew yang terlibat di dalam pekerjaan tersebut. Tujuannya antara lain adalah upaya untuk meningkatkan tingkat kedisiplinan kerja dan juga tingkat kewaspadaan terhadap hal-hal yang bisa terjadi karena kecelakaan kerja serta untuk membangun suasana kekompakan dan keterbukaan antar sesama *crew* di atas kapal.



Gambar 2. 2. Kapal AHTS

Peralatan kerja antara lain mesin hidrolik yang dapat membatasi beban tarikan atau angkut kurang lebih 300 T seperti *Towing Winch, crane, tugger winch*. Selain itu terdapat beberapa tangki, antara lain tangki buat muatan *bulk* (curah), maupun muatan cair seperti: *fuel oil, cement*. Seiring berkembangnya aktivitas banyak pengerjaan eksplorasi di lokasi pengeboran minyak dan bumi yang secara continue, maka pekerjaan pengoperasian kapal AHTS bisa mencapai 24 jam non stop. Oleh karena itu, untuk pengerjaan pengeboran lepas pantai diperlukan stamina kapal yang laik kerja serta peralatan berstandart dan bekerja dengan normal juga tersedia didalamnya para kru kapal cekatan dan mempunyai keterampilan serta edukasi yang mahir dapat bekerja di kapal AHTS [19].

#### **2.1.4 Anjungan Lepas Pantai (*Platform*)**

Keadaan lingkungan laut yang kasar adalah pasti akan mengakibatkan kerusakan korosi dan melemahkan kekuatan dari sebuah anjungan lepas pantai. Efeknya lebih parah untuk anjungan yang menua atau yang masih dipertahankan kondisinya. Berasal dari efek ganda gempa bumi dan

korosi, kemungkinan runtuhnya anjungan sangat meningkat, dan kapasitas seismik anjungan juga berkurang. Pelindung atau jacket anjungan akan terus menerus terkena korosi laut dalam jangka waktu terus menerus. Bahan baja dalam anjungan kondisi akan semakin memburuk karena terkena reaksi antara lain : kimia dan juga elektrokimia. Perbedaan mekanisme yang menyebabkan korosi dan lingkungan korosi, eksposur pelindung anjungan dapat diklasifikasikan ke dalam lima daerah, yaitu: daerah atmosfer, daerah percikan, daerah pasang surut, daerah terendam atau tanah di bawahnya [20].

Korosi umum adalah dipertimbangkan untuk kenyamanan dalam desain. Model korosi seragam adalah umum digunakan dalam desain platform. Ketebalan komponen baja dengan korosi seragam melemah seragam. Tunjangan korosi suatu komponen biasanya disimulasikan oleh faktor reduksi ketebalan komponen, yang bervariasi selama proses korosi total. Proses korosi pada komponen baja biasanya dibagi menjadi tiga: tahapan sesuai dengan masa layanan: non-korosi, korosi dipercepat dan korosi terbelakang. Selama tahap non-korosi, langkah-langkah anti korosi dapat mencegah korosi, dan tingkat korosi adalah relatif rendah. Selama tahap korosi yang dipercepat, anti korosi tindakan melemah atau hancur. Tingkat korosi dipercepat sebagai waktu berjalan. Selama tahap korosi terbelakang, perlekatan organisme laut dan lapisan pasif dapat memperlambat perkembangan *slow* laju korosi, dan laju korosi berubah lebih lambat. Tunjangan korosi komponen baja dalam korosi yang berbeda zona dan periode layanan yang berbeda bervariasi dari waktu ke waktu.

Model korosi varian waktu zona dikembangkan untuk menilai kapasitas keruntuhan seismik dari anjungan lepas pantai jacket berdasarkan metode teoritis dan data terukur. Beberapa temuan telah dicapai dari penilaian [21]:

- A. Zona varian waktu yang diusulkan dapat mencerminkan karakteristik dengan baik distribusi *spatio-temporal* yang tidak seragam dari korosi anjungan lepas pantai jaket yang menua. Korosi zona percikan yang paling sensitif terhadap korosi di platform dapat dijelaskan oleh Weibull model distribusi sedangkan zona lainnya masih dimodelkan secara linier model. Meskipun model yang diusulkan menunjukkan perbedaan yang nyata dalam laju korosi dari zona yang berbeda, jumlah total kehilangan massa yang disebabkan oleh korosi di platform diperkirakan oleh keduanya model berdekatan satu sama lain untuk masa kerja kurang dari 18 tahun untuk platform yang bersangkutan. Perbedaan keluaran yang paling penting antara kedua model adalah bahwa model yang diusulkan dapat menemukan sakelar lokasi lemah yang disebabkan oleh korosi parah di mana struktur kolaps dapat dimulai. Akibatnya, mode kegagalan dan jalur kegagalan mungkin juga diubah. Harus diakui bahwa yang diusulkan model harus dikalibrasi lebih lanjut ketika lebih andal di lapangan data yang diukur menjadi tersedia.
- B. Korosi pasti dapat menyebabkan penurunan ketahanan gempa dari platform lepas pantai jaket. Cadangan kekuatan dapat memungkinkan platform untuk mengalami korosi ringan atau bahkan sedang. Namun, ketika korosi berkembang lebih lanjut, contohnya melebihi masa kerja 20 tahun, ketahanan gempa dan *deformabilitas* pamungkas dari yang terkorosi platform akan berkurang secara substansial oleh korosi yang parah. Itu kurva probabilitas runtuh yang diperoleh dari IDA menunjukkan bahwa 10-tahun korosi tidak memiliki pengaruh yang berbeda pada ketahanan runtuh. Karena efek gabungan antara sifat getaran varian waktu dari platform dan karakteristik spektral dari gerakan yang dipilih, percepatan spektral tingkat runtuh (SA) tidak selalu menurun dengan meningkatnya derajat korosi. Meskipun varian gerak-ke-gerak, rata-rata SA tingkat keruntuhan masih menunjukkan

hubungan yang jelas dengan tingkat korosi.

C. CMR varian waktu mungkin tidak selalu berkurang dengan bertambahnya periode layanan. Ini hanya menunjukkan penurunan yang jelas dari masa kerja 8 tahun. Sebelum masa layanan ini, sedikit peningkatan CMR dapat bahkan diamati bahkan SA tingkat keruntuhan menunjukkan sedikit pengurangan. Ketika korosi berkembang lebih lanjut, pengurangan CMR varian waktu menjadi lebih cepat, dari 5,22 menjadi 2,47 selama 40 tahun untuk platform contoh. Kurva yang sesuai dengan dinormalisasi CMR dan RSR sangat cocok satu sama lain dalam korosi awal tahap pengembangan dan masa kerja lebih dari 30 tahun. Beberapa perbedaan yang berbeda dapat ditemukan selama dua tahap, dengan perbedaan terbesar hingga 10% untuk platform contoh. Jika sebuah *platform* seharusnya memperpanjang masa pakainya, beberapa anti-korosi atau langkah-langkah penguatan harus diambil. Faktor daktilitas, juga bahkan mengalami sedikit peningkatan bahkan dengan pengurangan ganda dalam hasil dan perpindahan akhir yang disebabkan oleh sedikit korosi. Dengan perkembangan korosi lebih lanjut, cenderung menurun kira-kira tetapi tidak sepenting CMR dan RSR.

Dalam desain anjungan lepas pantai terapung, Gerakan platform dan ketegangan garis tambatnya dihitung menggunakan sebuah perangkat lunak komputer untuk kriteria *metocean* yang diberikan. Setelah platform dipasang di lapangan, platform yang dihitung ini gerakan dan ketegangan garis tambatan sering dibandingkan dengan data terukur untuk memvalidasi hasil simulasi numerik digunakan dalam desain. Bencana atau kecelakaan pada platform minyak dan gas lepas pantai biasanya menyebabkan kematian yang serius dan kerugian finansial mengingat lingkungan yang menuntut di mana *platform* tersebut berada dan struktur bagian atas yang rumit. yang dimiliki *platform*. Melakukan perencanaan evakuasi pada *platform* merupakan tantangan. Alat komputerisasi adalah

dianggap sebagai cara yang baik untuk merencanakan evakuasi dengan simulasi darurat. Namun, struktur kompleks dari *platform* dan berbagai perilaku evakuasi dapat melemahkan keunggulan simulasi komputasi. Model yang dikembangkan terdiri dari empat bagian: *input* model evakuasi, pemodelan lingkungan simulasi, definisi agen, dan simulasi dan perbandingan [22].

Informasi *platform* yang diperlukan diekstraksi dari data *platform* dan kemudian digunakan untuk memodelkan lingkungan simulasi dengan mengintegrasikan model matriks dan model jaringan. Selain penting atribut, penginderaan lingkungan, dan fungsi perencanaan jalur pelarian dinamis dikembangkan dan ditugaskan untuk agen untuk meningkatkan kinerja simulasi. Total waktu evakuasi untuk semua agen di anjungan lepas pantai digunakan untuk mengevaluasi kinerja evakuasi dari setiap simulasi. Hasilnya menunjukkan bahwa model yang dikembangkan dapat secara akurat simulasikan evakuasi dan meningkatkan kinerja evakuasi pada *platform*. Model yang dikembangkan juga berlaku untuk industri lain seperti arsitektur, teknik, dan industri konstruksi, di mana ada peningkatan permintaan untuk perencanaan dan simulasi evakuasi. Ada banyak jenis anjungan lepas pantai di seluruh dunia, dan setiap jenis biasanya memiliki fitur struktural dan fungsional yang sama. Tetap *platform* dengan modul fungsional yang didukung oleh jaket baja yang diperbaiki langsung di dasar laut digunakan dalam penelitian ini. Bagian atas biasanya memiliki lebih dari satu dek untuk mendukung berbagai modul fungsional dan ini dek dipasang pada tingkat yang berbeda dihubungkan oleh tangga. Saat melakukan simulasi evakuasi, sulit untuk merencanakan jalur pelarian beberapa tingkat secara bersamaan terutama ketika interaksi antara tingkat yang berbeda diperlukan. Oleh karena itu, sebelum memasukkan hasil ekstraksi dan informasi *platform* yang disederhanakan untuk mengembangkan model evakuasi, semua *deck* yang terletak di level yang berbeda ditempatkan pada level yang sama dengan yang diperlukan

koneksi antara satu sama lain. Selama penggantian dek, transformasi koordinat diperlukan untuk menjamin lokasi relative dari semua modul di setiap dek tidak berubah. Di lingkungan operasi kelautan, anjungan lepas pantai *jack-up* adalah menerima beban dari angin, gelombang, dan arus. Beban angin termasuk faktor terpenting yang memengaruhi desain platform sehubungan dengan keselamatan, keandalan, dan stabilitas operasi [23].

Untuk uji beban angin pada platform *jack-up*, hal pertama yang harus dilakukan adalah men simulasikan profil kecepatan angin rata-rata atmosfer, yaitu, untuk memastikan aliran yang sama dengan kondisi operasi yang sebenarnya. Dalam pengujian ini, dengan menetapkan perangkat pembangkit turbulensi yang sesuai di depan terowongan angin bagian kerja dan mensimulasikan elemen kasar tanah, yang diperlukan profil kecepatan angin dan struktur turbulensi diperoleh, aliran kecepatan bervariasi seiring dengan ketinggian yang diharapkan [24].

### **2.1.5 Motor Elektrik Penggerak Kapal**

Usulan untuk sistem propulsi listrik yang dapat digunakan pada unit untuk mengangkat kru yang diservis peternakan angin lepas pantai disajikan. Kemungkinan menggunakan sistem penggerak listrik murni atau hibrida sistem penggerak yang beroperasi dalam konfigurasi diesel- listrik dianalisis. Dengan mengamati gerak unit CTV, berdasarkan data dari layanan *MarineTraffic*, model simulasi matematika dikembangkan, di mana sejumlah simulasi dilakukan di lingkungan *Modelica*. Model matematika yang dikembangkan memperhitungkan beban dinamis yang bekerja pada lambung kapal, resistensi hidrodinamik, sifat sistem propulsi listrik dan diesel bersama-sama dengan karakteristik elemen individu. Pengujian sistem propulsi listrik menunjukkan pengurangan bahan bakar konsumsi (sekitar 60%) dan emisi gas berbahaya ke atmosfer (sekitar 70%) di kaitannya dengan penggerak mesin pembakaran internal konvensional [25].

Penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan sistem propulsi hibrida diesel-baterai-listrik untuk mengemudi CTV memungkinkan pengurangan konsumsi energi yang terkandung dalam bahan bakar. Pengurangan konsumsi bahan bakar diterjemahkan menjadi pengurangan emisi karbon dioksida ke atmosfer, bersama dengan lainnya senyawa berbahaya yang terkandung dalam gas buang. Penggunaan *drive* hibrid pada CTV berkontribusi pada perlindungan lingkungan dengan secara signifikan mengurangi emisi mesin. Pada saat yang sama, penggunaan penggerak listrik mengurangi kebisingan dan polusi udara menjadi nol. Ketika manuver, misalnya, di pelabuhan, di sekitar kapal perumahan, di daerah yang tenang dan daerah lain di mana knalpot emisi dan kebisingan dari mesin pembakaran internal tidak diinginkan atau dilarang, serta membuat interior kapal itu sendiri lebih tenang dan bebas getaran, yang menciptakan lingkungan yang lebih baik bagi awak kapal dan penumpang. Hasil pengujian yang diperoleh menegaskan bahwa berkat penggunaan penggerak listrik, dimungkinkan untuk mengurangi biaya operasi unit yang digunakan untuk mentransfer kru layanan dan peralatan yang diperlukan untuk melaksanakan perbaikan dan layanan turbin angin bersama dengan infrastruktur tambahan. Berkat sistem *hybrid* atau penggerak listrik itu sendiri, keamanan dan keandalan CTV meningkat melalui kemungkinan penggunaan sumber energi alternatif, seperti genset, penyimpanan energi atau sel bahan bakar hidrogen. Penggunaan sistem propulsi hibrid dengan sirkuit perantara DC menghilangkan: kebutuhan untuk menyinkronkan genset pada *common rail*, rugi daya reaktif, dan gangguan akibat kerja mesin listrik dan *converter* listrik dalam sistem tenaga unit, sehingga meningkatkan kualitas energi listrik di jaringan listrik kapal. Sistem penggerak propulsi tambahan ditempatkan di haluan kapal yang kita menyebutnya dengan *bow thruster*. Bagi kapal besar yang membutuhkan tinggi akurasinya untuk manuver maka digunakan sepasang motor *bow thruster* di haluan. Perkembangan desain motor sebagai penggerak kapal sudah mulai di terapkan pada masa milenia ini. Optimasi

sebuah motor induksi sangkar tupai dapat dipakai berupa analisis secara sensitivitas parameter geometri stator dan rotor. Metode tersebut selanjutnya diwujudkan dalam bentuk motor NEMA desain B, C dan D. Optimasi wujud motor bawah air berupa analisis algoritme optimasi Alopex dan Chaotic. Permodelan optimasi hibrida digunakan guna membantu menyelesaikan bentuk optimasi secara non linear. Upaya maksimal ini diaplikasikan terhadap kerapatan fluks celah udara motor bawah air.

Geometri motor yang diwujudkan dengan elektromagnetik motor induksi tiga fasa selanjutnya dibuat seiring dengan perkembangan zaman. Prosedur didasarkan kepada hipotesa fluks motor. Terlebih dulu kita menentukan bentuk geometris dari mesin laminasi magnetik, setelah itu dilakukan perubahan wujud slot stator dan rotor. Penemuan hal itu sudah di implemetasi kan terhadap *bow thruster* dengan sistem konvensional, yaitu *system standard* dengan *type gear driver*. Pada implemetasi ini, motor ditempatkan dalam kapal dan dipakai alat *reduction gear* yang berfungsi memutar baling-baling, putaran tersebut terdapat rugi-rugi pada roda gigi dan seiring dengan kecepatan propulsi. Maka dari itu, terdapat bahaya kebocoran system pelumasan terhadap roda gigi, hal tersebut bisa menimbulkan pencemaran laut. Guna menutupi kekurangan tersebut, maka teretuslah ide penggunaan motor listrik sebagai penggerak pada *bow thruster*. Pada dasarnya sistem propulsi yang digunakan pada kapal dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu: mekanik, elektrikal dan kombinasinya.

Sistem propulsi adalah kombinasi dari sistem propulsi mekanik dan elektrik, yang disebut dengan sistem propulsi *hybrid* atau *combination of mechanical or electric diesel drive system* (CODAE). Oleh karena itu, Sistem CODAE dapat beroperasi sebagai mekanik, listrik atau mekanik dan listrik sistem kombinasi. Pemilihan mode operasi pada sistem propulsi CODAE adalah disesuaikan dengan kebutuhan daya penggerak yang ada,

sehingga dapat tetap beroperasi pada kondisi optimal. Sistem propulsi CODAE yang juga menggunakan generator poros disebut sebagai CODAE sistem propulsi, oleh karena itu sistem memiliki empat mode operasional. Empat operasional modeny adalah mode elektrik, *power take off/shaft* generator, *mechanical and hybrid* (CODAE). Di mana perbedaannya terletak pada poros generator / motor dan penggerak generator poros hibrida. Kapasitas penentuan daya motor listrik yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal akan diatur secara teliti oleh arsitek kapal. Mekanisme dari kapasitas dilakukan terhadap berat sebuah kapal serta bentuk kapal itu sendiri. Sebagai mana contohnya, dari perhitungan pembuat kapal, kapasitas motor listrik yang dibutuhkan adalah 160 kW. Pembuat kapal juga perlu mengeluarkan ukuran bow thruster untuk mencapai sistem kerja yang maksimal, yaitu diameter tidak lebih dari 510 mm dan panjang tidak lebih dari 600 mm.

