



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Pengukuran Olah Gerak Ponton Tabung Dengan Penambahan *Heaving Plate* Persegi Pada Gelombang Reguler Menggunakan Mikrokontroler Berbasis *Wireless*

Akhiruddin¹⁾, Eko Sasmito Hadi¹⁾, Deddy Chrismianto¹⁾

¹⁾Laboratorium Hidrodinamika

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

e-mail :akhiruddin8@gmail.com , ekosasmitohadi@gmail.com, deddychrismianto@yahoo.co.id

Abstrak

Akhir-akhir ini penelitian tentang energi terbarukan sangat banyak dilakukan oleh kalangan akademisi salah satunya yaitu energi listrik, tingginya kebutuhan listrik yang terus digunakan oleh masyarakat membuat beberapa perusahaan listrik harus menambah kapasitas pembangkit, Salah satunya adalah pembangkit energi listrik dari gelombang air laut, dengan menggunakan ponton sebagai media untuk menghasilkan energi listrik yang diperoleh dari gerakan ponton diatas air akibat dari gelombang, dengan demikian perlu adanya studi tentang bagaimana gerakan dari ponton tersebut agar diperoleh hasil yang bagus dengan tujuan penelitian adalah mengetahui olah gerak ponton terbaik guna menghasilkan kinerja maksimal untuk pembangkit listrik tenaga gelombang. Olah gerak ponton diukur alat berupa Arduino untuk mikrokontroler, sensor HS-SR04 untuk mengukur tinggi gelombang, sensor MPU untuk mengetahui olah gerak, load cell untuk mengukur beban yang dihasilkan dan juga menggunakan XBee S2C sebagai komunikasi dari Arduino ke PC (wireless). Nilai olah gerak ponton dengan penambahan *heaving plate* persegi dan variasi luas dari persegi tersebut diantaranya *pitching* dengan nilai tertinggi 18°, *rolling* dengan nilai tertinggi 4°, dan *heaving* dengan nilai tertinggi 56 mm, serta beban keatas senilai 116.3 gram.

Kata Kunci : Ponton, *Heaving plate*, Gelombang, *Pitching*, *Rolling*, *Heaving*, load

1. PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini penelitian tentang energi terbarukan sangat banyak dilakukan oleh kalangan akademisi salah satunya yaitu energi listrik, tingginya kebutuhan listrik yang terus digunakan oleh masyarakat membuat beberapa perusahaan listrik harus menambah kapasitas pembangkit listrik, di Indonesia pembangkit listrik yang paling banyak digunakan adalah PLTU yaitu dengan memanfaatkan batu bara sebagai bahan bakar, batu bara merupakan salah satu sumber daya alam tak terbarukan artinya dalam jangka waktu tertentu akan habis, sehingga dibutuhkan pembangkit energi alternatif yang dapat menyuplai pasokan energi listrik.

Salah satunya adalah pembangkit energi listrik dari gelombang air laut, dengan menggunakan ponton sebagai media untuk

menghasilkan energi listrik yang diperoleh dari gerakan ponton diatas air akibat dari gelombang, dengan demikian perlu adanya studi tentang bagaimana gerakan dari ponton tersebut agar diperoleh hasil yang bagus.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pengukuran olah gerak bangunan apung (ponton) menggunakan mikrokontroler berbasis *wireless* dengan jenis ponton berbentuk tabung dengan muatan (*solid*) dan sarat yang bervariasi diperoleh hasil olah gerak yang baik yaitu rata-rata *pitch*, *roll* dan *heave* masing-masing 1,7°, 32,3° dan 0,4 cm [1]. Namun penelitian tersebut lebih berfokus pada alat yang digunakan dalam pengukuran tersebut, dalam literatur yang lain penambahan *heaving plate* pada suatu bangunan memiliki pengaruh besar terhadap gaya-gaya yang diterima oleh ponton sehingga gaya yang di terima oleh ponton akibat gelombang yang datang akan di

transfer ke *heaving plate*, selain itu penambahan *heaving plate* juga meningkatkan *add mass*[2].

Pada tahun 2015 sebuah penelitian tentang efek dari penambahan *heaving plate* pada sebuah spar dimana dalam penelitian tersebut disebutkan bahwa respon *heave* dari spar berkurang dengan bertambahnya diameter *plat heave* dan jarak antara kedua plat *heave*. Rasio diameter 1,2 hingga 1,3 dan jarak relatif 0,2 hingga 0,3 direkomendasikan untuk pengurangan gerakan *heave* yang signifikan[3]. Seiring kemajuan teknologi sistem mekanika pengujian olah gerak bangunan apung memanfaatkan teknologi mikrokontroler berbasis *wireless* yaitu menggunakan Xbee X2 yang sudah teruji mampu mengirim dan menerima data secara akurat dengan jangkauan maksimal 105 m diluar ruangan[4]

