



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Pengukuran Olah Gerak Ponton Hexagon Akibat Penambahan Circular Heaving Plate dan Striped Plate Pada Gelombang Reguler.

Noprian Christy S¹⁾, Eko Sasmito Hadi¹⁾, Ahmad Fauzan Zakki¹⁾

¹⁾Laboratorium Hidrodinamika

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

e-mail :Noprian.christy08@gmail.com , ekosasmitohadi@gmail.com, ahmadfzakki@yahoo.com

Abstrak

Meningkatnya jumlah populasi di Indonesia menimbulkan banyaknya kebutuhan dasar yang penting bagi masyarakat yang salah satunya adalah kebutuhan akan energi listrik dengan mengembangkan potensi energi alternatif untuk membangkitkan tenaga listrik melalui gelombang laut. Untuk mengetahui olah gerak ponton terbaik perlu dilakukan penelitian teknologi terbaru seperti heaving plate. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan nilai seakeeping ponton dengan variasi penambahan heaving plate, tinggi sarat dan gelombang, selain itu penelitian ini juga diharapkan untuk mendapatkan nilai beban heaving pada ponton akibat aliran gelombang yang diberikan. Penelitian ini menggunakan alat berupa Arduino untuk mikrokontroler, sensor HS-SR04 untuk mengukur heaving, sensor MPU untuk mengetahui pitching dan rolling, load cell untuk mengukur beban heaving dan XBee S2C sebagai komunikasi dari Arduino ke PC. Berdasarkan penelitian ini menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan heaving plate pada ponton dapat mengurangi respon pitching mencapai 20 %, rolling 50 % dan menambah respon heaving 52,7 %. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh nilai pitching tertinggi sebesar 17°, rolling sebesar 8°, dan heaving sebesar 57 mm, serta beban heaving sebesar 113,95 gram.

Kata Kunci : Ponton, Heaving Plate, Gelombang reguler, Mikrokontroler, Seakeeping, Beban heaving

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah populasi di Indonesia menimbulkan banyaknya kebutuhan dasar yang penting bagi masyarakat yang salah satunya adalah kebutuhan akan energi listrik. Sudah dilakukannya upaya dan penelitian yang dilakukan para akademisi untuk mengembangkan potensi energi alternatif untuk membangkitkan tenaga listrik melalui gelombang laut. Pengembangan ini sangat cocok bagi Indonesia, karena Indonesia memiliki wilayah perairan yang sangat besar yang menjadikan negara Indonesia menjadi negara maritim. Pengembangan energi alternatif tenaga gelombang laut lebih ramah lingkungan.

Ponton sendiri merupakan struktur berongga dan kedap air, terisinya rongga ponton dengan udara menyebabkan ponton memiliki daya apung (*buoyancy*) di atas permukaan air. Pada penelitian gerak ponton menggunakan mikrokontroler menyimpulkan bahwa detektor *seakeeping* memiliki output yang cukup akurat dengan koreksi

0,01° untuk *rotation motion* dan 0,01 cm untuk *translation motion* [1].

Ponton juga menerapkan beberapa modifikasi yang terbaru, salah satunya adalah dengan menambah *heaving plate* untuk mendapatkan nilai olah gerak ponton yang lebih baik. Penambahan *Single Heaving Plate* pada *spar* menyebabkan berkurangnya respon *heaving* sebesar 17%-22% [2]. Pada penelitian *heave plate on hydrodynamic response of spar* menyimpulkan bahwa perbandingan rasio diameter *heave plate* dan *spar* sebesar 1,3 dan 1,5 dapat mengurangi respon *heaving* sebesar 19 % dan 24 % [3].

Pada penelitian lainnya, penambahan *heave plate* pada *Semi-Submersible Platform* dapat mengurangi gerakan *heave* pada frekuensi 0.35–0.55 rad s⁻¹ [4], selain itu berdasarkan hasil penelitian *Hydrodynamic Response of Spar with Heave Plate* menunjukkan bahwa respon *heaving* berkurang secara signifikan pada rasio diameter 1,2-1,3 [5].