- A. Pada proses bentuk dari motor listrik ini, bentuk yang diperhatikan. Diameter yang berlebihan dapat menyebabkan baling-baling terlalu menyentuh permukaan air laut dapat menyebabkan daya dorong kurang bertenaga, sedangkan bentuk terlalu panjang menjadikan baling-baling timbul keluar yang dapat mengurangi kinerja kapal secara signifikan. Ukuran ini penting adanya sebagai patokan pembuatan baling-baling dalam menentukan garis tengah baling-baling sebelum melakukan bentuk akhir baling-baling.
- B. Putaran motor untuk melakukan rancang bangun motor listrik, grafik kekuatan baling-baling perlu diperhatikan. Kinerja daya baling-baling yang sesuai dengan ketentuan ada pada putaran 635 rpm. Putaran ini menjadi pelopor perancang motor listrik dalam menentukan detail motor listrik dan detail bentuknya. Cara paling sederhana untuk mencapai efek itu adalah dengan menentukan daya dan jenis sistem propulsi beserta energinya cadangan, yang cocok untuk kapal dan hibrida. Dengan demikian, itu perlu mempertimbangkan kinerja kapal dengan berbagai struktur dan fitur

propulsi yang umum digunakan mesin. Catu daya dalam konfigurasi *hybrid*, disebut sebagai harmonik, mengurangi kesenjangan antara kekuatan "puncak" dan nilai rata-rata. Kecuali untuk desain energi yang terpisah sistem penyimpanan, sistem diesel hibrida atau listrik diasumsikan memiliki kekuatan yang sama dengan sistem konvensional dan kekuatan persyaratannya kurang lebih sama. Perhatikan juga bahwa sebagian besar sistem propulsi hibrida modern akan memungkinkan lebih efisien pengoperasian sistem propulsi listrik diesel (hemat bahan bakar, mengurangi biaya perawatan, mengurangi emisi), jika mesin jarang bekerja di bawah beban. Analisis kebutuhan energi system dalam fungsi waktu konsisten dengan mode dan fungsi analisis kapal. Kapal memiliki fitur yang berbeda itu hubungan fungsional juga akan berbeda.

- C. Spesifikasi rancang bangun motor induksi untuk kecepatan konstan dan variabel masing-masing berbeda satu sama lain. Motor yang dirancang untuk suplai tegangan ( $V$ ) dan frekuensi ( $f$ ) konstan, pada beberapa titik waktu, dipasok dari variabel  $V$  dan  $f$  untuk kecepatan variabel.

Dalam studi tersebut, strategi berbasis aturan adalah dikembangkan untuk kerja sama penggunaan listrik dari genset, baterai, dan pembangkit listrik pantai dengan tujuan memenuhi daya dibutuhkan oleh baling-baling, beban hotel, dan beban operasional kapal HEPS. Dengan menggunakan strategi tersebut, HEPS beroperasi dalam tiga mode, yaitu mode mengemudi baterai, mode mengemudi genset, dan pengisian baterai mode. Mengingat bahwa sebagian besar pelayaran kapal AHTS kurang dari 24 jam, baterai diisi ke jumlah awal yang dilambangkan sebagai SOC0. Menaikkan tegangan AC untuk memungkinkan sistem transmisi tegangan tinggi dan arus rendah, yang lebih efisien pada waktu itu. Sistem kelistrikan pertama yang diketahui diimplementasikan di atas kapal laut kapal adalah sistem DC yang dirancang untuk kapal komersial. Sistem berbasis DC disajikan. Faktor daya, distorsi harmonik total, dan regulasi tegangan dibahas. Kedua penjadwalan generator simetris dan asimetris

diperiksa dan penghematan bahan bakar potensial untuk contoh kapal pendukung menyelam disajikan. Penggunaan penggerak propulsi listrik untuk menggantikan yang terhubung secara mekanis penggerak propulsi diesel telah mendapatkan daya tarik karena keunggulannya, yang meliputi:

1. Peningkatan efisiensi generator.
2. Peningkatan efisiensi penggerak propulsi pada beban rendah dan kecepatan rendah.
3. *Respons* dinamis lebih cepat.
4. Mengurangi berat dan volume peralatan listrik.
5. Fleksibilitas dalam penempatan peralatan.

Dengan penggerak penggerak listrik, sistem distribusi listrik adalah diperlukan untuk mentransfer energi yang dihasilkan oleh generator diesel ke penggerak penggerak. Saat ini, kapal laut, mirip dengan sistem distribusi berbasis darat, terutama berjalan pada sistem distribusi AC. Dalam sistem *microgrid* berbasis lahan, seperti kapal AHTS.

#### **2.1.6 Proporsional Integral Derivatif (PID)**

Pengendali PID (*proporsional integral derivatif*) adalah jenis dari kontroler otomatis banyak diaplikasikan pada masa sekarang, karena terdapat kelebihan terhadap tanggapan sistem yang cepat namun mempunyai overshoot yang sangat besar. Nilai dari tolak ukur PID konvensional akan stabil selama operasi, konsekuensinya kontroler menyebabkan kurang efisien dalam menjalankan sistem jika terdapat gangguan yang tidak diketahui atau karena lingkungan sekitar sistem berubah. Dalam keadaan tersebut membuat sistem kendali PID kurang adaptif dan juga penentuan tolak ukur PID juga susah. Dalam perkembangan zaman ini terdapat berbagai cara untuk menentukan parameter PID, salah satu cara adalah metode *Ziegler-Nichols*.

Metode PID ini akan bekerja berdasarkan angka error yang telah diperoleh. Error adalah perbedaan dari setting point yang telah ditentukan.

Kontrol PID dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu kontrol P (*Proportional*), kontrol I (*Integral*), dan kontrol D (*Derivative*). Ketiga bagian tersebut bertujuan untuk mempercepat reaksi suatu sistem, meminimalisir *offset* dan mengeluarkan perubahan awal yang besar. Keluaran dari *controler* PID adalah hasil penjumlahan dari ketiga komponen tersebut. Karakteristik *controler* PID ini dipengaruhi oleh ketiga komponen P, I, dan D, penyetelan nilai setiap konstanta  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing bagian [26].

Kontrol PID adalah kontroler otomatis yang menggunakan mekanisme umpan balik yang sering digunakan pada sistem kontrol industri. Pada kontrol PID akan terus melakukan perhitungan secara continue nilai kesalahan sebagai pembanding (*feedback*) dengan set poin yang ditentukan sebelumnya oleh operator. Kontroler mencoba untuk meminimalkan nilai kesalahan setiap waktu dengan penyetelan *variable control*, seperti posisi kran kontrol, damper, atau daya pada elemen pemanas terhadap nilai baru yang ditentukan oleh jumlahan:

$$mv(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{ded(t)}{dt} \quad (2. 1)$$

Keterangan :

$mv(t)$  : Output dari pengontrol PID atau Manipulated variabel

$K_p$  : Konstanta Proporsional

$K_i$  :Konstanta Integral

$K_d$  : Konstanta Detivatif

$e(t)$  : *Error* (selisih antara *set point* dengan level aktual/*present value*).

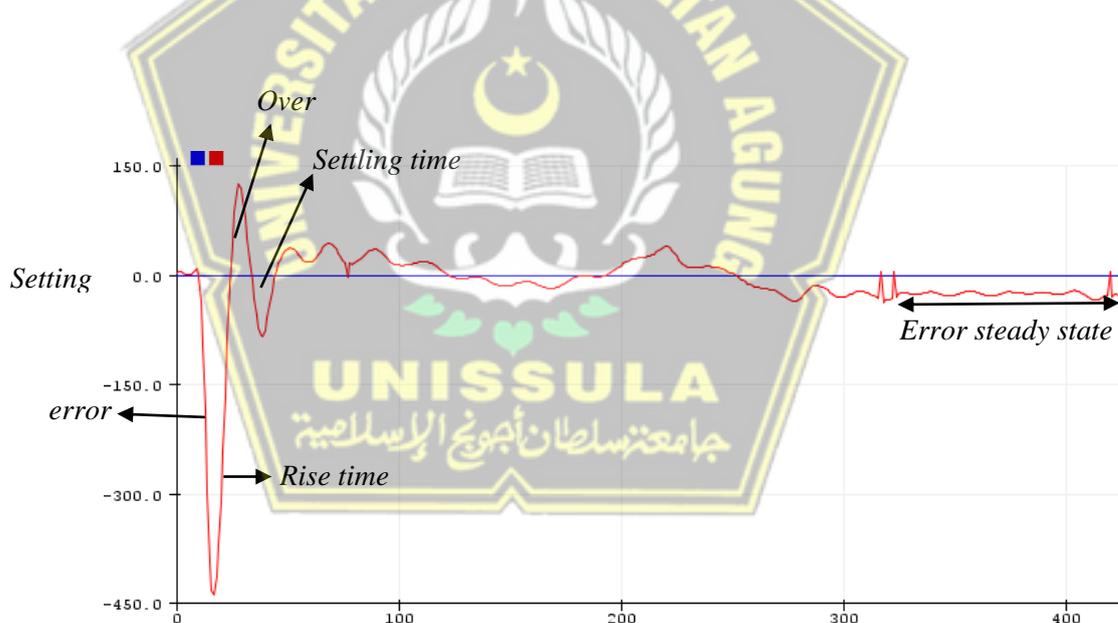
Membatasi nilai *Manipulated variable* yang dihasilkan diperlukan nilai batas minimum dan maksimum untuk memaksimalkan kerja pengontrol. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat disetel lebih menonjol di banding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respons sistem secara keseluruhan.

Untuk mendapatkan aksi kontrol yang baik diperlukan langkah *trial & error* dengan kombinasi antara P, I dan D sampai ditemukan nilai  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  seperti yang diinginkan.

Efek dari setiap controller ( $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ ) dalam sistem tertutup diperlihatkan pada table 1 di bawah ini:

Tabel 2. 1. Karakteristik PID controller

Respon Loop Tertutup	Rise Time (tr)	Overshoot (OV)	Settling Time (ts)	Error steady state (ess)
$K_p$	Menurun	Meningkat	Perubahan Kecil	Menurun
$K_i$	Menurun	Meningkat	Meningkat	Hilang
$K_d$	Perubahan Kecil	Menurun	Menurun	Perubahan Kecil



Gambar 2. 3. Istilah dalam grafik

Ada beberapa istilah yang digunakan mengenai penentuan parameter-parameter PID yaitu:

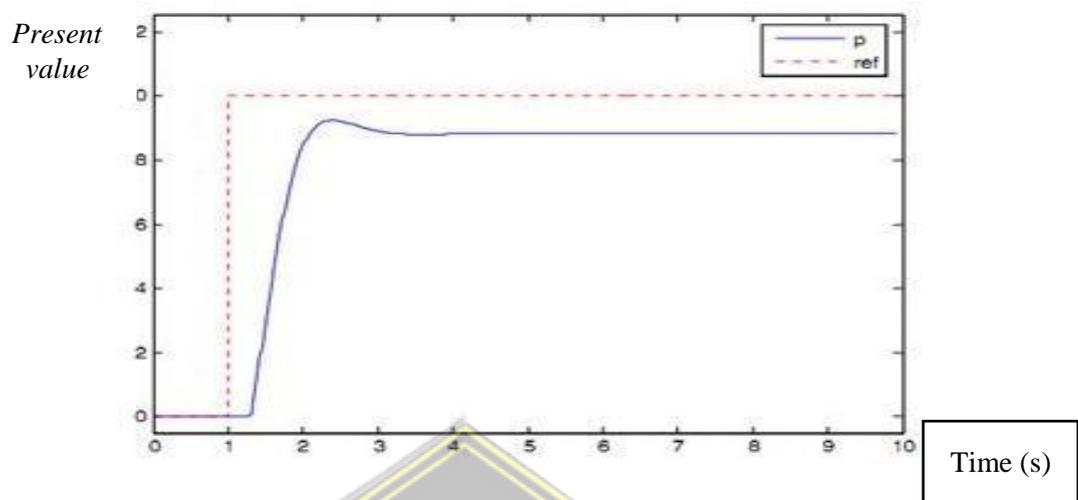
- *Setpoint*, adalah nilai dimana kita melakukan *setting* besaran yang akan kita inginkan, yang terdapat kondisi awal dan kondisi akhir.
- *Respon*, adalah timbal balik alat atau *plant* dari *output*nya.

- *Steady state*: kondisi sinyal respon suatu sistem telah mencapai keadaan stabil sampai sistem selesai.
- *Overshoot*: sinyal *respon* yang nilainya melebihi nilai *steady state*. Biasanya *overshoot* terjadi sebelum *steady state* tercapai.
- *Rise time*: waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi *steady state*.
- *Settling time*: keadaan dimana sinyal akan mencapai atau mendekati *steady state*.
- *Error-steady state*: keadaan ketika kondisi sinyal *respon/system* sudah atau belum mencapai *steady state* tetapi ada *error* (kesalahan respon) sehingga kondisi *steady state* yang seharusnya stabil atau konstan terdapat perubahan sinyal atau tidak sesuai dengan *steady state*.

Komponen PID terdiri dari tiga jenis yaitu Proporsional, Integral dan Derivatif. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri sesuai kebutuhan.

**a. Kontrol Proporsional (Kp)**

Kontrol P jika  $G(s) = k_p$ , dengan  $k$  adalah konstanta. Jika  $u = G(s) e$  maka  $u = K_p e$  dengan  $K_p$  adalah konstanta proporsional.  $K_p$  berlaku sebagai Gain (penguat) saja tanpa memberikan efek dinamik kepada kinerja kontroler. Penggunaan kontrol P memiliki berbagai keterbatasan karena sifat kontrol yang tidak dinamik. Walaupun demikian dalam aplikasi-aplikasi dasar yang sederhana kontrol P ini cukup mampu untuk memperbaiki respons transien khususnya *rise time* dan *setting time*. Pengontrol proporsional memiliki keluaran yang sebanding/ proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya).



Gambar 2. 4. Step Response Kp controller

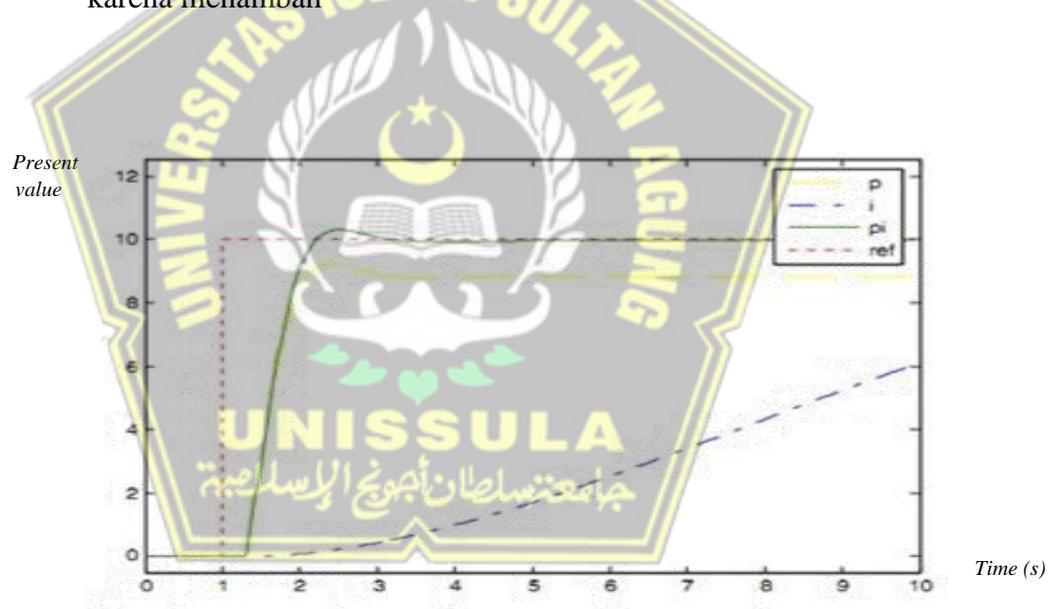
Persamaan Proporsional (P) memberikan masukan proporsional untuk sistem kendali dengan error. Menggunakan kendali P dapat memberikan nilai *error* yang tidak berubah kecuali ketika nilai masukan dari sistem kendali bernilai nol dan nilai proses sistem sama dengan nilai yang diinginkan. *Stationary error* dalam sistem muncul setelah adanya perubahan pada nilai yang diinginkan atau referensi. Nilai P yang besar akan mengakibatkan sistem tidak stabil.