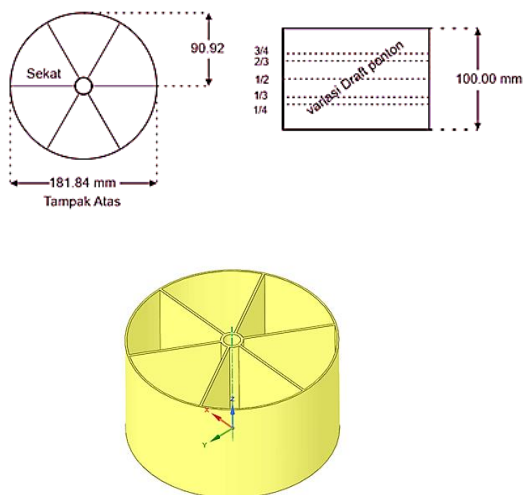
Penelitian ini akan berfokus pada pengaruh variasi luasan *heaving plate* terhadap olah gerak ponton dan bagaimana olah gerak ponton terbaik guna menghasilkan kinerja maksimal untuk pembangkit listrik tenaga gelombang?

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui olah gerak ponton terbaik guna menghasilkan kinerja maksimal untuk pembangkit listrik tenaga gelombang.

2. METODE

2.1. Objek Penelitian

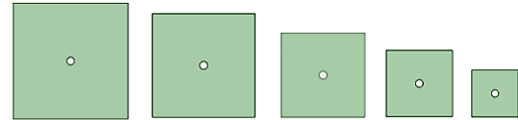
Objek yang diteliti adalah ponton tabung yang terbuat dari akrilik, serta didalam ponton terdapat sekat untuk keperluan pengisian muatan dan analisa, dengan sesuai dimensi yang telah didesain, yang ditunjukkan pada gambar 1, gambar 2 dan 3, sebagai berikut:



Gambar 1. Desain lambung ponton



Gambar 2. Desain spar ponton



Gambar 3. Desain heaving plate ponton



Gambar 4. Desain ponton dengan variasi spar dan heaving plate

Penelitian dengan menggunakan alat berupa:

1. Modul MPU-6050, menghasilkan output nilai *rolling* dan *pitching*. *Rolling* dan *pitching* bisa dideteksi menggunakan sensor MPU karena didalam mpu terdapat accelerometer dan gyroskop [5].
2. Modul HC-SR04, menghasilkan output nilai *heaving*. HC-SR04 memiliki minimal range 2cm dan maksimal range 400cm [6].
3. Load Cell, menghasilkan output massa [7], yang dikonversikan sebagai gaya angkat ponton.
4. Modul HX711, modul konversi sinyal analog ke digital pada load cell [8].
5. Mikrokontroler Arduino UNO, sebagai alat pemroses data. Didalam Arduino semua variable harus dideklarasikan agar pengoperasian dapat diproses [9].
6. XBee S2, modul radio frekuensi yang beroperasi pada frekuensi 2.4 ghz [10], sebagai *transmitter* dan *reciver* untuk jaringan *wireless*

Parameter yang diberikan untuk menunjukkan nilai *seakeeping* atau olah gerak ponton bila diberi variasi adalah:

1. Parameter tetap : Bentuk ponton tabung
2. Parameter berubah :
 - a. panjang *spar* : 133 mm dan 167 mm
 - b. volume muatan : kosong dan $\frac{1}{4}$ tinggi ponton
 - c. voltase yang digunakan untuk membangkitkan gelombang : 15V dan 20V.

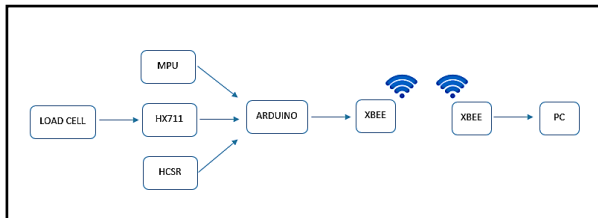
2.2. Perlakuan pada objek

Pengukuran ponton diberikan perlakuan perubahan *heaving plate*, *spar* dan muatan pada ponton dan menggunakan metode *wireless*, berikut rangkaiannya :

Rangkaian untuk membuat *wireless* dengan menggunakan XBee S2 adalah sebagai berikut:

1. XBee sebagai *transmitter*, disini XBee terhubung dengan Arduino yang sudah memproses data dari sensor ultrasonik, MPU dan *Load cell* yang kemudian siap dikirim ke komputer.
2. XBee sebagai *reciver*, disini XBee yang terhubung dengan PC/Laptop menerima data dari XBee transmitter dan data langsung ditampilkan didisplay PC/Laptop.

Rangkaian dapat dilihat pada gambar 4, berikut skema rangkaiannya.