#### b. Control Integral (Ki)

Pengontrol Integral berfungsi menghasilkan respons sistem yang memiliki kesalahan keadaan nol ( $Error\ Steady\ State = 0$ ). Jika sebuah pengontrol tidak memiliki unsur integrator, pengontrol proporsional tidak mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan adalah nol. Kontrol I dapat memperbaiki sekaligus menghilangkan respons *steady-state*, namun pemilihan  $K_i$  yang tidak tepat dapat menyebabkan respons transien yang tinggi sehingga dapat menyebabkan ketidakstabilan sistem. Pemilihan  $K_i$  yang sangat tinggi justru dapat menyebabkan *output* berosilasi karena menambah orde sistem.

Jika  $G(s)$  adalah kontrol I maka u dapat dinyatakan sebagai

$u(t) = \int e(t) dt$  KI dengan  $K_i$  adalah konstanta Integral, dan dari persamaan di atas,  $G(s)$  dapat dinyatakan sebagai  $u = K_d \cdot [\Delta e / \Delta t]$ . Jika  $e(T)$  mendekati konstan (bukan nol) maka  $u(t)$  akan menjadi sangat besar sehingga diharapkan dapat memperbaiki error. Jika  $e(T)$  mendekati nol maka efek kontrol I ini semakin kecil. Kontrol I dapat memperbaiki sekaligus menghilangkan *respon steady-state*, namun pemilihan KI yang tidak tepat dapat menyebabkan respon transien yang tinggi sehingga dapat menyebabkan ketidakstabilan sistem. Pemilihan KI yang tinggi justru dapat menyebabkan *output* berosilasi karena menambah

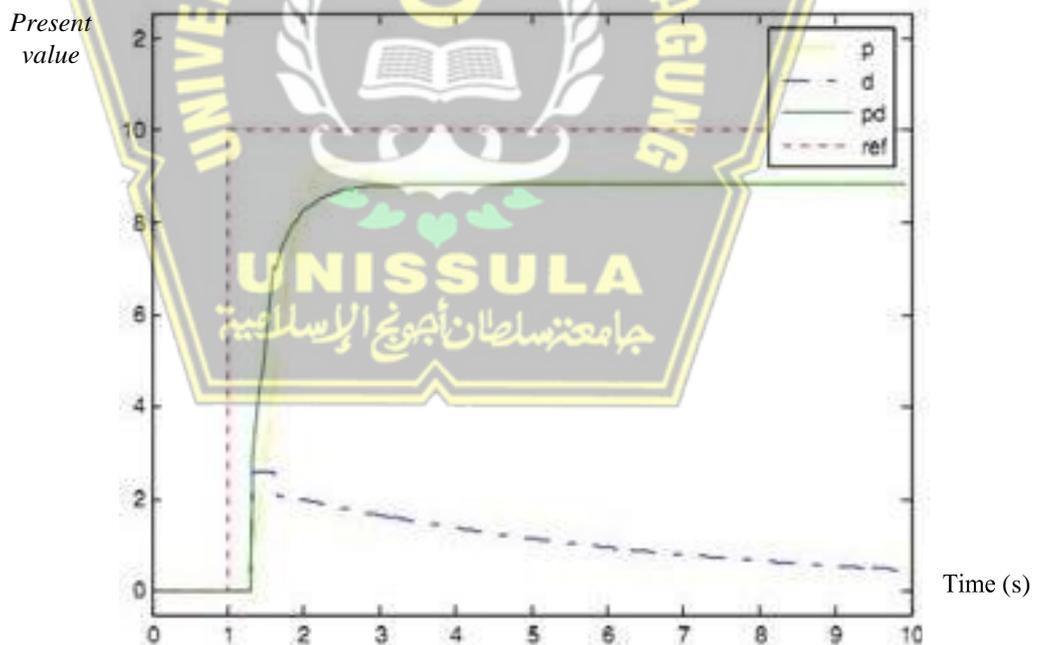


Gambar 2. 5. Step Responce Kp dan Ki controller

Keluaran pengontrol ini merupakan hasil penjumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Jika sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, maka keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan. Sinyal keluaran pengontrol integral merupakan luas bidang yang dibentuk oleh kurva kesalahan/*error*.

**c. Kontrol Derivative (Kd)**

Keluaran pengontrol diferensial memiliki sifat seperti halnya suatu operasi derivatif. Perubahan yang mendadak pada masukan pengontrol akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Ketika masukannya tidak mengalami perubahan, keluaran pengontrol juga tidak mengalami perubahan, sedangkan apabila sinyal masukan berubah mendadak dan menaik (berbentuk fungsi step), keluaran menghasilkan sinyal berbentuk impuls. Jika sinyal masukan berubah naik secara perlahan (fungsi ramp), keluarannya justru merupakan fungsi step yang besar magnitudenya sangat dipengaruhi oleh kecepatan naik dari fungsi ramp dan factor konstanta Kd. Step respons D dan PD kontrol bisa dilihat pada gambar berikut.



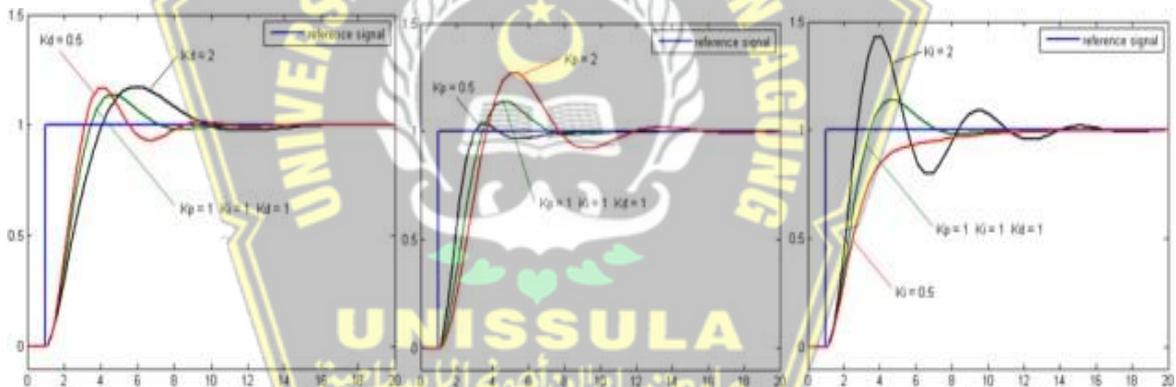
Gambar 2. 6. Step respons D dan PD controller

Sinyal kontrol  $u$  yang dihasilkan oleh kontrol D dapat dinyatakan sebagai  $G(s)=s.K_d$  Dari persamaan di atas, terlihat bahwa

sifat dari kontrol D ini dalam konteks "kecepatan atau rate dari *error*. Dengan sifat ini ia dapat digunakan untuk memperbaiki respon transien dengan memprediksi *error* yang akan terjadi. Kontrol Derivative hanya berubah saat ada perubahan *error* sehingga saat *error* statis kontrol ini tidak akan bereaksi, hal ini pula yang menyebabkan kontroler Derivative tidak dapat dipakai sendiri.

Kontrol D ini memiliki sifat dalam konteks "kecepatan" atau rate dari *error*. Dengan sifat ini ia dapat digunakan untuk memperbaiki respons transien dengan memprediksi *error* yang akan terjadi. Kontrol *Derivative* hanya berubah saat ada perubahan *error* sehingga saat *error* statis kontrol ini tidak akan bereaksi, hal ini pula yang menyebabkan *kontroler Derivative* tidak dapat dipakai sendiri.

Rumus untuk menghitung Kd adalah :



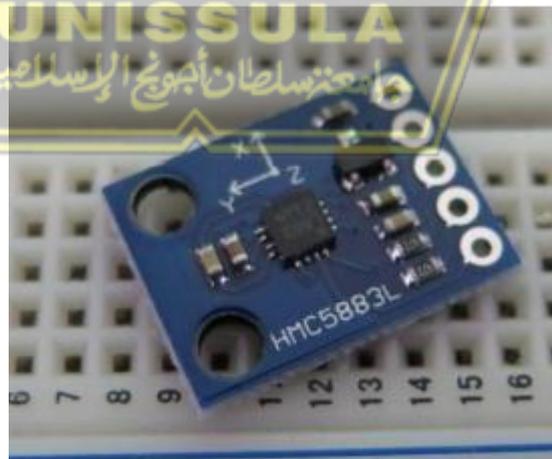
Gambar 2. 7. Respons perubahan Kp, Ki dan Kd

Kendali PID diterapkan dalam penelitian kendali posisi untuk mengendalikan posisi dan kendali kecepatan untuk mengendalikan kecepatan putar motor yang terdapat pada sistem lift. Kendali kecepatan dan posisi menggunakan metode PID untuk meminimalkan error yang timbul dari sistem lift tersebut. Set-point yang dipakai adalah ketinggian dan kecepatan putar motor dari sistem lift tersebut. Input yang dipakai adalah ketinggian dari lift yang didapatkan menggunakan sensor ultrasonic dan kecepatan putar motor yang didapatkan dengan menggunakan sensor optocoupler.

Data yang diperoleh lalu diproses dengan menggunakan ESP32 dengan metode PID untuk menghasilkan output berupa nilai PWM . Nilai PWM tersebut lalu digunakan untuk memutar motor DC, sehingga lift akan mencapai kecepatan dan ketinggian yang diinginkan. Ditemukan alat sudah dapat mengontrol kecepatan dan posisi dari lift hanya saja masih terdapat error di dalam sistem kontrol posisi yang dibuat.

### 2.1.7 Sensor Kompas HMC 5883L

HMC 5883L adalah sebuah sensor yang digunakan sebagai kompas digital atau bisa juga untuk menunjukkan arah mata angin. Sensor ini menggunakan komponen utama berupa IC HMC5883L yang merupakan IC kompas digital axis yang memiliki interface berupa 2 pin I2C. Modul ini biasa digunakan untuk keperluan sistem navigasi otomatis, mobile phone, netbook, dan perangkat navigasi personal. HMC5883L memiliki sensor magneto-resistive HMC118X series ber-resolusi tinggi, ditambah ASIC dengan konten amplification, automatic degaussing strap driver, offset cancellation dan 12 bit ADC. Modul ini memiliki 5 pin diantaranya, VCC, Gnd, SDA, SCL, dan DRDY, gambar sensor kompas dapat ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2. 8. Sensor gyro compass MPU-6050

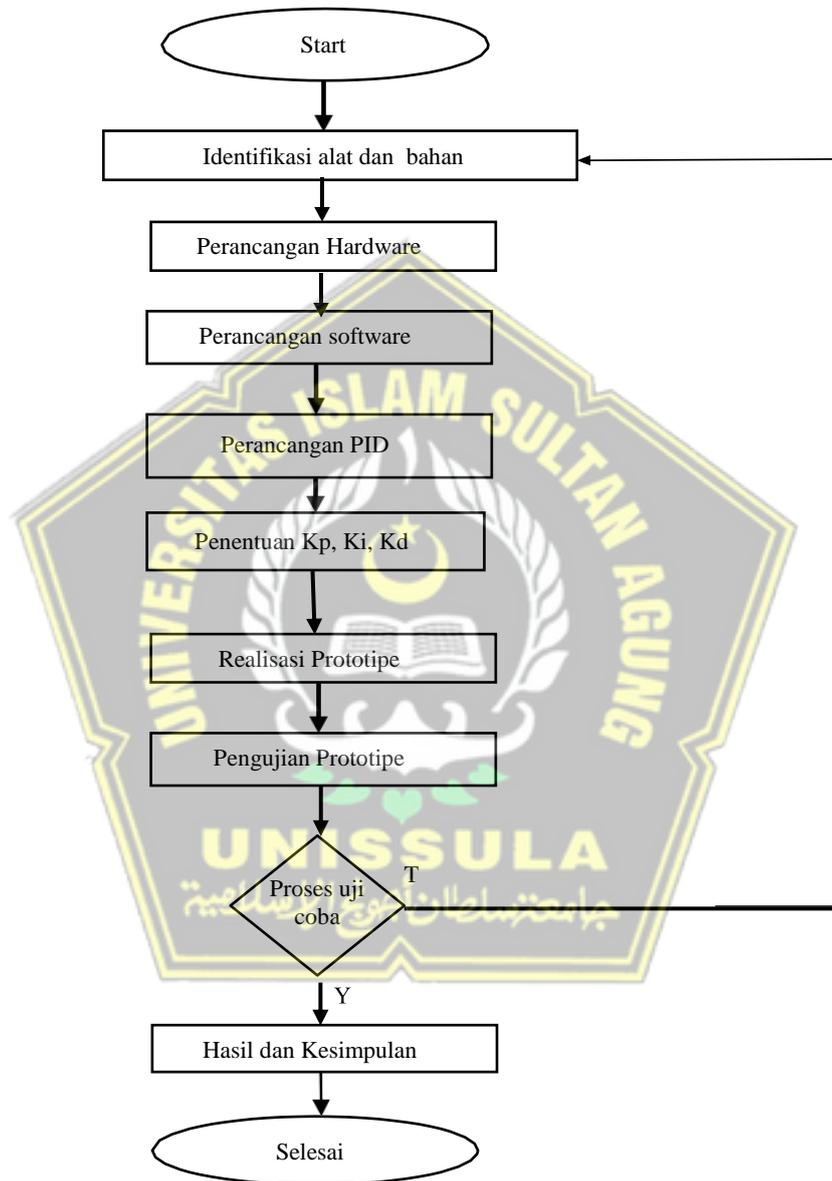
Gambar diatas menunjukkan simbol sumbu 3 aksis X, Y, dan Z dengan arah yang berbeda sesuai dengan posisi sensor mengarahkan

ke posisi yang dibutuhkan. Sensor HMC 5883L mengandalkan magnet bumi sebagai acuan titik kutub selatan dan kutub utara. Medan magnet berkembang di seluruh permukaan bumi sehingga dapat digunakan untuk membantu dalam menunjukkan arah mata angin. Sensor yang memiliki respon terhadap rotasi atau putaran, jadi sensor ini akan memiliki nilai yang berbeda saat berada dengan posisi hadap yang berbeda.



### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Langkah-langkah Penelitian



Gambar 3. 1. flow chat langkah penelitian

Pada Penelitian ini, digunakan metode-metode yang mana tujuan untuk dapat menyimpulkan masalah dalam penelitian, sedangkan Langkah dalam tahapan Penelitian dapat di rincikan sebagai berikut:

### 3.1.1 Identifikasi Alat dan Bahan

Dalam tahap tahapan identifikasi yang perlu kita siapkan adalah komponen beserta spesifikasinya antara lain:

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

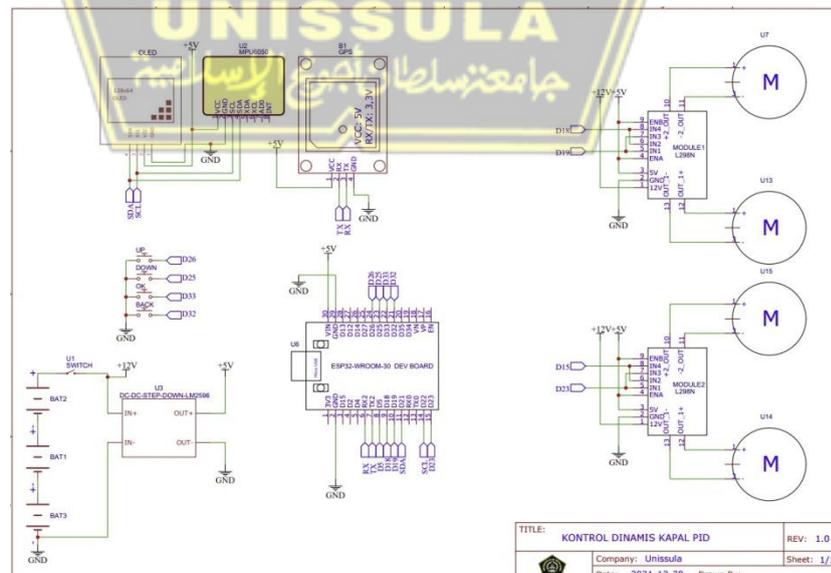
1. Laptop / PC
2. Multi Meter
3. Solder

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Arduino Nano
2. Sensor gyrocompass
3. Motor DC
4. Driver Motor
5. Baterai
6. LCD Display
7. Voltage Regulator
8. Miniatur Kapal

### 3.1.2 Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* dan karakteristik serta aplikasi skematik diagram yang digunakan sebagai berikut:



Gambar 3. 2. Schematik Perancangan simulasi Kapal

### 1. *Controller.*

Adalah perangkat utama yang akan dipakai. Pada penelitian ini perangkat controller yang dipakai adalah mikrocontroller ESP32 yang terintegrasi dengan perangkat board Arduino Uno dengan spesifikasi terlihat pada tabel berikut.

Tabel 3. 1. Spesifikasi Arduino Uno

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Chip	Atmega328
2	Tegangan Pengoperasian	5V
3	Tegangan input yang disarankan	7-12V
4	Batas tegangan input	6-20V
5	Jumlah pin I/O digital	14 (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
6	Jumlah pin input analog	6
7	Arus DC tiap pin I/O	40 Ma
8	Arus DC untuk 3,3V	50 Ma
9	Memory flash	32 KB (Atmega328), sekitar 0,5 KB digunakan oleh bootloader

### 2. *Akuator*

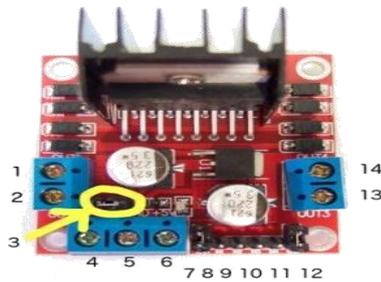
Motor DC merupakan akuator yang digunakan, spesifikasi motor DC ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3. 2. Spesifikasi motor DC

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Tegangan Suplai	6 VDC
2	Arus	1 A
3	Speed	10-3000 rpm
4	Torsi	10-1500g.cm

### 3. *Driver Motor*

*Driver* motor L298N adalah komponen elektronik yang digunakan untuk mengontrol kecepatan serta arah putaran motor DC. Satu buah L298N bisa dipergunakan untuk mengontrol dua buah motor DC.



Gambar 3. 3. Driver motor L298N

Keterangan spesifikasi *driver* motor L298N ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3. 3. Spesifikasi driver motor L298N

No.	Keterangan
1	DC motor 1 “+” atau stepper motor A+
2	DC motor 1 “-” atau stepper motor A-
3	12V jumper – lepaskan jumper ini jika menggunakan sumber lebih dari 12 V DC. Ini memungkinkan sumber dari regulator pada Arduino 5V.
4	Hubungkan sumber tegangan motor disini, maksimum 35 V DC. Lepaskan 12V jumperV jika >12V.
5	GND
6	5V output jika 12V jumper digunakan, ideal untuk mensuplai Arduino Anda(etc).
7	DC motor 1 enable jumper. Lepaskan ini ketika menggunakan stepper motor. Hubungkan ke keluaran PWM untuk menatur kecepatan motor.
8	IN1
9	IN2
10	IN3
11	IN4
12	DC motor 2 enable jumper. Lepaskan ini ketika menggunakan stepper motor. Hubungkan ke keluaran PWM untuk menatur kecepatan motor.
13	DC motor 2 “+” or stepper motor B+
14	DC motor 2 “-” or stepper motor B-

#### 4. LCD 2x16

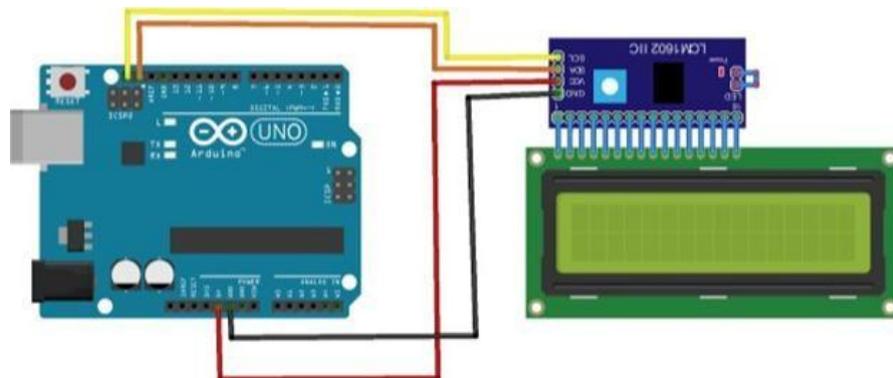
LCD yang digunakan berukuran 2x16 berfungsi sebagai indikator *setting point* yang diatur oleh potensiometer. Spesifikasi ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3. 4. Spesifikasi LCD i2c 2x16

No.	Keterangan
1	DC motor 1 “+” atau stepper motor A+
2	DC motor 1 “-” atau stepper motor A-
3	12V jumper – lepaskan jumper ini jika menggunakan sumber lebih dari 12 V DC. Ini memungkinkan sumber dari regulator pada Arduino 5V.
4	Hubungkan sumber tegangan motor disini, maksimum 35 V DC. Lepaskan 12V jumperV jika >12V.
5	GND
6	5V output jika 12V jumper digunakan, ideal untuk mensuplai Arduino Anda(etc).
7	DC motor 1 enable jumper. Lepaskan ini ketika menggunakan stepper motor. Hubungkan ke keluaran PWM untuk menatur kecepatan motor.
8	IN1
9	IN2
10	IN3
11	IN4
12	DC motor 2 enable jumper. Lepaskan ini ketika menggunakan stepper motor. Hubungkan ke keluaran PWM untuk menatur kecepatan motor.
13	DC motor 2 “+” or stepper motor B+
14	DC motor 2 “-” or stepper motor B-

### 5. Writing LCD i2c to Arduino

Perancangan LCD i2c yang digunakan adalah 16x2 yang berfungsi sebagai indikator tampilan dari setpoint skematik ditunjukkan pada gambar 3. 4.



Gambar 3. 4. Wiring LCD i2c to Arduino

Keterangan:

Kuning : enable

Oren : read

Merah : VCC

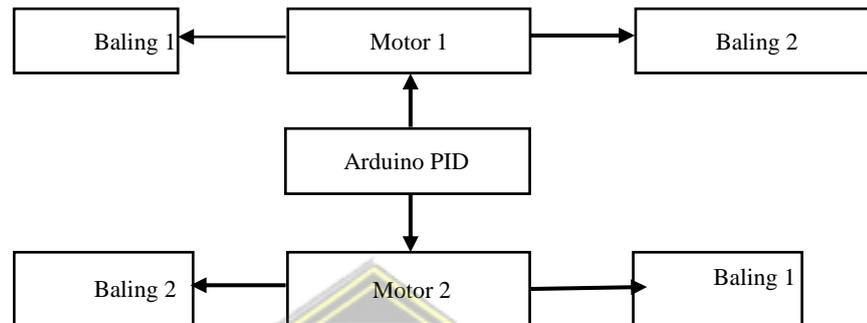
Hitam : GND

### 3.1.3 Perancangan software

Kendali PID diterapkan dalam kendali posisi untuk mengendalikan posisi dan kendali kecepatan untuk mengendalikan kecepatan putar motor. Kendali kecepatan dan posisi menggunakan metode PID untuk meminimalkan *error* yang timbulkan. Data yang diperoleh lalu diproses dengan menggunakan ESP32 dengan metode PID untuk menghasilkan output berupa nilai PWM (*pulse with modulation*). Nilai PWM tersebut lalu digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor penggerak. Keluaran dari controler PID adalah hasil penjumlahan dari ketiga komponen tersebut. Karakteristik controler PID ini dipengaruhi oleh ketiga komponen P, I, dan D, penyetelan nilai setiap konstanta  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  akan mengakibatkan karakteristik sifat dari masing-masing komponen. Membatasi nilai *Manipulated variable* yang dihasilkan diperlukan nilai batas minimum dan maksimum untuk memaksimalkan kerja pengontrol. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat disetel secara manual. Konstanta yang kita setting manual itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respons sistem secara keseluruhan. Untuk mendapatkan aksi kontrol yang baik diperlukan langkah *trial* dan *error* dengan kombinasi antara P, I dan D sampai ditemukan nilai  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  seperti yang diinginkan.

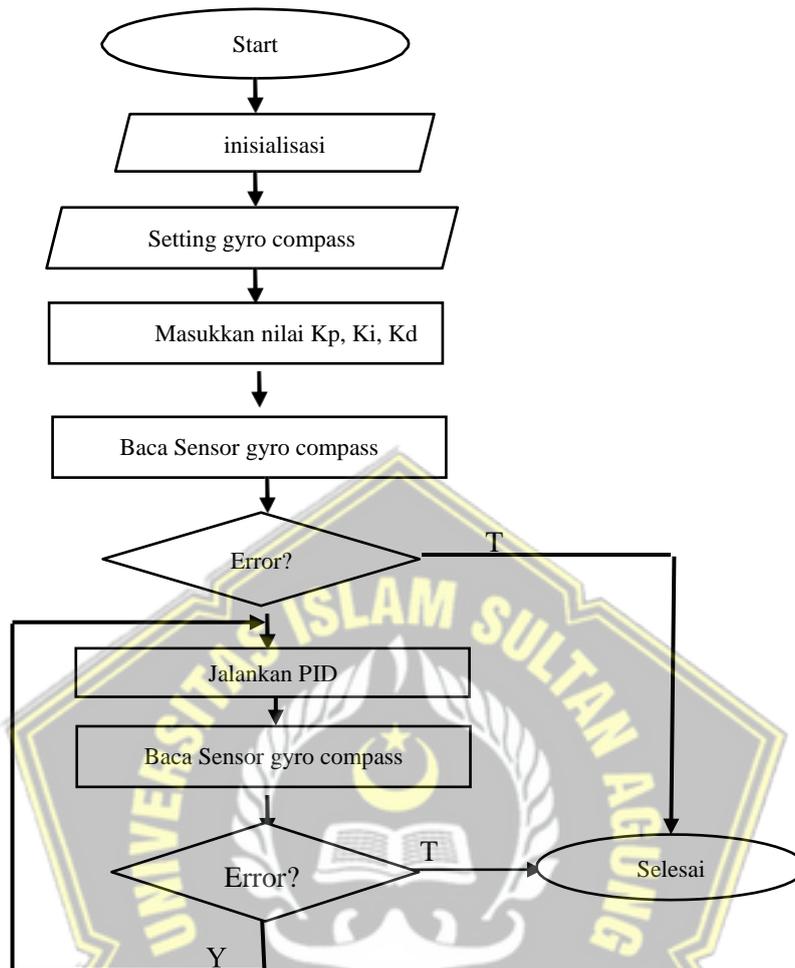
Penelitian ini menunjukkan cara kerja alat dengan *prototype* kapal AHTS dengan tahap awal masukan berupa koefisien  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ , lalu motor akan berputar apabila melebihi sudut *setting point*. Selanjutnya saat motor berputar, apakah *respons* mengikuti *setting point*. Jika tidak maka akan diproses oleh PID dan masuk kembali ke *set point* sampai *respons* mengikuti *set point* yang diinginkan. Jika ya maka motor akan berputar dan

*respons* akan sesuai dengan *setting point* yang diinginkan, demikian proses ini akan bekerja secara terus menerus selama system bekerja. Setelah system bekerja normal, maka dapat dikatakan proses pengujian selesai.



Gambar 3. 5. Aplikasi penempatan perancangan software

Gambar diatas sistem terdiri dari 4 buah motor, 2 dipasang di depan kapal, dan 2 dipasang di belakang, kemudian untuk membaca perubahan sudut dipasang sensor *gyro compass*, cara kerja sensor ini yaitu ketika ada perubahan sudut maka *output* sensor akan bekerja, *output* sensor dihubungkan ke Arduino untuk diolah menjadi nilai perubahan posisi kapal, kemudian hasil pembacaan sensor digunakan sebagai acuan untuk menggerakkan motor. Jika kapal mendapat gangguan (*error*) sehingga terjadi perubahan atau pergeseran posisi maka sensor ini akan mengirimkan perintah ke PID. Dari PID ini akan bekerja untuk menggerakkan motor sehingga posisi kestabilan *prototype* kapal akan selalu terjaga.



Gambar 3. 6. Flow chart perancangan software

Gambar diatas menunjukkan bagaimana sistematika atau langkah langkah yang harus di lakukan sehingga system PID ini bisa di aplikasikan ke system berjalan dengan normal.

### 1. Tombol start (on off)

Kita pakai *push bottom on off* karena spesifikasinya lebih mudah.

### 2. Inialisasi

Pada fase tahap ini maka tampil inialisasi dengan posisi awal mula *system* yang akan kita *setting* yang terdapat pada display monitor, tampilan menu akan terlihat beberapa tampilan antara lain setting inialisasi *gyro compass*, koefisien  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  yang dapat kita *setting* manual.

### 3. Setting gyrocompass

Pada tahap ini terjadi proses dari setting gyrocompass, yang mana sebelum kita hidupkan sensor ini, kita pastikan dahulu sumbu nol (setting point) yaitu dengan mengarahkan posisi prototype kapal yang akan kita jaga keseimbangan atau kestabilan nya, setelah posisi kapal kita dapatkan maka haluan (bagian depan kapal) kita jadikan acuan sebagai *setting point*. Selanjutnya kita dapat hidupkan *system control*.

### 4. Masukkan nilai $K_p$ , $K_i$ , $K_d$

Tahap selanjutnya kita masuk ke menu di *display* untuk memasukan secara manual koefisien  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ , dan tekan OK yang terdapat pada *display*.

### 5. Baca sensor gyrocompass

Langkah selanjutnya adalah biarkan *system* ini pada posisi on, sehingga dapat bekerja secara otomatis untuk membaca perubahan sudut dari *prototype* kapal tersebut, apa bila terdapat perubahan sudut maka kita akan masuk ke tahapan selanjutnya.

### 6. Jalankan PID

Setelah koefisien  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  sudah kita setting, maka PID ini akan bekerja untuk memutar motor penggerak apabila terdapat feedback karena ada perubahan sudut, yang mengakibatkan pergeseran letak dari *prototype* kapal.

### 7. Baca sensor sudut

Pada saat terjadi perubahan sudut yang membuat *prototype* kapal ini berubah sudutnya atau bergeser posisi, maka tugas dari sensor menangkap perubahan ini untuk di teruskan kedalam *system PID* dan hasil *output* tahap ini adalah memutar motor supaya posisi kapal kembali ke posisi semula atau sesuai

*dengan setting point* yang telah di atur.

### 8. Error?

Pastikan didalam tahapan ini *system* bekerja dengan baik, apabila ada gangguan (error) dan *system* tidak bekerja dengan *setting point* yang

telah ditentukan maka kita sensor akan mengirimkan lagi ke *system* PID.

Dan apabila *system* bekerja dengan baik, maka dapat dikategorikan pengujian ini telah selesai.

### 3.1.4 Perancangan PID

Dalam membuat *prototype* kapal AHTS ini digunakan metode PID berbasis Arduino yang mana dihubungkan dengan sensor *gyrocompass* yang dapat kita setting point nol sebagai awal *setting point* (atau ibarat kutub utara dan selatan sebagai pedoman *setting point*). Di mana gyro compass ini kita hubungkan ke motor sebagai *system* penggerak kita gunakan untuk mengontrol dan menggerakkan terhadap 2 motor, yang mana masing masing motor tersebut menggerakkan baling baling yg kita tempatkan didepan dan belakang yang kita pasang secara menyilang. PID ini sebagai *micro controller* yang mana sebagai pusat perintah untuk menggerakkan komponen pendukung yang lain.

### 3.1.5 Penentuan Kp, Ki, Kd dengan metode Ziegler Nichols

Pada proses pembuatan prototipe kapal ini, metode yang peneliti pakai adalah *Ziegler-Nichols*. Metode ini adalah untuk men-tuning secara online.