Gambar 5. Rangkaian *wireless*

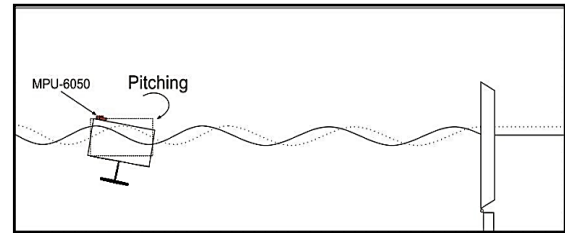
Keterangan dari skema rangkaian dari gambar 4:

1. MPU-6050, alat yang digunakan untuk mengetahui sudut saat ponton *pitching* ataupun *rolling*.
2. HC-SR04, alat yang digunakan untuk mengukur jarak *heaving* pada ponton.
3. HX711, alat konversi load cell menuju arduino.
4. Load cell, alat yang digunakan untuk mengukur gaya angkat pada ponton.
5. Arduino berfungsi sebagai mikrokontroler.
6. XBee transmitter berfungsi untuk alat komunikasi untuk mengirimkan data dari arduino ke XBee *reciver* yang kemudian diolah di PC.
7. XBee *reciver* berfungsi untuk menerima hasil yang diolah Arduino yang dikirim lewat XBee *transmitter*.
8. PC (personal computer) sebagai display hasil dari pengukuran.

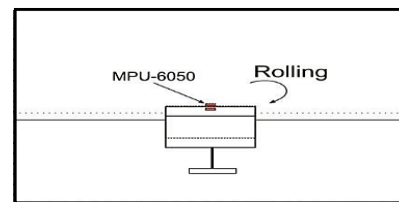
2.3. Proses Pengujian

Pengujian model ponton pada *towing tank* yang diberi gelombang, untuk mengetahui respon dari model ponton dengan berbagai variabel. Pengujian dilakukan selama 15 detik pada tiap variasi dan akan diambil nilai ekstrim tiap data.

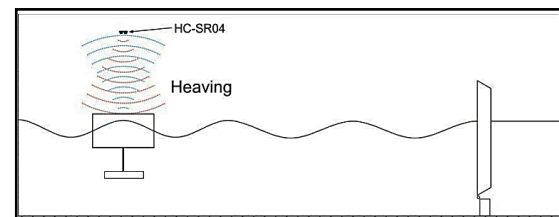
Berikut skema pengukuran nilai olah gerak, skema pengukuran gelombang, proses pengukuran menggunakan *wireless* yang ditunjukkan pada gambar 5, gambar 6, gambar 7 dan gambar 8:



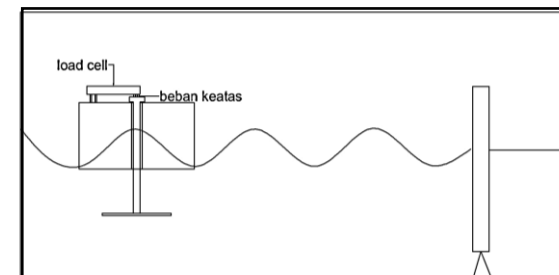
Gambar 6. Skema pengukuran gerakan *pitching*



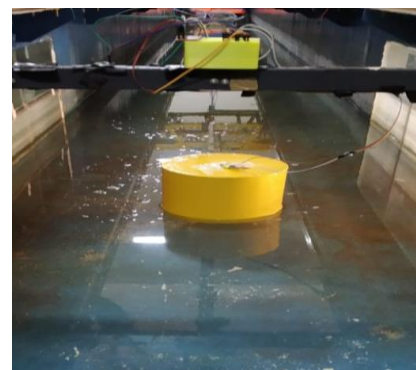
Gambar 7. Skema pengukuran gerakan *rolling*



Gambar 8. Skema pengukuran gerakan *heaving*



Gambar 9. Skema pengukuran gaya angkat



Gambar 10. Pengukuran olah gerak pada *towing tank*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perakitan Alat Ukur

Kabel penghubung antar komponen menggunakan kabel *jumper*, kecuali XBee S2C. Skema perakitan alat ukur bisa dilihat pada gambar 5.

3.2. Pengujian dan Validasi Alat Ukur

Hasil pengukuran validasi dengan mengambil sample *rolling* kedua MPU pada tampilan display PC menunjukkan 25° dan pada busur derajat juga menunjukkan kurang lebih 35°, ini menunjukkan tingkat akurasi hampir 100%.

Kemudian mengukur jarak dari sensor ultrasonic terhadap objek, saya mengambil satu sensor ultrasonic dari tiga sensor yang saya gunakan, karena kodingan yang saya pakai sama. Hasilnya menunjukkan bahwa pada display PC menunjukkan jarak sensor ultrasonic dengan objek sejauh 5 cm, jaraknya sama dengan yang dimistar yaitu 5 cm.