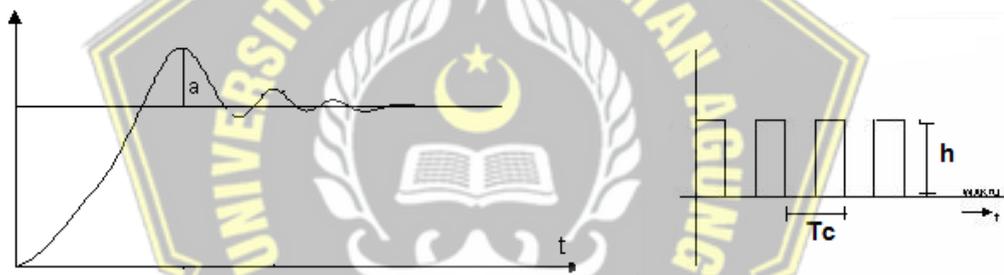
Tabel 3. 5. Parameter Ziegler-Nichols

Controller	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$0.5 * K_c$		
PD	$0.65 * K_c$		$0.12 * T_c$
PI	$0.45 * K_c$	$0.85 * T_c$	
PID	$0.65 * K_c$	$0.5 * T_c$	$0.12 * T_c$

Kendali PID diterapkan dalam penelitian kendali posisi untuk mengendalikan posisi dan kendali kecepatan untuk mengendalikan kecepatan putar motor yang terdapat pada sistem lift. Kendali kecepatan dan posisi menggunakan metode PID untuk meminimalkan error yang timbul dari sistem lift tersebut. Set-point yang dipakai adalah ketinggian dan kecepatan putar motor dari sistem lift tersebut. Input yang dipakai adalah

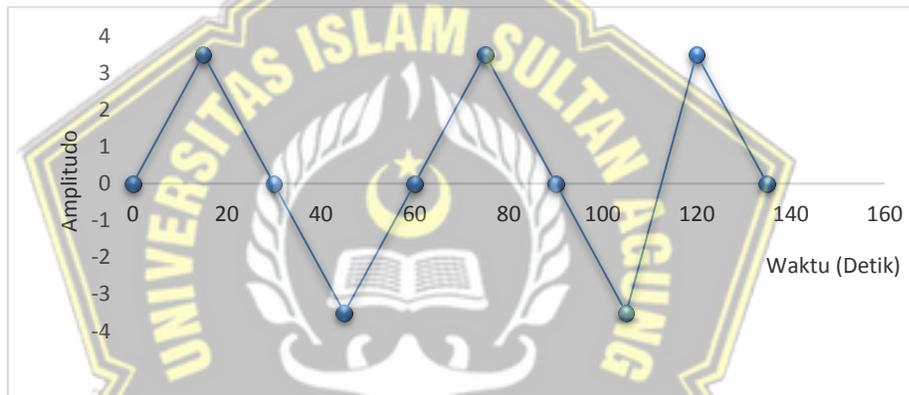
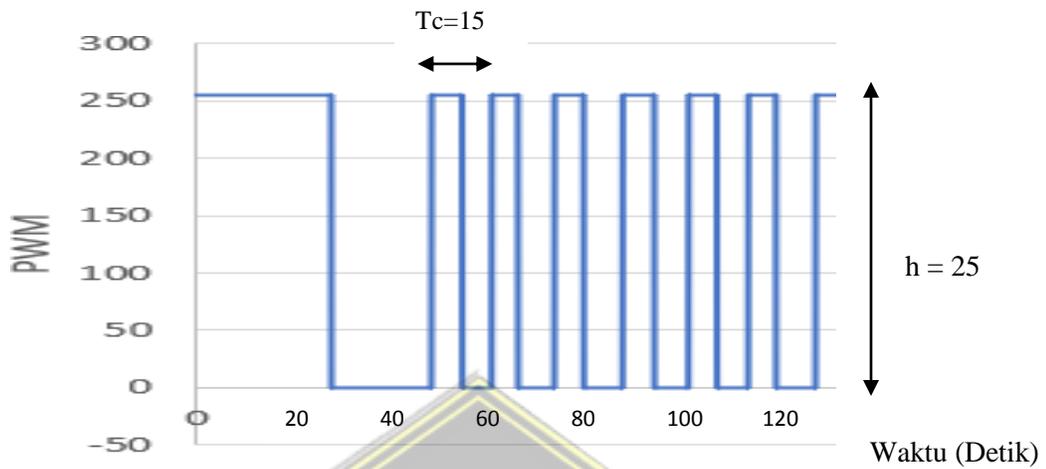
ketinggian dari lift yang didapatkan menggunakan sensor ultrasonic dan kecepatan putar motor yang didapatkan dengan menggunakan sensor optocoupler. Data yang diperoleh lalu diproses dengan menggunakan ESP32 dengan metode PID untuk menghasilkan output berupa nilai PWM . Nilai PWM tersebut lalu digunakan untuk memutar motor DC, sehingga lift akan mencapai kecepatan dan ketinggian yang diinginkan. Ditemukan alat sudah dapat mengontrol kecepatan dan posisi dari lift hanya saja masih terdapat error di dalam sistem kontrol posisi yang dibuat .

Metode Ziegler Nichols mengusulkan aturan untuk menentukan nilai  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  berdasarkan pada karakteristik tanggapan yang diberikan. Metode pertama Ziegler Nichols adalah menentukan nilai  $a$ ,  $h$ ,  $K_p$ , dan  $T_c$  seperti pada Gambar berikut.



Gambar 3. 7. Kurva metode Zieger Nichols

Untuk mendapatkan nilai  $h$ ,  $a$ , dan  $T_c$  harus dilakukan percobaan pada kapal dengan metode kendali on-off dengan nilai PWM minimal 0 (kondisi motor OFF) dan nilai PWM maksimal 255 (kondisi motor ON) Dengan set point posisi kapal.



Berdasarkan table 3.5 maka didapatkan rumus sebagai berikut :

$$h = 255$$

$$a = 3.5$$

$$K_c = \frac{4h}{\pi a}$$

$$K_c = \frac{4 \cdot 255}{3.14 \cdot 3.5}$$

$$K_c = \frac{1020}{10.99}$$

$$= 92.8$$

$$K_p = 0.65 \cdot K_c$$

$$K_p = 0.65 \cdot 92.8$$

$$K_p = 60.32$$

$$T_c = 15$$

$$T_i = 0,5 \cdot T_c$$

$$T_i = 0,5 \cdot 15$$

$$T_i = 7.5$$

$$T_d = 0.12 \cdot T_c$$

$$T_d = 0.12 \cdot 15$$

$$T_d = 1.8$$

$$K_i = K_p / T_i$$

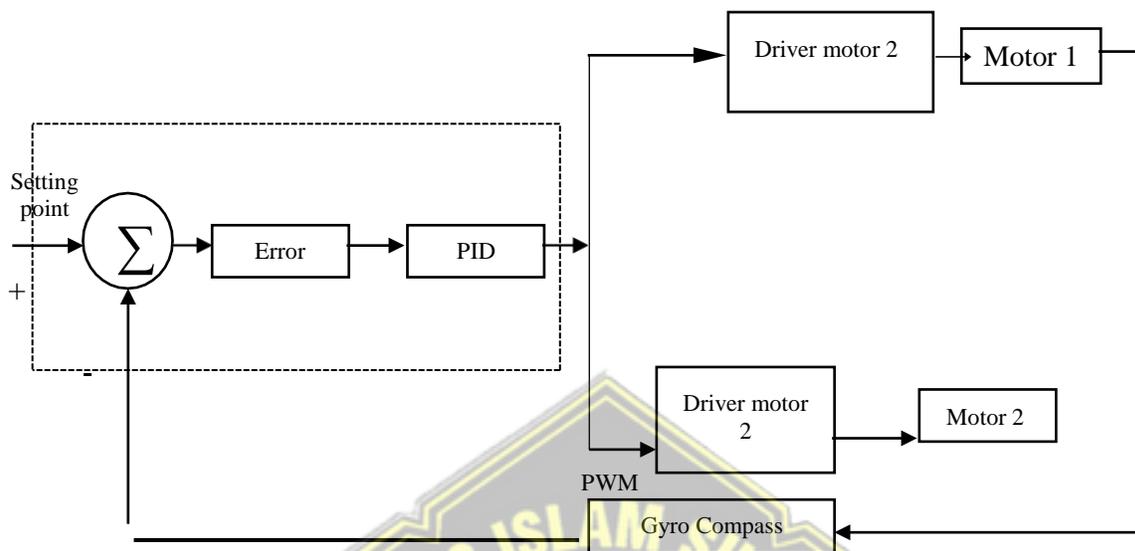
$$K_i = 60 / 7.5$$

$$K_i = 8$$

$$K_d = K_p / T_d$$

$$K_d = 60.32 / 1.8$$

$$K_d = 33.5$$



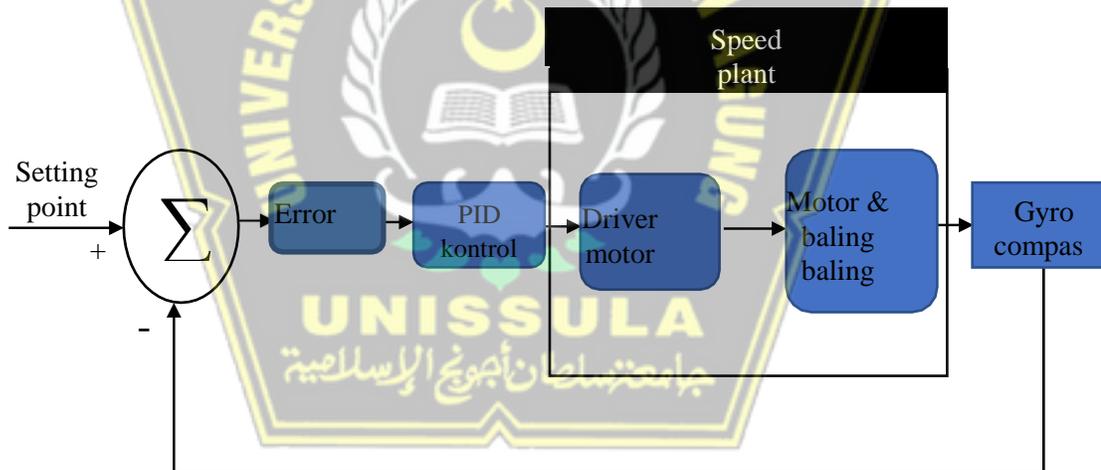
Gambar 3. 8. Blok Diagram PID kontrol metode ziegler nichols

Gambar di atas untuk membaca posisi kapal, digunakan baling-baling kincir yang dipasangkan pada sensor rotary *gyro compass*, dengan kata lain baling-baling kincir kita gunakan sebagai sensor terhadap arah angin dan arah ombak laut. Sebagai contohnya apabila ada angin dari arah kanan atau ombak dari arus kanan, maka cara kerja sensor ini yaitu ketika ada putaran pada poros *rotary* maka *output* sensor berupa pulsa, *output* sensor dihubungkan ke Arduino untuk diolah menjadi nilai perubahan posisi kapal, kemudian hasil pembacaan sensor digunakan sebagai acuan untuk menggerakkan motor. Jika kapal mendapat dorongan ombak dari depan maka motor belakang akan berputar sesuai posisi yang dibaca sensor, dan sebaliknya jika mendapat dorongan dari belakang maka motor depan akan berputar. Untuk mengendalikan kestabilan digunakan metode kendali PID pada program Arduino. PID (*Proportional integral Derivative*) adalah alat *controller* yang digunakan untuk mengetahui presisi dari system dalam sebuah instrumentasi yang mana sifat utamanya berupa umpan balik (*feed back*) pada sistem yang kita aplikasikan. Bagian dari

sistem PID ini terdiri dari tiga kata yaitu *Proportional*, Integratif dan Derivatif. Melebur jadi satu kesatuan yang mana dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri tergantung dari *respons* yang kita harapkan terhadap suatu peralatan. Alat yang dibahas proporsional termasuk yang punya keunggulan untuk memperkecil kesalahan dalam pengendalian kapal, dan perangkat ini juga mempunyai keunggulan untuk memperkecil kesalahan untuk meredam getaran atau kelebihan getaran.

### 3.1 Model penelitian

Didalam Penelitian ini digunakan metode penelitian untuk menghasilkan *prototype* kapal AHTS untuk kestabilan dalam perawatan Anjungan *Platform Offshore* dengan Metode PID zieger nichols dengan digaram alir seperti pada gambar berikut.



Gambar 3. 9. Blok Diagram Kendali kapal

Keterangan dari gambar 17 adalah:

#### 1. *Setting point*

Suatu *system control software* yang mana kita berpatokan terhadap sensor *gyrocompass* yang kita tempatkan di dalam badan awak kapal yang berguna sebagai patokan sudut letak dan lokasi posisi kapal yang kita kehendaki.

## 2. PID (*Proportional–Integral–Derivative*) kontrol

Salah satu kontroler otomatis yang menggunakan umpan balik yang sering kita jumpai di kalangan industry sekarang ini. Kontroler ini akan terus melakukan perhitungan secara berkelanjutan nilai kesalahan sebagai sarana pembanding (*feedback*) dengan bantuan *setting point* yang ditentukan sebelumnya oleh operator. Kontroler ini mencoba meminimalisir nilai kesalahan setiap saat dengan *settingan variable control (sensor)* merupakan *system* dari otak komponen yang dibahas karena keunggulan dibandingkan motor konvensional lainnya, seperti lebih baik karakteristik kecepatan dan torsi, respons dinamis yang lebih baik, efisiensi tinggi, tidak perlu arus eksitasi, tidak ada suara. Perpaduan antara konstanta *proportional, integrative* dan *derivative* tersebut maka akan mengurangi *system error* dari *setting point* yang kita kehendaki.

## 3. *Driver* motor

Adalah suatu alat penggerak yang berguna untuk menerima perintah dari *system PID* yang akan diteruskan ke baling baling sesuai *setting point* yang telah kita tetapkan.

## 4. Motor

Di dalam pembahasan pembuatan prototipe ini kita menggunakan motor DC untuk prototipe sebagai penggerak penunjang untuk membuat supaya kapal dapat stabil dalam posisi dalam penerapannya kita sebut sebagai *bow thruster* dan *stern thruster*. Yang mana berguna untuk menunjang gerak kapal agar lebih dinamis untuk menuju posisi stabil dari sebuah prototipe kapal.

## 5. Baling-baling

Baling-baling ini berfungsi sebagai penggerak dari *output* motor yang

mana dalam hal ini dapat berputar searah jarum jam dan berlawanan jarum jam, berdasarkan dari *command* dari PID.

#### 6. Speed plant

Adalah suatu alat kesatuan yang di dalam terdiri dari driver motor, motor dan baling-baling yang berfungsi sebagai *output* dari system PID yang berguna untuk mengatur putaran motor penunjang prototype kapal sebagai satu kesatuan untuk mencapai agar kapal dapat bertahan stabil dalam posisinya.

#### 7. Gyrocompass

Adalah sebuah sensor yang kita tempatkan di badan awak kapal, yang mana dengan sensor ini akan memberi perintah ke PID supaya dilakukan perintah sesuai dengan *setting point* yang telah kita tetapkan, cara kerja dari sensor ini adalah dengan adanya perubahan sudut dari *setting point* yang telah kita atur. Di dalam sensor ini akan terjadi pengendalian kapal terlaksana dengan baik atau tidak sesuai dengan diagram block di atas. Inti dari permasalahan ini adalah untuk pengendalian kapal dapat stabil selama dapat hambatan perubahan sudut dari arah angin dan arus ombak yang berada di area posisi kapal.

## BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

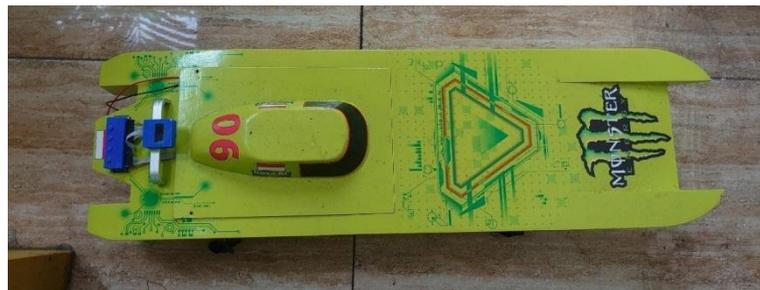
### 4.1 Realisasi prototype

Perancangan *prototype hardware* dalam penelitian ini merupakan aplikasi sistem yang sudah di desain terlebih dahulu, perancangan prototipe terdiri dari pembuatan sebuah prototipe yang mana didalamnya telah dipasang komponen-komponen yang siap diuji sistem dan penempatan material lain yang digunakan dalam penelitian ini. Berikut gambar dari simulasi *prototype* kapal AHTS untuk perawatan anjungan *platform offshore* berbasis PID zieger nichols.



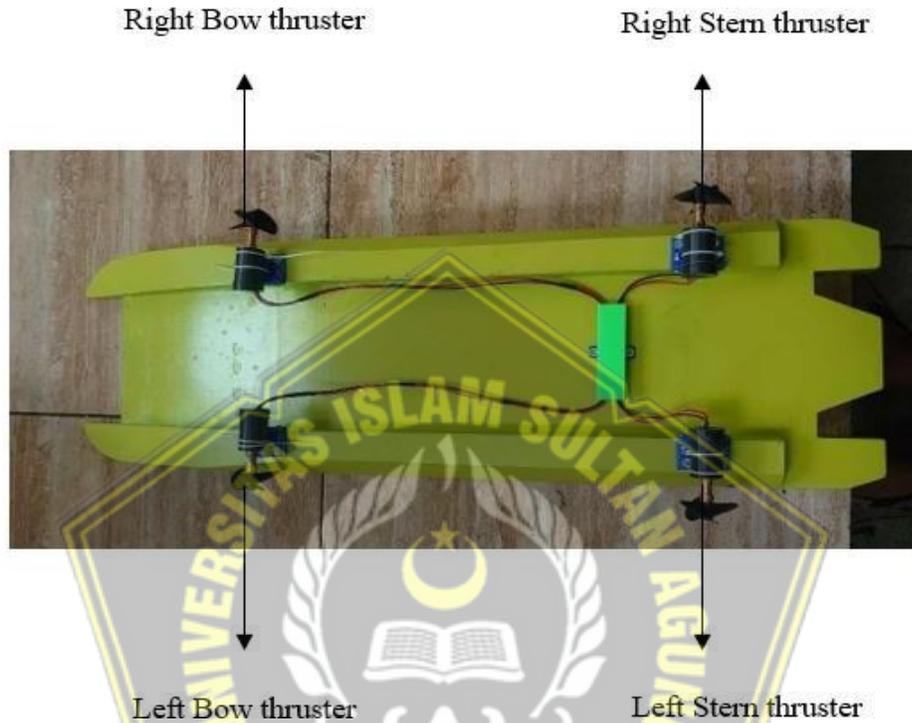
Gambar 4. 1. Tampak samping alat simulasi kapal

Gambar diatas memperlihatkan simulasi kapal yang digunakan dalam penelitian ini dari samping. Tampak dalam gambar diatas terdapat display dan tombol pengatur untuk gyrocompass dan koefisien  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ . Dan juga terdapat 4 baling baling yang di tempatkan didepan dan belakang.