Hasil dari kedua jaringan menunjukkan akurasi yang sama, ini dikarenakan data dari Arduino sebagai pemroses data pada ponton yang dikirim melalui XBee ke PC tidak ada interferensi gelombang.

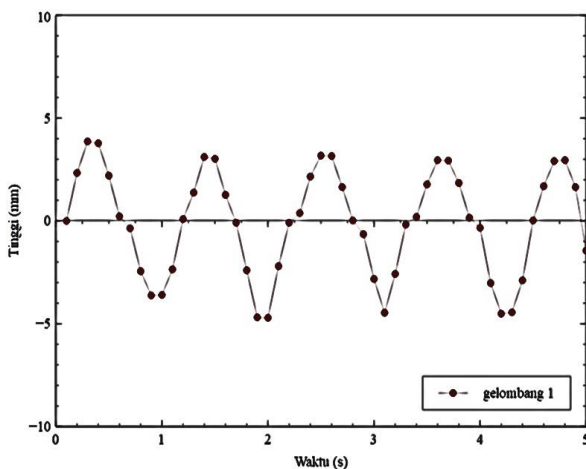
3.3. Data Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Pengukuran Tinggi Gelombang

Dari pengukuran didapat data sebagai berikut:

a. Menggunakan arus 15 V

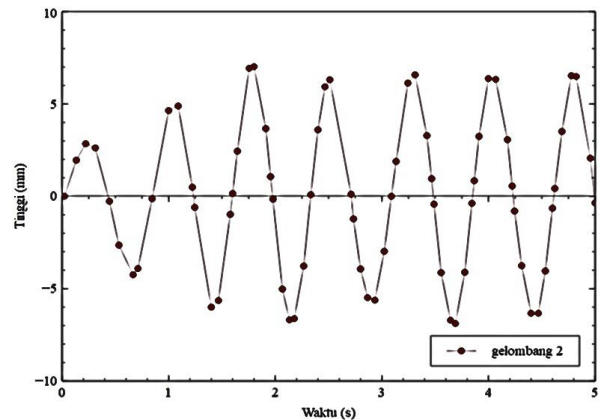
Pada sensor 1 yang berada di samping selatan *towing tank* didapatkan rata-rata tinggi gelombang sebesar 0.75cm.



Gambar 11. Grafik gelombang 1

b. Menggunakan arus 20 V

Pada sensor 1 didapatkan rata-rata tinggi gelombang sebesar 1.25cm.



Gambar 12. Grafik Gelombang 2

2. Pengukuran Olah Gerak Ponton

Hasil dari pengukuran olah gerak menggunakan 1 sensor MPU dan 1 sensor dan *load cell*. Ponton yang kosong gerakannya lebih tidak stabil dibanding ponton yang ada muatannya. Tetapi ponton dengan muatan memberikan gaya yang lebih besar.

a. Perubahan *Pitching* pada ponton

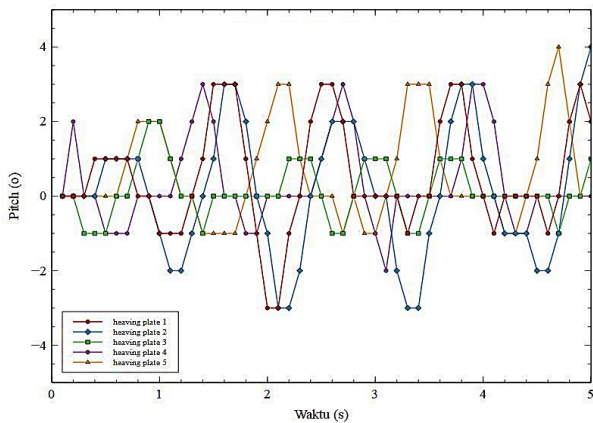
Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 1, gambar 13 dan 14

Tabel 1. Data hasil pengukuran *Pitching*

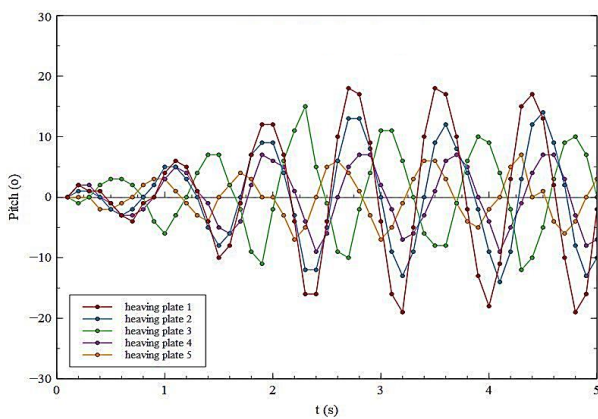
| Variasi dan Gelombang | <i>Pitching</i> (°) | | | | |
|-----------------------|---------------------|------|------|------|------|
| | HP 1 | HP 2 | HP 3 | HP 4 | HP 5 |
| Variasi 1 Gelombang 1 | 3° | 4° | 2° | 3° | 4° |
| Variasi 1 Gelombang 2 | 11° | 7° | 5° | 6° | 8° |
| Variasi 2 Gelombang 1 | 8° | 5° | 3° | 3° | 5° |
| Variasi 2 Gelombang 2 | 9° | 12° | 8° | 8° | 12° |
| Variasi 3 Gelombang 1 | 4° | 4° | 4° | 4° | 4° |
| Variasi 3 Gelombang 2 | 11° | 8° | 8° | 8° | 8° |
| Variasi 4 Gelombang 1 | 4° | 3° | 3° | 4° | 3° |
| Variasi 4 Gelombang 2 | 18° | 14° | 15° | 7° | 7° |

Keterangan :

- Gelombang 1 = gelombang 15 Volt
- Gelombang 2 = gelombang 20 Volt
- Variasi 1 = spar 1 dan muatan 0
- Variasi 2 = spar 1 dan muatan 0,25
- Variasi 3 = spar 2 dan muatan 0
- Variasi 4 = spar 2 dan muatan 0,25



Gambar 13. Grafik hasil pengukuran *Pitching* dengan nilai terendah



Gambar 14. Grafik hasil pengukuran *Pitching* dengan nilai tertinggi

Berdasarkan Tabel 1 perubahan nilai pitching paling besar terjadi pada variasi 4 dan gelombang 2 dan nilai terkecil diperoleh pada variasi 1 dan gelombang 1, hasil ini memberikan kesimpulan bahwa semakin besar gelombang, berat muatan dan tinggi spar maka semakin besar nilai pitchingnya, namun berbanding terbalik dengan luasan permukaan heaving plate dimana memberikan hasil yang kecil ketika dengan ukuran paling luas (HP5)

b. Perubahan *Rolling* pada ponton

Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 2, gambar 15 dan 16

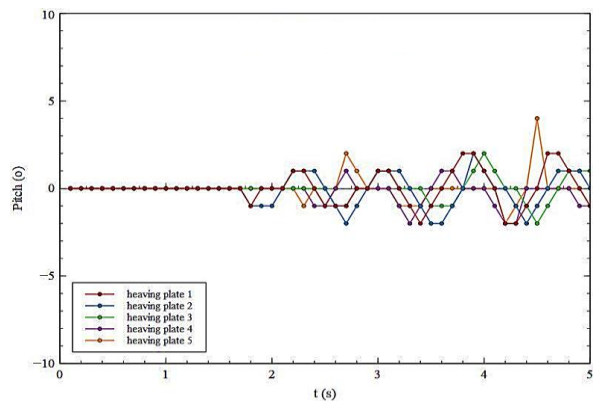
Tabel 2. Data hasil pengukuran *Rolling*

| Variasi dan Gelombang | <i>Rolling</i> (°) | | | | |
|-----------------------|--------------------|------|------|------|------|
| | HP 1 | HP 2 | HP 3 | HP 4 | HP 5 |
| Variasi 1 Gelombang 1 | 0° | 0° | 0° | 0° | 0° |
| Variasi 1 Gelombang 2 | 2° | 2° | 2° | 1° | 4° |
| Variasi 2 Gelombang 1 | 1° | 1° | 1° | 0° | 0° |
| Variasi 2 Gelombang 2 | 2° | 2° | 2° | 3° | 0° |

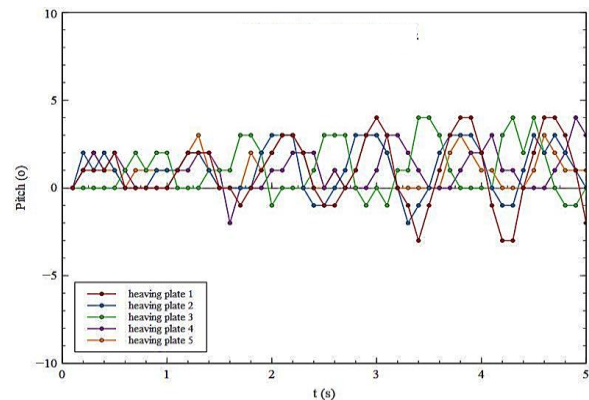
| | | | | | |
|-------------|----|----|----|----|----|
| Gelombang 2 | | | | | |
| Variasi 3 | 0° | 1° | 0° | 0° | 0° |
| Gelombang 1 | | | | | |
| Variasi 3 | 1° | 0° | 1° | 3° | 0° |
| Gelombang 2 | | | | | |
| Variasi 4 | 3° | 2° | 1° | 3° | 3° |
| Gelombang 1 | | | | | |
| Variasi 4 | 4° | 3° | 4° | 4° | 3° |
| Gelombang 2 | | | | | |

Keterangan :