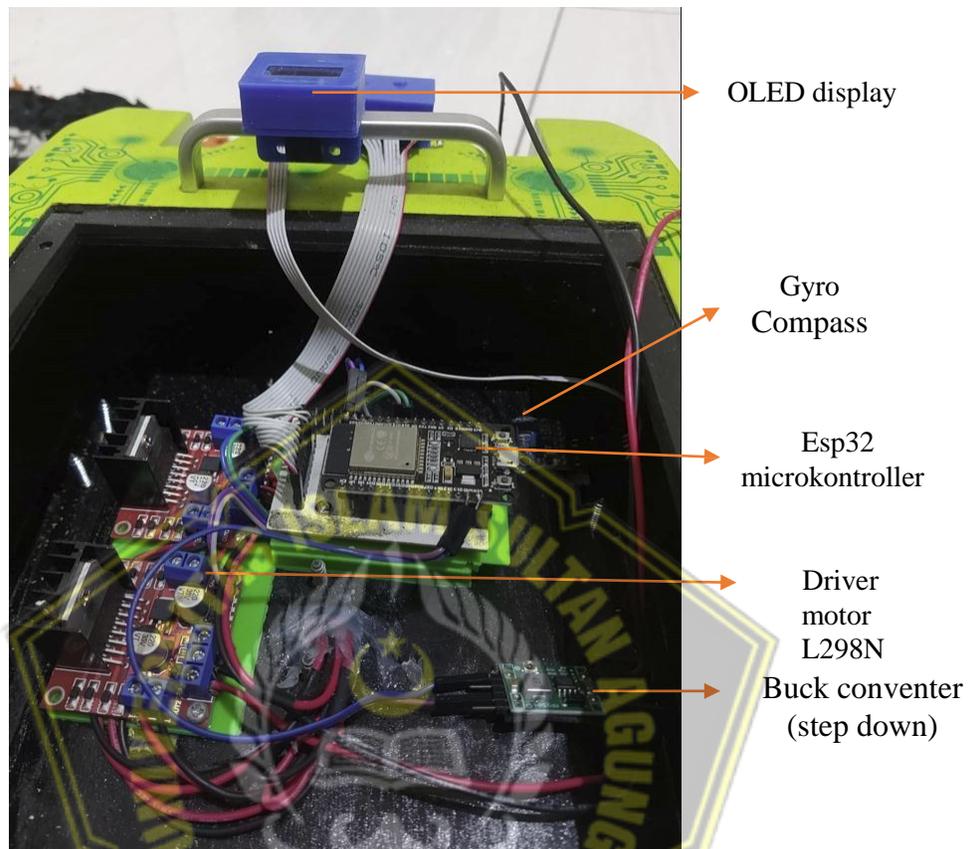
Gambar 4. 2. Tampak atas alat simulasi kapal

Gambar diatas memperlihatkan simulasi kapal yang digunakan dalam penelitian ini dari atas.



Gambar 4. 3. Tampak bawah alat simulasi kapal

Gambar diatas memperlihatkan simulasi kapal yang digunakan dalam penelitian ini dari posisi bawah, terdapat 4 penggerak baling baling yg ditempatkan masing masing 2 didepan dan 2 di belakang. Untuk tata letak penempatan baling baling kita pasang secara menyilang, yaitu motor 1 digunakan untuk menggerakkan baling baling depan kiri dan belakang kanan, begitu sebaliknya untuk motor 2.



Gambar 4. 4. Hardware Prototipe

Gambar diatas merupakan hardware prototipe sistem pengaturan posisi kapal perawatan anjungan platform offshore dengan metode dinamis berbasis PID.

1. Oled display

Pada alat ini semua tampilan menu display ada pada alat ini, *gyro compass*, koefisien  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ .

2. Gyro compass

Sensor yang kita gunakan adalah gyro compass secara umum sensor ini punya 2 kutub utara dan selatan, cara setting nya adalah dengan kita

mensetting awal pada saat kapal akan di setting posisi NOL nya, kita ibaratkan kutub utara dan selatan sebagai setting point, dengan pembacaan sudut putaran.

### 3. esp 32 micro controller

Dalam system ini menampilkan proses sensor yang telah kita setting untuk di teruskan ke motor penggerak dan juga menampilkan data ke display LED.

### 4. Driver motor

Pada alat ini kita tempatkan 2 buah motor penggerak yang dihubungkan dengan 4 baling baling yang di hubungkan secara silang yaitu motor satu dihubungkan dengan depan dan belakang, begitu juga sebaliknya.

### 5. Buck converter (step down)

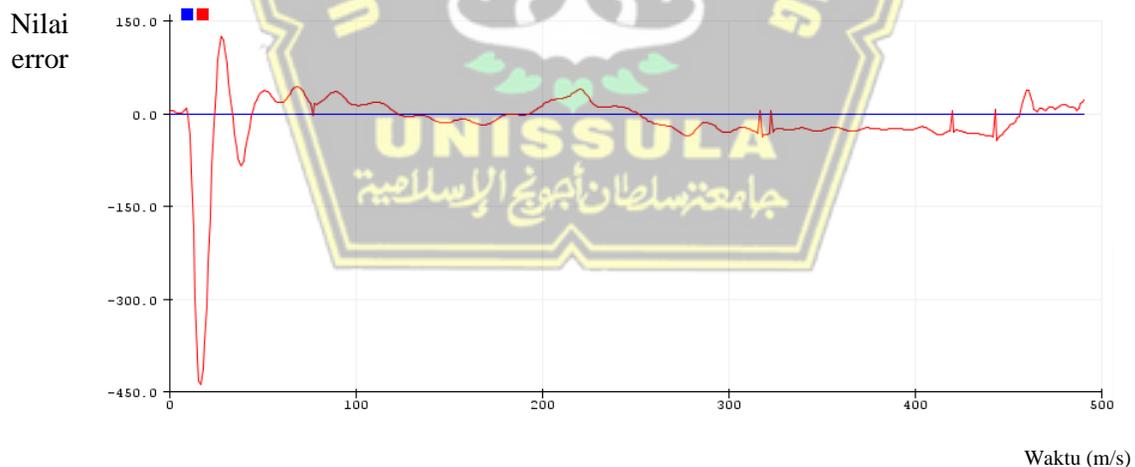
Pada alat ini kita menggunakan tenaga utama battery portable dengan daya awal 12 V, setelah di masukan ke alat ini daya akan diturunkan menjada 5 V guna untuk supply power atau daya pada micro controller, sehingga alat dapat berjalan dengan normal.

## 4.2 Pengujian prototipe

Hal penting yang diperhatikan selama pengujian dalam kendali PID adalah settingan parameter kontroler PID agar sistem dapat mendapatkan kriteria performa yang Peneliti harapkan. Sehingga diperlukan sebuah penyetelan manual dengan mengubah settingan ukuran  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ . Penyetelan manual pada PID bertujuan untuk menentukan ukuran atau nilai dari kendali P, I, dan D. Proses penyetelan manual PID dapat diujikan dengan cara *trial and error* sampai mendapatkan hasil respons yang Peneliti harapkan. Proses tuning ini dapat mengoptimalkan proses kerja dan meminimal *error* antara *variable* proses dan *set point*.

Cara pendekatan yang terbaik untuk menemukan nilai parameter-parameter PID yang cocok adalah dengan cara metode matematika dari sistem yang akan dikontrol, parameter-parameter tersebut dihitung untuk mendapatkan respons yang diinginkan. Sering kali deskripsi yang detail secara matematis dari sebuah sistem kadang tidak tersedia, untuk itu tuning dilakukan dengan cara eksperimen (dicoba-coba sampai mendapatkan nilai yang cocok). Beberapa proses mengharuskan tidak adanya *overshoot* dalam proses kendali terhadap *setpoint*. Kestabilan adalah hal hasil akhir dan dapat terwujud dalam tempo tertentu.

Set  $K_i$  dan  $K_d$  menjadi nol. Kemudian tingkatkan nilai  $K_p$  perlahan sampai mencapai osilasi lalu set kembali sekitar menjadi setengah.  $K_i$  ditingkatkan sampai mencapai hasil yang lebih baik. Nilai  $K_i$  yang terlalu besar akan menyebabkan respons yang berlebihan dan *overshoot*. Tuning parameter diperlukan untuk mengoptimalkan kinerja dari kontroler PID. Kontroler PID tidak akan bekerja dengan baik apabila salah satu dari komponen tidak normal.

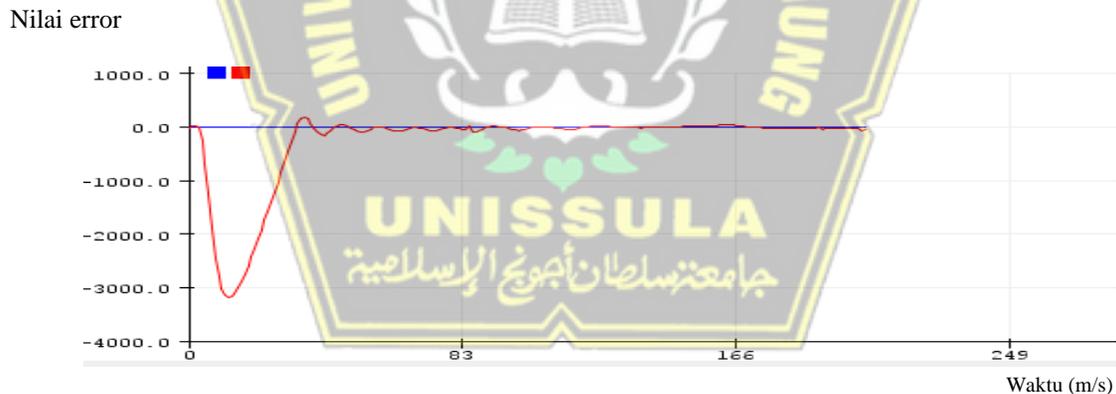


Gambar 4. 5. Grafik Respons dengan  $K_P=2$ ,  $K_D=4$ , dan  $K_I=0.5$

Ket : ■ = Reaksi Gangguan  
 ■ = Set Point

Gambar diatas adalah Grafik Respons RPM terhadap *setting point*, dengan

KP=20, KD=4, dan KI=0.5. *Setting point* ditunjukkan dengan garis warna biru, sedangkan kerja *system PID* ditunjukkan dengan garis warna merah. Pada saat starting awal ditunjukkan dari kerja PID belum signifikan (masih stabil setara dengan garis *setting point*), tetapi pada saat prototype kapal kita kasih gangguan (error) bisa kesamping kanan atau kiri dari pergeseran posisi *prototype* kapal, maka garis PID menunjukkan nilai *error* yg signifikan kebawah, pada saat garis PID dibawah, saat bersama juga controller PID bekerja dengan cara melakukan *balance* supaya posisi *prototype* kapal dapat mencapai titik semula (*setting point*) dengan cara menerima sensor perubahan (pergeseran) sudut yang diteruskan ke PID untuk mengirimkan perintah ke *driver motor* untuk bekerja sesuai *setting point* yang telah di tentukan. Hasil grafik menyatakan bahwa dengan settingan Kp, Ki, Kd tersebut respons yang dihasilkan mencapai *set point* belum sesuai dengan yang diinginkan.

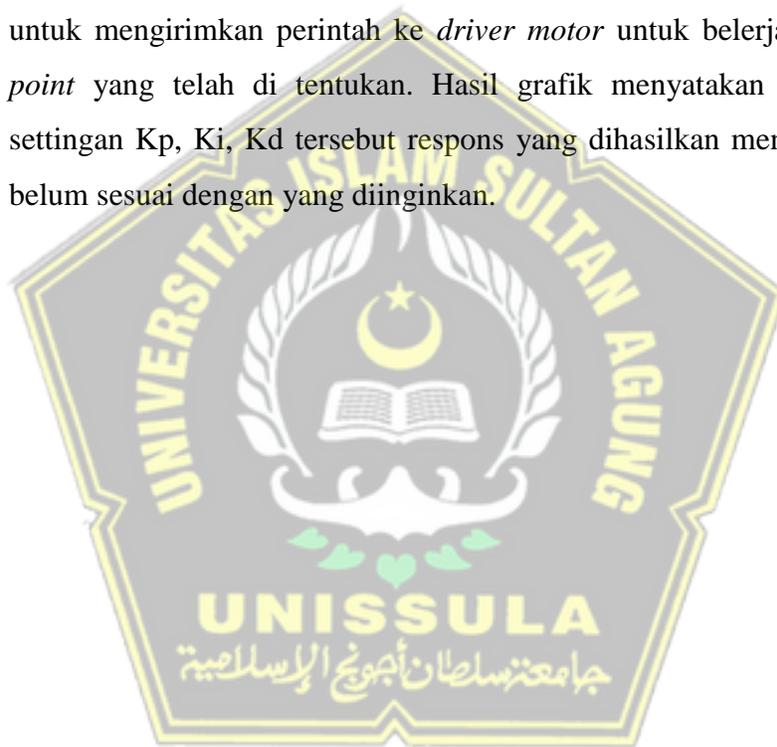


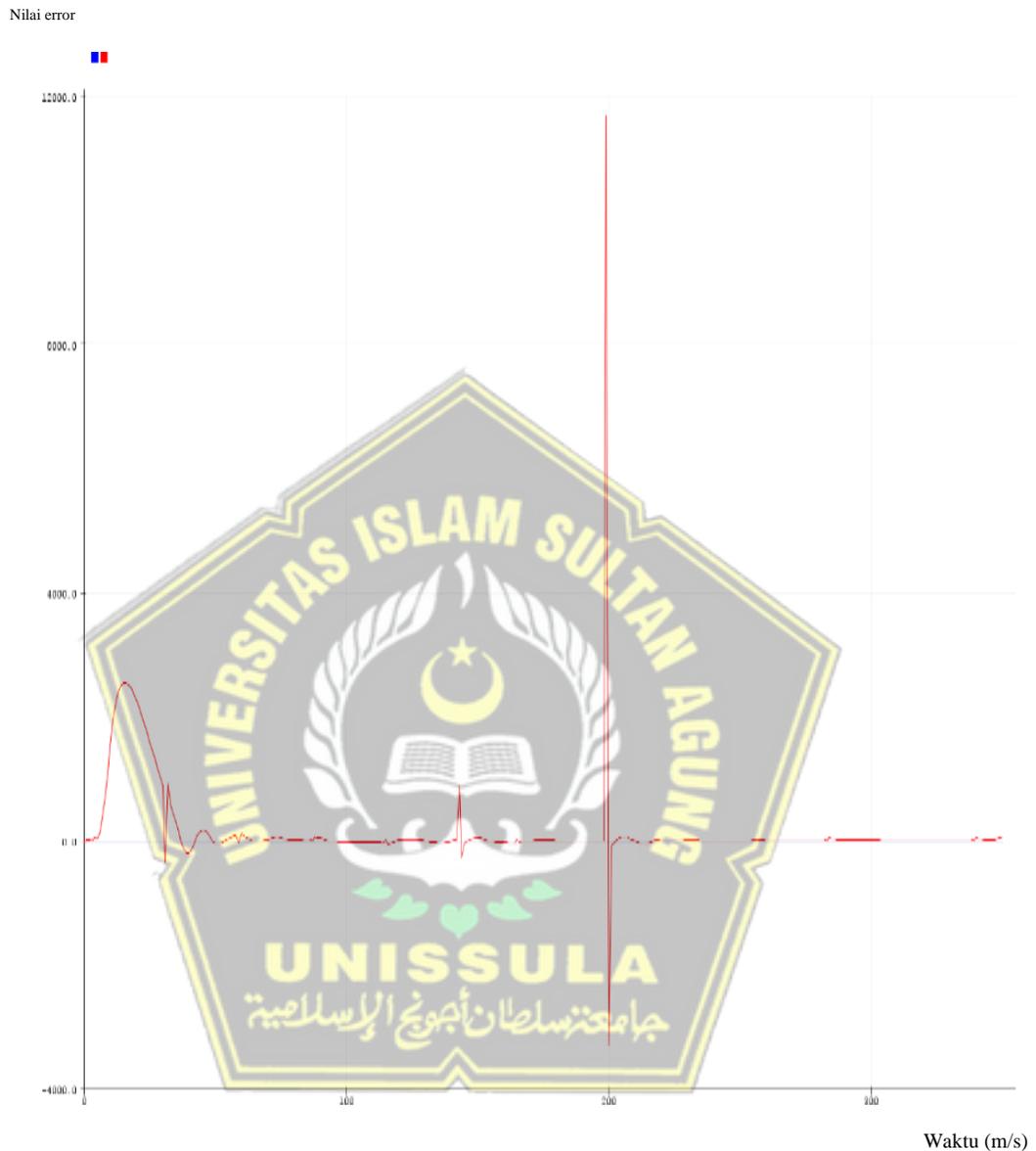
Gambar 4. 6. Grafik Respons dengan KP=41, KD=21, dan KI=3

Ket : ■ = Reaksi Gangguan  
 ■ = Set Point

Gambar diatas adalah Grafik Respons RPM terhadap *set point*, dengan KP=41, KD=21, dan KI=3. *Setting point* ditunjukkan dengan garis warna biru, sedangkan kerja *system PID* ditunjukkan dengan garis warna merah. Pada saat starting awal ditunjukkan dari kerja PID belum signifikan (masih

stabil setara dengan garis *setting point*), tetapi pada saat prototype kapal kita kasih gangguan (*error*) bisa kesamping kanan atau kiri dari pergeseran posisi *prototype* kapal, maka garis PID menunjukkan nilai *error* yg signifikan kebawah, pada saat garis PID dibawah, saat bersamaan juga controller PID bekerja dengan cara melakukan *balance* supaya posisi *prototype* kapal dapat mencapai titik semula (*setting point*) dengan cara menerima sensor perubahan (pergeseran) sudut yang diteruskan ke PID untuk mengirimkan perintah ke *driver motor* untuk bekerja sesuai *setting point* yang telah di tentukan. Hasil grafik menyatakan bahwa dengan settingan  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  tersebut respons yang dihasilkan mencapai *set point* belum sesuai dengan yang diinginkan.