- a. Gelombang 1 = gelombang 15 Volt
- b. Gelombang 2 = gelombang 20 Volt
- c. Variasi 1 = spar 1 dan muatan 0
- d. Variasi 2 = spar 1 dan muatan 0,25
- e. Variasi 3 = spar 2 dan muatan 0
- f. Variasi 4 = spar 2 dan muatan 0,25



Gambar 15. Grafik hasil pengukuran *Rolling* dengan nilai terendah



Gambar 16. Grafik hasil pengukuran *Rolling* dengan nilai tertinggi

Dari Tabel 2 terlihat bahwa gelombang tidak terlalu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai *rolling*, namun pengaruh muatan dan spar cukup memberikan perubahan nilai *rolling*, selain itu *heaving plate* juga memberikan pengaruh yakni nilai tertinggi terdapat pada *heaving plate* 5 dengan kesimpulan semakin luas permukaan *heaving plate* maka semakin besar nilai *rolling*.

c. Perubahan *Heaving* dan *Load* pada Ponton

Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 3, tabel 4, gambar 17 dan 18

Tabel 3. Data hasil pengukuran *Heaving*

| Variasi dan Gelombang | <i>Heaving</i> (mm) | | | | |
|-----------------------|---------------------|------|------|------|------|
| | HP 1 | HP 2 | HP 3 | HP 4 | HP 5 |
| Variasi 1 | | | | | |
| Gelombang 1 | 7 | 10 | 8 | 11 | 9 |
| Variasi 1 | | | | | |
| Gelombang 2 | 13 | 16 | 24 | 15 | 25 |
| Variasi 2 | | | | | |
| Gelombang 1 | 6 | 11 | 9 | 9 | 10 |
| Variasi 2 | | | | | |
| Gelombang 2 | 40 | 28 | 25 | 40 | 27 |
| Variasi 3 | | | | | |
| Gelombang 1 | 8 | 8 | 23 | 10 | 20 |
| Variasi 3 | | | | | |
| Gelombang 2 | 14 | 13 | 27 | 24 | 20 |
| Variasi 4 | | | | | |
| Gelombang 1 | 28 | 34 | 43 | 35 | 56 |
| Variasi 4 | | | | | |
| Gelombang 2 | 13 | 16 | 21 | 15 | 17 |

Keterangan :

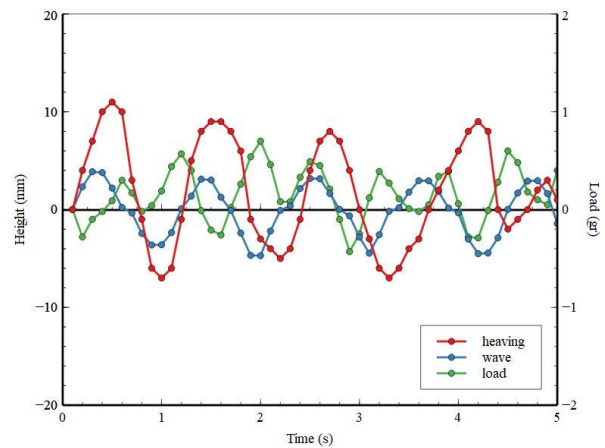
- a. Gelombang 1 = gelombang 15 Volt
- b. Gelombang 2 = gelombang 20 Volt
- c. Variasi 1 = spar 1 dan muatan 0
- d. Variasi 2 = spar 1 dan muatan 0,25
- e. Variasi 3 = spar 2 dan muatan 0
- f. Variasi 4 = spar 2 dan muatan 0,25

Tabel 4. Data hasil pengukuran *load*

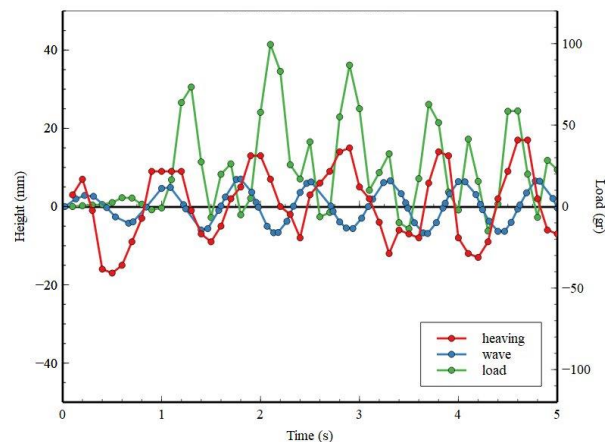
| Variasi dan Gelombang | <i>Load</i> (gram) | | | | |
|-----------------------|--------------------|-------|------|-------|------|
| | HP 1 | HP 2 | HP 3 | HP 4 | HP 5 |
| Variasi 1 | | | | | |
| Gelombang 1 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.7 | 4.0 |
| Variasi 1 | | | | | |
| Gelombang 2 | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 0.7 | 8.1 |
| Variasi 2 | | | | | |
| Gelombang 1 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 2.8 |
| Variasi 2 | | | | | |
| Gelombang 2 | 0.9 | 2.6 | 65.1 | 3.3 | 2.2 |
| Variasi 3 | | | | | |
| Gelombang 1 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.4 |
| Variasi 3 | | | | | |
| Gelombang 2 | 1.2 | 0.6 | 1.1 | 0.5 | 0.6 |
| Variasi 4 | | | | | |
| Gelombang 1 | 1.7 | 7.8 | 0.3 | 21.9 | 51.7 |
| Variasi 4 | | | | | |
| Gelombang 2 | 52.5 | 116.3 | 76.5 | 100.6 | 99.5 |