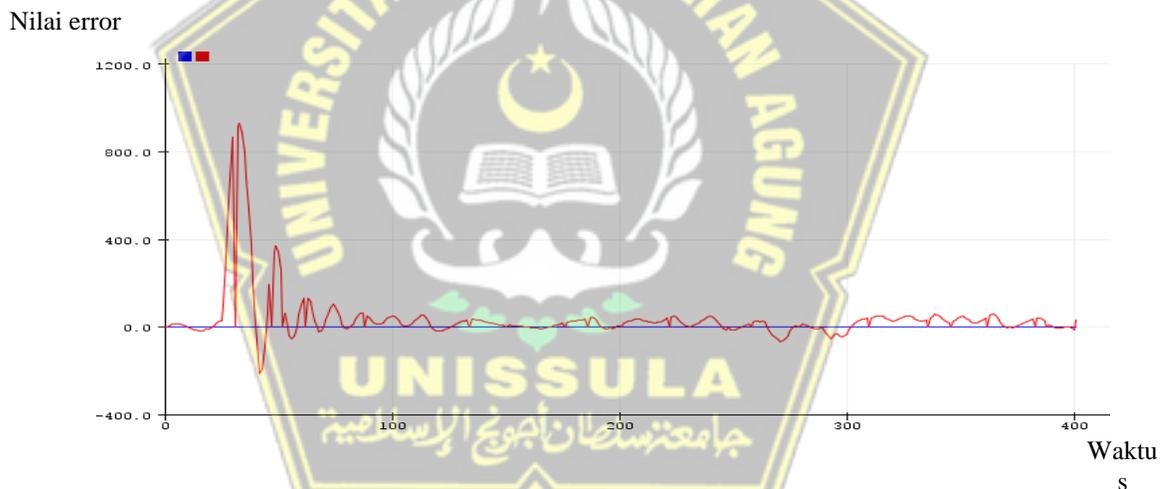


Gambar 4. 7. Grafik Respons dengan  $KP=41$ ,  $KD=21$ , dan  $KI=3$

Ket : ■ = Reaksi Gangguan  
 ■ = Set Point

Gambar diatas adalah Grafik Respons RPM terhadap *set point*, dengan  $KP=41$ ,  $KD=21$ , dan  $KI=3$ . *Setting point* ditunjukkan dengan garis warna biru, sedangkan kerja *system PID* ditunjukkan dengan garis warna merah. Pada saat starting awal ditunjukkan dari kerja PID belum signifikan (masih

stabil setara dengan garis *setting point*), tetapi pada saat prototype kapal kita kasih gangguan (error) bisa kesamping kanan atau kiri dari pergeseran posisi *prototype* kapal, maka garis PID menunjukkan nilai *error* yg signifikan kebawah, pada saat garis PID dibawah, saat bersamaan juga controller PID bekerja dengan cara melakukan *balance* supaya posisi *prototype* kapal dapat mencapai titik semula (*setting point*) dengan cara menerima sensor perubahan (pergeseran) sudut yang diteruskan ke PID untuk mengirimkan perintah ke *driver motor* untuk bekerja sesuai *setting point* yang telah di tentukan. Hasil grafik menyatakan bahwa dengan settingan  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  tersebut respons yang dihasilkan mencapai *set point* belum sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 4. 8. Grafik Respons dengan  $K_p=50$ ,  $K_D=1$ , dan  $K_I=1$

Ket : ■ = Reaksi Gangguan  
 ■ = *Set Point*

Gambar diatas adalah Grafik Respons RPM terhadap *set point*, dengan  $K_p=50$ ,  $K_D=1$ , dan  $K_I=1$ . *Setting point* ditunjukkan dengan garis warna biru, sedangkan kerja *system PID* ditunjukkan dengan garis warna merah. Pada saat starting awal ditunjukkan dari kerja PID belum signifikan (masih stabil setara dengan garis *setting point*), tetapi pada saat *prototype* kapal kita kasih gangguan (error) bisa kesamping kanan atau kiri dari

pergeseran posisi *prototype* kapal, maka garis PID menunjukkan nilai *error* yg signifikan kebawah, pada saat garis PID dibawah, saat bersamaan juga controller PID bekerja dengan cara melakukan *balance* supaya posisi *prototype* kapal dapat mencapai titik semula (*setting point*) dengan cara menerima sensor perubahan (pergeseran) sudut yang diteruskan ke PID untuk mengirimkan perintah ke *driver motor* untuk bekerja sesuai *setting point* yang telah ditentukan. Nilai rpm didapatkan dari rumus regresi linier tergantung terhadap frekuensi. Hasil grafik menyatakan bahwa dengan settingan  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  tersebut respons yang dihasilkan mencapai *set point* belum sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 26 adalah Grafik Respons RPM terhadap *set point*, dengan  $K_p=50$ ,  $K_D=11$ , dan  $K_I=1$ . *Setting point* ditunjukkan dengan garis warna biru, sedangkan kerja *system PID* ditunjukkan dengan garis warna merah. Pada saat starting awal ditunjukkan dari kerja PID belum signifikan (masih stabil setara dengan garis *setting point*), tetapi pada saat *prototype* kapal kita kasih gangguan (*error*) bisa kesamping kanan atau kiri dari pergeseran posisi *prototype* kapal, maka garis PID menunjukkan nilai *error* yg signifikan kebawah, pada saat garis PID dibawah, saat bersamaan juga controller PID

bekerja dengan cara melakukan *balance* supaya posisi prototype kapal dapat mencapai titik semula (*setting point*) dengan cara menerima sensor perubahan (pergeseran) sudut yang diteruskan ke PID untuk mengirimkan perintah ke *driver motor* untuk bekerja sesuai *setting point* yang telah ditentukan. Hasil grafik menyatakan bahwa dengan settingan  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  tersebut respons yang dihasilkan mencapai *set point* belum sesuai dengan yang diinginkan.



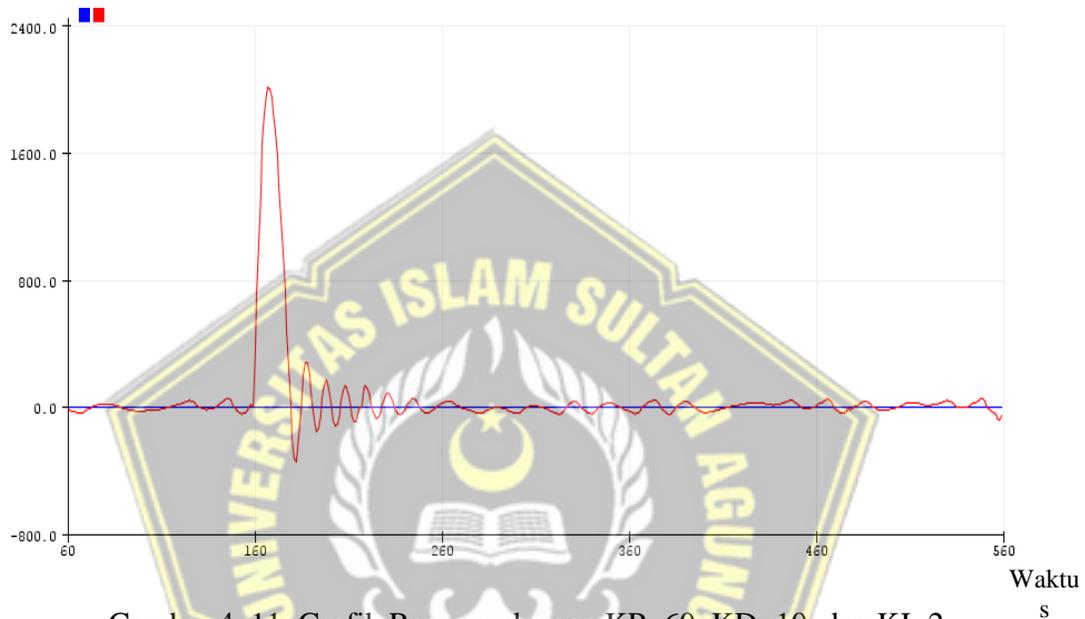
Gambar 4. 10. Grafik Respons dengan  $K_p=60$ ,  $K_D=10$ , dan  $K_I=2$

Ket : ■ = Reaksi Gangguan  
 ■ = Set Point

Gambar diatas adalah Grafik Respons RPM terhadap *set point*, dengan  $K_p=60$ ,  $K_D=10$ , dan  $K_I=2$ . *Setting point* ditunjukkan dengan garis warna biru, sedangkan kerja *system PID* ditunjukkan dengan garis warna merah. Pada saat starting awal ditunjukkan dari kerja PID belum signifikan (masih stabil setara dengan garis *setting point*), tetapi pada saat prototype kapal kita kasih gangguan (error) bisa kesamping kanan atau kiri dari pergeseran posisi *prototype* kapal, maka garis PID menunjukkan nilai *error* yg signifikan kebawah, pada saat garis PID dibawah, saat bersamaan juga controller PID bekerja dengan cara melakukan *balance* supaya posisi prototype kapal dapat mencapai titik semula (*setting point*) dengan cara menerima sensor perubahan (pergeseran) sudut yang diteruskan ke PID

untuk mengirimkan perintah ke *driver motor* untuk bekerja sesuai *setting point* yang telah di tentukan. Hasil grafik menyatakan bahwa dengan settingan  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  tersebut respons yang dihasilkan mencapai *set point* belum sesuai dengan yang diinginkan.

Nilai error

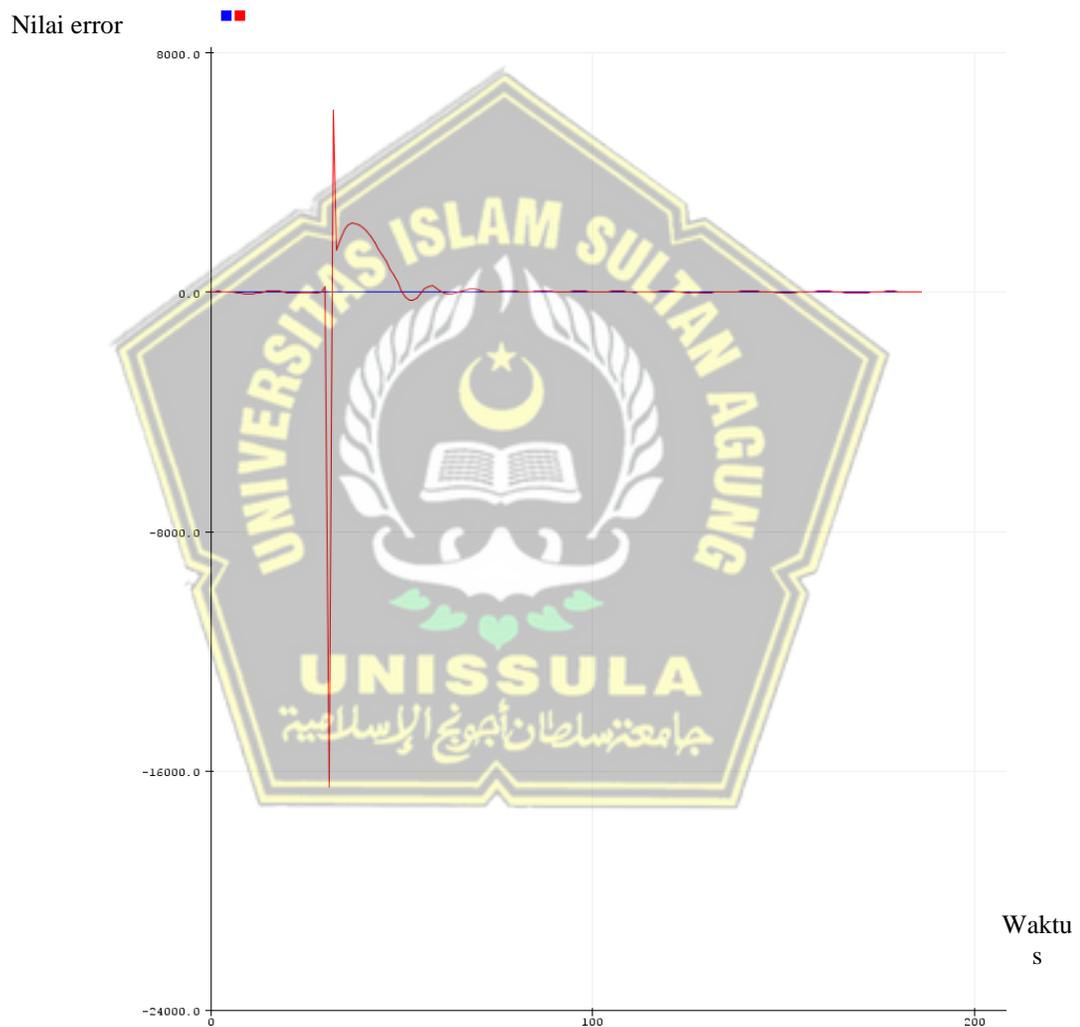


Gambar 4. 11. Grafik Respons dengan  $K_P=60$ ,  $K_D=10$ , dan  $K_I=2$

Ket : ■ = Reaksi Gangguan  
 ■ = Set Point

gambar diatas adalah Grafik Respons RPM terhadap *set point*, dengan  $K_P=20$ ,  $K_D=4$ , dan  $K_I=0.5$  versi 2. *Setting point* ditunjukan dengan garis warna biru, sedangkan kerja *system PID* ditunjukan dengan garis warna merah. Pada saat starting awal ditunjukan dari kerja PID belum signifikan (masih stabil setara dengan garis *setting point*), tetapi pada saat prototype kapal kita kasih gangguan (error) bisa kesamping kanan atau kiri dari pergeseseran posisi *prototype* kapal, maka garis PID menunjukkan nilai *error* yg signifikan kebawah, pada saat garis PID dibawah, saat bersaam juga controller PID bekerja dengan cara melakukan *balance* supaya posisi *prototype* kapal dapat mencapai titik semula (*setting point*) dengan cara

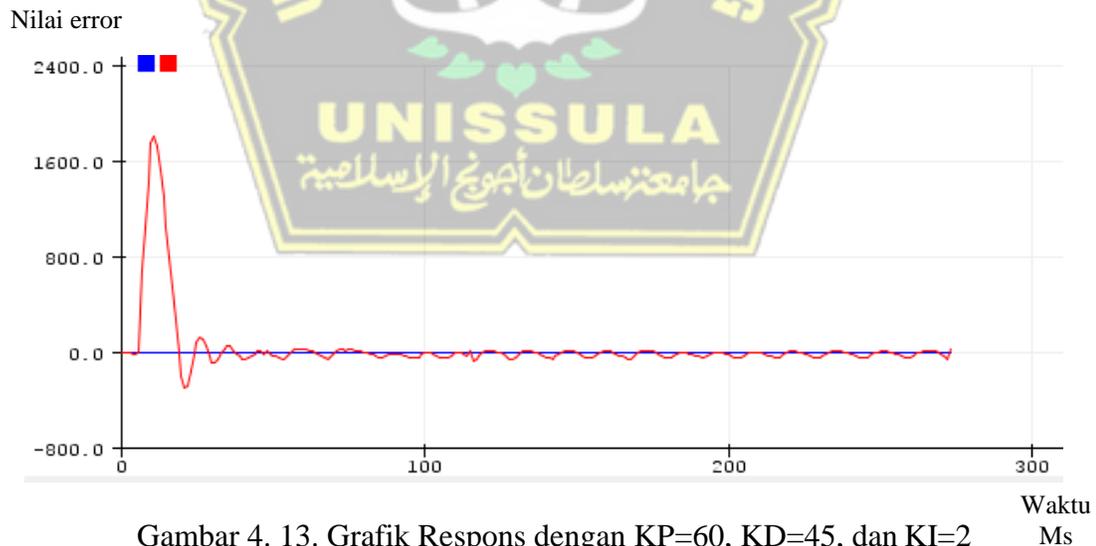
menerima sensor perubahan (pergeseran) sudut yang diteruskan ke PID untuk mengirimkan perintah ke *driver motor* untuk bekerja sesuai *setting point* yang telah ditentukan. Hasil grafik menyatakan bahwa dengan settingan  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  tersebut respons yang dihasilkan mencapai *set point* belum sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 4. 12. Grafik Respons dengan  $K_p=60$ ,  $K_D=30$ , dan  $K_I=2$