Keterangan :

- a. Gelombang 1 = gelombang 15 Volt
- b. Gelombang 2 = gelombang 20 Volt
- c. Variasi 1 = spar 1 dan muatan 0
- d. Variasi 2 = spar 1 dan muatan 0,25
- e. Variasi 3 = spar 2 dan muatan 0
- f. Variasi 4 = spar 2 dan muatan 0,25



Gambar 17. Grafik hasil pengukuran *heaving* dan *load* nilai terendah



Gambar 18. Grafik hasil pengukuran *heaving* dan *load* nilai tertinggi

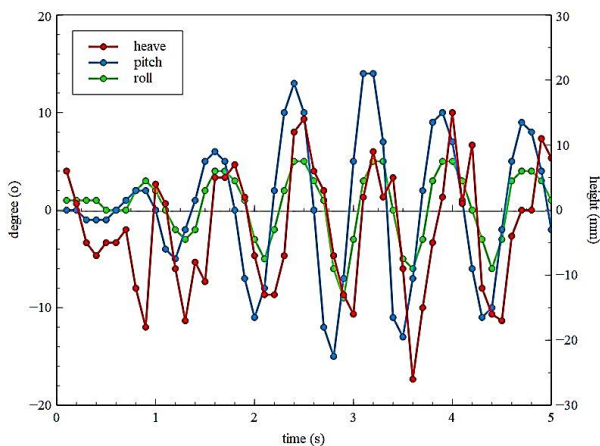
Dari Gambar 17 dan 18 terlihat bahwa nilai *heaving* dan *load* dipengaruhi oleh tinggi gelombang yaitu respon pada gelombang 2 rata rata lebih tinggi, sedangkan pengaruh perbedaan luas pada *heaving plate* juga memberikan respon yang mempengaruhi nilai *heaving* dan *load*, semakin luas permukaan *heaving plate* maka semakin besar pula nilai *heave* dan *load* yang diperoleh.

d. perbandingan olah gerak ponton dengan dan tanpa *heaving plate*.

Hasil pengukuran olah gerak ponton tanpa *heaving plate* diperoleh nilai maksimal sebagai berikut:

Tabel 5. Data hasil pengukuran

| Muatan dan Gelombang | <i>Pitching</i> (°) | <i>Rolling</i> (°) | <i>Heaving</i> (mm) |
|----------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Muatan 0 Gelombang 1 | 1 | 1 | 12 |
| Muatan 0 Gelombang 2 | 11 | 5 | 17 |
| Muatan 0.25 Gelombang 1 | 3 | 2 | 12 |
| Muatan 0.25 Gelombang 2 | 15 | 4 | 25 |



Gambar 19. Grafik hasil pengukuran tanpa *heaving plate* pada gelombang 2 dan muatan 0,25

Tabel 6. Perbandingan nilai *pitching*

| Muatan dan Gelombang | <i>Pitching</i> (°) dengan HP | <i>Pitching</i> (°) tanpa HP | Persentase (%) |
|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------|
| Muatan 0 Gelombang 1 | 4 | 1 | 75 |
| Muatan 0 Gelombang 2 | 11 | 11 | 0 |
| Muatan 0,25 Gelombang 1 | 8 | 3 | 62,5 |
| Muatan 0,25 Gelombang 2 | 18 | 15 | 16,6 |

Tabel 7. Perbandingan nilai *rolling*

| Muatan dan Gelombang | <i>Rolling</i> (°) dengan HP | <i>Rolling</i> (°) tanpa HP | Persentase (%) |
|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------|
| Muatan 0 Gelombang 1 | 1 | 1 | 0 |
| Muatan 0 Gelombang 2 | 4 | 5 | 20 |
| Muatan 0,25 Gelombang 1 | 3 | 2 | 33,3 |
| Muatan 0,25 Gelombang 2 | 4 | 4 | 0 |

Tabel 8. Perbandingan nilai *heaving*

| Muatan dan Gelombang | <i>Heaving</i> (mm) dengan HP | <i>Heaving</i> (mm) tanpa HP | Persentase (%) |
|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------|
| Muatan 0 Gelombang 1 | 23 | 12 | 47,8 |
| Muatan 0 Gelombang 2 | 27 | 17 | 37 |
| Muatan 0,25 Gelombang 1 | 56 | 12 | 78,5 |
| Muatan 0,25 Gelombang 2 | 40 | 25 | 37,5 |

Tabel 8 menunjukkan gerakan *pitching* pada ponton yang dilengkapi dengan *heaving plate* cenderung lebih tinggi, sedangkan pada gerak *rolling* terlihat tidak adanya perubahan yang signifikan dan pada gerakan *heaving* memberikan angka yang cukup signifikan dimana penambahan

heaving plate memberikan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan ponton tanpa *heaving plate*.

e. pengaruh tiap komponen terhadap gerakan ponton

- Tinggi *spar***
Dilihat dari selisih antara *spar* dengan tinggi 133 mm dan 167mm maka diperoleh hasil gerakan yang lebih besar pada *spar* dengan tinggi 167 mm.
- Luas permukaan *heaving plate***
Untuk gerakan *pitch* dan *roll* diperoleh nilai tertinggi pada *heaving plate* dengan luasan terkecil sedangkan pada *heaving* dan *load heaving plate* dengan luasan terbesar memberikan nilai yang besar juga.
- Muatan/sarat**
Perubahan muatan juga memberikan pengaruh terhadap gerakan ponton, didasarkan pada semua tabel maka ponton dengan muatan 0,25 cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan muatan 0.
- Gelombang**
Dapat dilihat pada setiap tabel gelombang 2 menunjukkan nilai lebih tinggi dibanding dengan gelombang 1.

4. KESIMPULAN

Dari hasil Analisa yang telah dilakukan pada alat ukur olah gerak dan pengukuran olah gerak setiap variasi ponton dengan pengaruh sarat, variasi gelombang, panjang *spar* dan ukuran *heaving plate* maka disimpulkan bahwa:

Nilai olah gerak *pitching* terbesar terjadi pada ponton *heaving plate 1* dengan muatan 0,25, gelombang 2, *spar 2* dengan nilai 18°, untuk nilai *rolling* terbesar terjadi pada ponton *heaving plate 1* bermuatan 0, gelombang 2, *spar 5* dengan nilai 4°, sedangkan untuk nilai *heaving* terbesar terjadi pada ponton *heaving plate 5* bermuatan 0,25, gelombang 1, *spar 2* dengan nilai 56 mm, dan nilai beban keatas terbesar terjadi pada ponton dengan *heaving plate 2* bermuatan 0,25, gelombang 2, *spar 2* dengan nilai 116,3gram.

Heaving dan *load* dengan nilai rata-rata tertinggi terjadi pada *heaving plate 5* pada setiap variasinya, yaitu 56 mm untuk *heaving* dan 99,5 untuk *load*, sedangkan *pitching* dan *rolling* masing-masing bernilai 3° dan 4°.

Selain itu penambahan variasi seperti *spar*, muatan, luas permukaan *heaving plate* dan gelombang ternyata memberikan nilai yang lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan variasi sama sekali.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Wahyu Hidayat, "Analisa Perubahan Olah Gerak Ponton Akibat Pengaruh Beban Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Wireless," *Kapal*, vol. 1, pp. 1–9, 2017.
- [2] J. Thomson and A. C. Brown, "Heave Plate Dynamics for a Point Absorbing," 3rd Mar. Energy Technol. Symp. METS2015, pp. 1–5, 2015.
- [3] A. Subbulakshmi, J. Jose, R. Sundaravadivelu, and R. P. Selvam, "Effect of Viscous Damping on Hydrodynamic Response of Spar with Heave Plate," *Aquat. Procedia*, vol. 4, no. Icwrcoc, pp. 508–515, 2015.
- [4] Ilham Sayekti, "Bel Pemanggil Perawat Berbasis Wireless Menggunakan Xbee," *J. Tek. Elektro Terap.*, p. 174, 2013.
- [5] I. Inc., "MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification," *Inven. Inc. Prod. Specif.*, vol. 3.4, no. 408, pp. 1–57, 2013.
- [6] Indoware, "Ultrasonic Ranging Module HC-SR04," 2013. .
- [7] A. Rahman and M. Nawawi, "Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell pada Alat Penyortir Buah Otomatis terhadap Timbangan Manual," vol. 5, no. 2, pp. 207–220, 2017.
- [8] F. N. Amin, "Timbangan berbasis arduino dengan output lcd dan suara," 2016.
- [9] B. W. Evans, "Arduino Programming Notebook," pp. 1–36, 2008.
- [10] Y. Yuliza, "Komunikasi Antar Robot Menggunakan RF Xbee dan Arduino Microcontroller," *J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 4, no. 1, p. 53, 2017.