Ket : ■ = Reaksi Gangguan  
 ■ = Set Point

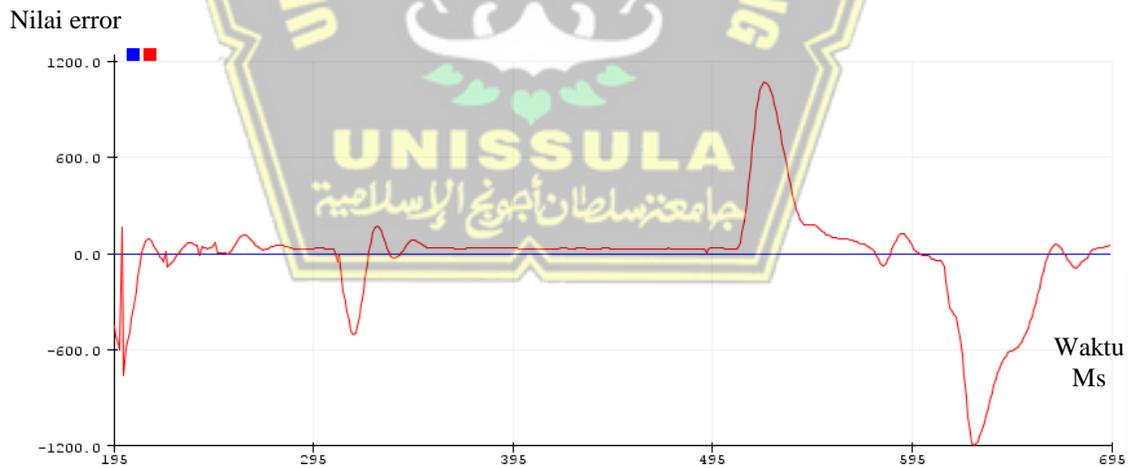
Gambar diatas adalah Grafik Respons RPM terhadap *set point*, dengan  $K_P=60$ ,  $K_D=30$ , dan  $K_I=2$ . *Setting point* ditunjukkan dengan garis warna biru, sedangkan kerja *system PID* ditunjukkan dengan garis warna merah. Pada saat starting awal ditunjukkan dari kerja PID belum signifikan (masih stabil setara dengan garis *setting point*), tetapi pada saat prototype kapal kita kasih gangguan (error) bisa kesamping kanan atau kiri dari pergeseran posisi *prototype* kapal, maka garis PID menunjukkan nilai *error* yg signifikan kebawah, pada saat garis PID dibawah, saat bersamaan juga controller PID bekerja dengan cara melakukan *balance* supaya posisi *prototype* kapal dapat mencapai titik semula (*setting point*) dengan cara menerima sensor perubahan (pergeseran) sudut yang diteruskan ke PID untuk mengirimkan perintah ke *driver motor* untuk bekerja sesuai *setting point* yang telah ditentukan Hasil grafik menyatakan bahwa dengan settingan  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  tersebut respons yang dihasilkan mencapai *set point* sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 4. 13. Grafik Respons dengan  $K_P=60$ ,  $K_D=45$ , dan  $K_I=2$

Ket : ■ = Reaksi Gangguan  
 ■ = *Set Point*

Gambar 30 adalah Grafik Respons RPM terhadap *set point*, dengan  $KP=60$ ,  $KD=45$ , dan  $KI=2$ . *Setting point* ditunjukkan dengan garis warna biru, sedangkan kerja *system PID* ditunjukkan dengan garis warna merah. Pada saat starting awal ditunjukkan dari kerja PID belum signifikan (masih stabil setara dengan garis *setting point*), tetapi pada saat prototype kapal kita kasih gangguan (error) bisa kesamping kanan atau kiri dari pergeseran posisi *prototype* kapal, maka garis PID menunjukkan nilai *error* yg signifikan kebawah, pada saat garis PID dibawah, saat bersamaan juga controller PID bekerja dengan cara melakukan *balance* supaya posisi *prototype* kapal dapat mencapai titik semula (*setting point*) dengan cara menerima sensor perubahan (pergeseran) sudut yang diteruskan ke PID untuk mengirimkan perintah ke *driver motor* untuk bekerja sesuai *setting point* yang telah ditentukan. Hasil grafik menyatakan bahwa dengan settingan  $Kp$ ,  $Ki$ ,  $Kd$  tersebut respons yang dihasilkan mencapai *set point* belum sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 4. 14. Grafik Respons dengan  $KP=13$ ,  $KD=2$ , dan  $KI=3$

Ket : ■ = Reaksi Gangguan  
 ■ = Set Point

Gambar diatas adalah Grafik Respons RPM terhadap *set point*, dengan  $KP=13$ ,  $KD=2$ , dan  $KI=3$ . *Setting point* ditunjukkan dengan garis warna biru,

sedangkan kerja *system PID* ditunjukkan dengan garis warna merah. Pada saat starting awal ditunjukkan dari kerja PID belum signifikan (masih stabil setara dengan garis *setting point*), tetapi pada saat prototype kapal kita kasih gangguan (*error*) bisa kesamping kanan atau kiri dari pergeseran posisi *prototype* kapal, maka garis PID menunjukkan nilai *error* yg signifikan kebawah, pada saat garis PID dibawah, saat bersama juga controller PID bekerja dengan cara melakukan *balance* supaya posisi prototype kapal dapat mencapai titik semula (*setting point*) dengan cara menerima sensor perubahan (pergeseran) sudut yang diteruskan ke PID untuk mengirimkan perintah ke *driver motor* untuk bekerja sesuai *setting point* yang telah ditentukan. Hasil grafik menyatakan bahwa dengan settingan  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  tersebut respons yang dihasilkan mencapai *set point* belum sesuai dengan yang diinginkan.

Kenaikan grafik di sebut *over shoot*. Kapal akan menyesuaikan posisi kembali ke awal sesuai accelerometers. Grafik akan mulai turun mendekati 0. Nilai PWM dari motor akan berangsur pelan menyesuaikan keadaan kapal. Jika sudah di titik 0 akan diam ke posisi kapal. Dari percobaan di atas dapat kita simpulkan untuk respons rpm terhadap set point adalah nilai  $K_P=60$ ,  $K_D=30$ , dan  $K_I=2$ .

Tabel 4.1 definisi pengujian terhadap *prototype*

No.	KP	KI	KD	Respons
1.	13	3	2	<i>Setting point</i> terlalu lama
2.	20	0,5	1,15	<i>Setting point</i> terlalu lama
3.	41	3	21	<i>Error steady state</i>
4.	50	1	1	<i>Error steady state</i> menurun
5.	50	1	11	<i>Error steady state</i> menurun
6.	60	2	10	<i>Over shoot</i> menurun
7.	60	2	30	<i>Setting time</i> cepat, <i>error steady state</i> hilang
8.	60	2	45	<i>Setting time</i> meningkat, <i>over shoot</i> menuurun

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian ini, didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. System kontrol *dynamic position* berbasis PID pada pembuatan *prototype* kapal dapat mencapai titik stabil dengan melakukan setting point yang telah ditentukan dengan menggunakan sensor *gyrocompass* pada saat pertama system dinyalakan.
2. Pengendalian *prototype* kapal dapat dilakukan dengan stabil saat posisi *setting point* telah ditentukan dengan perpaduan setting konstanta P, I, D yang memperkecil nilai *error* (gangguan) pada saat di lakukan pengujian *prototype* kapal, adapun koefisien setting nilai  $KP=60$ ,  $KD=30$ , dan  $KI=2$  adalah yang terbaik yang berpengaruh terhadap respon RPM.
3. Dari hasil pengujian prototipe kapal, maka dipasang pengaturan tata letak motor penggerak yang terbaik adalah dengan cara saling silang cara kerjanya, yaitu motor 1 untuk menggerakkan baling baling depan kanan dan belakang kiri, begitu juga sebaliknya untuk motor 2.

#### **5.2 Saran**

Adapun Saran yang berkaitan dengan penelitian ini adalah Alat simulasi dapat diaplikasikan pada kapal sesungguhnya. Kapal Anchor Handling Tug and Supply (AHTS) adalah salah satu dari banyak jenis kapal didesain secara khusus untuk menunjang kegiatan dan pekerjaan dalam rangka memenuhi kebutuhan sarana pengeboran minyak dan gas dan juga melayani pekerjaan eksplorasi minyak dan gas dilepas pantai (offshore). Type kapal ini terdapat ciri khusus badan kapal yang tidak terlalu besar tetapi dengan daya mesin induk besar serta dilengkapi oleh mesin bantu

yang besar pula dengan penggerak propeller atau baling-baling ganda di belakang dan dilengkapi dengan alat bantu manuver untuk mempertahankan posisi yaitu *Bow Thruster*, *Stern Thruster* serta *Dynamic Position System* untuk kapal AHTS yang lebih mudah sehingga dapat bekerja untuk manuver di laut secara cepat dan lebih akurat dalam menentukan posisi kapal. Khususnya untuk pekerjaan perawatan anjungan *platform offshore*. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah tersebut pada Penelitian ini akan membuat simulasi pengendalian agar kapal tetap stabil pada saat pekerjaan perawatan anjungan *platform*. Metode pengendalian yang digunakan adalah metode dinamis berbasis PID. Sensor yang digunakan adalah gyrocompass yang dapat membaca pergerakan dan perubahan sudut pada kapal. Dari hasil pengujian dan analisa didapatkan parameter  $K_p : 60$ ,  $K_i : 2$ , dan  $K_d : 30$  untuk kendali kapal memberikan hasil yang baik terhadap respon RPM, yaitu kapal akan kembali ke posisi semula dan stabil pada saat system bekerja.

Untuk penelitian selanjutnya dapat di sarankan dengan metode fuzzy sebagai parameter penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. M. S. Ribeiro, M. F. Santos, M. J. Carmo, and M. F. Silva, "Comparison of PID controller tuning methods: Analytical/classical techniques versus optimization algorithms," in *2017 18th Int Carpathian Control Conf ICC*, pp. 2017 533–8.
- [2] C. Sánchez-López, V. H. Carbajal-Gómez, M. A. Carrasco-Aguilar, and F. E. Morales-López, "PID controller design based on memductor," *AEU - Int J Electron Commun*, vol. 101, pp. 9–14.
- [3] Y. A. Badamasi, "The working principle of an Arduino," in *Proc 11th Int Conf Electron Comput Comput ICECCO 2014*,
- [4] D. Somwanshi, M. Bundele, G. Kumar, and G. Parashar, "Comparison of fuzzy-PID and PID controller for speed control of DC motor using LabVIEW," *Procedia Comput Sci [Internet]*, vol. 152, pp. 252–260, doi: 10.1016/j.procs.2019.05.019.
- [5] Z. Pan, F. Dong, J. Zhao, L. Wang, H. Wang, and Y. Feng, "Combined Resonant Controller and Two-Degree-of-Freedom PID Controller for PMSLM Current Harmonics Suppression," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 65, no. 9, pp. 7558–7568, 2018, doi: 10.1109/TIE.2018.2793232.
- [6] O. Khan, C. M. R. Madhuranthakam, P. Douglas, H. Lau, J. Sun, and P. Farrell, "Optimized PID controller for an industrial biological fermentation process," *Journal of Process Control*, vol. 71, pp. 75–89, 2018, doi: 10.1016/j.jprocont.2018.09.007.
- [7] J. Zhang and L. Guo, "Theory and Design of PID Controller for Nonlinear Uncertain Systems," *IEEE Control Systems Letters*, vol. 3, no. 3, pp. 643–648, 2019, doi: 10.1109/LCSYS.2019.2915306.
- [8] H. P. Nguyen *et al.*, "The electric propulsion system as a green solution for management strategy of CO<sub>2</sub> emission in ocean shipping: A comprehensive

- review,” *International Transactions on Electrical Energy Systems*, no. March, pp. 1–29, 2020, doi: 10.1002/2050-7038.12580.
- [9] J. Begey, L. Cuvillon, M. Lesellier, M. Gouttefarde, and J. Gangloff, “Dynamic Control of Parallel Robots Driven by Flexible Cables and Actuated by Position-Controlled Winches,” *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 35, no. 1, pp. 286–293, 2019, doi: 10.1109/TRO.2018.2875415.
- [10] X. X. Zhu *et al.*, “Triboelectrification-enabled touch sensing for self-powered position mapping and dynamic tracking by a flexible and area-scalable sensor array,” *Nano Energy*, vol. 41, pp. 387–393, 2017, doi: 10.1016/j.nanoen.2017.09.025.
- [11] B. Su, K. Riska, and T. Moan, “A numerical method for the prediction of ship performance in level ice,” *Cold Regions Science and Technology*, vol. 60, no. 3, pp. 177–188, 2010, doi: 10.1016/j.coldregions.2009.11.006.
- [12] F. Gelver, V. Samoseiko, and A. Saushev, “Ship electromotive system with common DC buses,” *E3S Web of Conferences*, vol. 135, 2019, doi: 10.1051/e3sconf/201913502009.
- [13] F. Gelver, V. Samoseiko, and A. Saushev, “Ship electromotive system with common DC buses,” *E3S Web of Conferences*, vol. 135, 2019, doi: 10.1051/e3sconf/201913502009.
- [14] S. Moradkhani, Y. Shabbouei Hagh, H. Wu, and H. Handroos, “Dynamic analysis and control of a Fusion Reactor Vacuum Vessel Assembly Robot,” *Fusion Engineering and Design*, vol. 154, no. January, p. 111532, 2020, doi: 10.1016/j.fusengdes.2020.111532.
- [15] W.-Z. Yu, H.-X. Xu, and H. Feng, “Robust adaptive fault-tolerant control of dynamic positioning vessel with position reference system faults using backstepping design,” *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, vol. 28, Oct. 2017, doi: 10.1002/rnc.3873.
- [16] A. Witkowska and R. Śmierczalski, “Adaptive dynamic control allocation

- for dynamic positioning of marine vessel based on backstepping method and sequential quadratic programming,” *Ocean Engineering*, vol. 163, pp. 570–582, Sep. 2018, doi: 10.1016/j.oceaneng.2018.05.061.
- [17] J. Shin, D. Kwak, and Y. Lee, “Adaptive Path-Following Control for an Unmanned Surface Vessel Using an Identified Dynamic Model,” *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. PP, p. 1, Oct. 2017, doi: 10.1109/TMECH.2017.2651057.
- [18] Z. Shen, Y. Bi, Y. Wang, and C. Guo, “MLP neural network-based recursive sliding mode dynamic surface control for trajectory tracking of fully actuated surface vessel subject to unknown dynamics and input saturation,” *Neurocomputing*, vol. 377, pp. 103–112, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.neucom.2019.08.090.
- [19] Y. Chen, S. Yu, Z. Shen, and G. Guo, “Cooperative tracking of vessel trajectories based on curved dynamic coordinates,” *Asian Journal of Control*, vol. 21, no. 5, pp. 2451–2467, 2019, doi: <https://doi.org/10.1002/asjc.2002>.
- [20] M. M. Abaei, E. Arzaghi, R. Abbassi, V. Garaniya, M. Javanmardi, and S. Chai, “Dynamic reliability assessment of ship grounding using Bayesian Inference,” *Ocean Engineering*, vol. 159, pp. 47–55, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.03.039>.
- [21] Z. Chen, X. Wang, Y. Guo, and S. Kang, “Numerical analysis of unsteady aerodynamic performance of floating offshore wind turbine under platform surge and pitch motions,” *Renewable Energy*, vol. 163, pp. 1849–1870, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.10.096>.
- [22] H. Zhang, X. Wei, Y. Wei, and X. Hu, “Anti-disturbance control for dynamic positioning system of ships with disturbances,” *Applied Mathematics and Computation*, vol. 396, p. 125929, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.amc.2020.125929>.
- [23] Y. Song, J. Yang, R. Xie, and Y. Wu, “Dynamic positioning model of

offshore oil drilling platform based on OIPSO algorithm,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 124, pp. 168–173, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2021.05.003>.

- [24] O. Landstad, H. S. Halvorsen, H. Øveraas, V. Smines, and T. A. Johansen, “Dynamic positioning of ROV in the wave zone during launch and recovery from a small surface vessel,” *Ocean Engineering*, vol. 235, p. 109382, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109382>.
- [25] S. S. Øvereng, D. T. Nguyen, and G. Hamre, “Dynamic Positioning using Deep Reinforcement Learning,” *Ocean Engineering*, vol. 235, p. 109433, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109433>.
- [26] T. N. Nizar, D. A. Jatmiko, R. Hartono, and A. I. G. Pratama, “Implementasi dan Uji Kinerja Kontrol PID untuk kestabilan Pesawat Tanpa Awak Tailsitter pada Keadaan Mengambang,” *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, vol. 10, no. 1, pp. 53–59, Mar. 2021, doi: [10.34010/komputika.v10i1.3808](https://doi.org/10.34010/komputika.v10i1.3808).