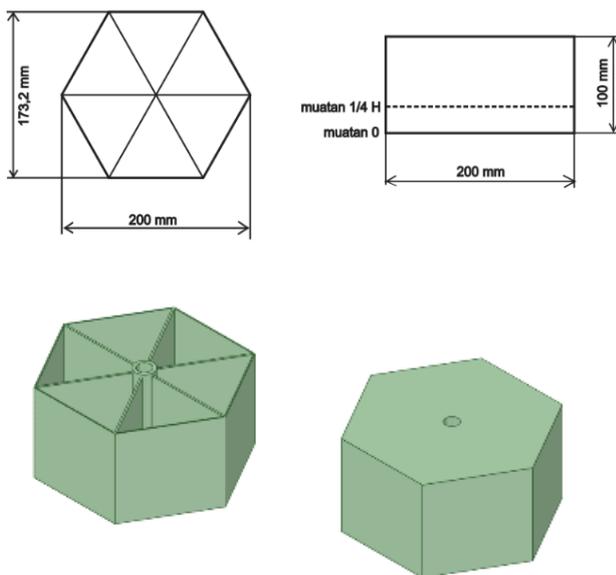
Dalam penelitian ini akan dibuat 5 model *heaving plate* dengan variasi spar, muatan dan gelombang air dengan menggunakan ponton segienam. Kemudian diukur dari setiap model yang menggunakan mikrokontroler berbasis *wireless*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan nilai olah gerak dari ponton tanpa *heaving plate* dan menggunakan *heaving plate*, mengetahui pengaruh perubahan sarat dan muatan, mengetahui nilai olah gerak ponton dengan penampang *heaving plate* yang berbeda, dan mengetahui beban *heaving* terbesar yang dapat diaplikasikan pada ponton pembangkit listrik.

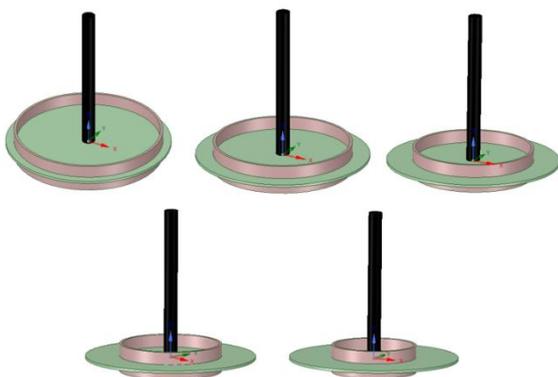
2. METODE

2.1. Objek Penelitian

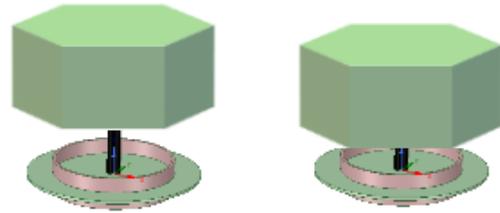
Objek yang diteliti adalah ponton segienam yang terbuat dari akrilik, didalam ponton terdapatnya sekat untuk pengisian muatan dan analisa, yang sudah sesuai dimensi yang telah didesain, yang ditunjukkan pada gambar 1 dan gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 1. Desain Lambung Ponton



Gambar 2. Desain *Heaving Plate*



Gambar 3. 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* [6].
2. Modul HC-SR04, menghasilkan output nilai *heaving*. HC-SR04 memiliki minimal *range* 2cm dan maksimal *range* 400cm [7].
3. Load Cell, menghasilkan output massa [8], yang dikonversikan sebagai beban *heaving* ponton.
4. Modul HX711, modul konversi sinyal analog ke digital pada load cell [9].
5. Mikrokontroler Arduino UNO, sebagai alat pemroses data. Didalam Arduino semua *variable* harus dideklarasikan agar pengoperasian dapat diproses [10].
6. XBee S2, modul radio frekuensi yang beroperasi pada frekuensi 2.4 ghz [11], 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 prisma segi 6
2. Parameter berubah :
 - a. panjang *spar* : 134 mm dan 167 mm
 - b. volume muatan : kosong dan $\frac{1}{4}$ tinggi ponton
 - c. voltase yang digunakan untuk membangkitkan gelombang : 15V dan 20V.
 - d. diameter *heaving plate* : 200 mm
 - e. variasi jarak *strip plate* dari luar lingkarang, 10 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm.

2.2. Perlakuan pada objek

Pengukuran ponton diberikan perlakuan perubahan *heaving plate*, *spar*, muatan dan gelombang pada ponton. MPU dan *load cell*

diletakkan diatas ponton untuk mengukur *pitch*, *roll* dan beban *heaving*, sedangkan untuk sensor ultrasonik diletakkan diatas ponton secara terpisah dan tegak lurus.

- Variasi sarat (pasir) :
 1. Sarat 1 = $0H = 0$ cm
 2. Sarat 2 = $0,25H = 2,5$ cm
- Variasi tinggi gelombang, meliputi :
 1. Gelombang 1 = $0,75$ cm
 2. Gelombang 2 = $1,25$ cm
- Variasi tinggi spar, meliputi :
 1. Spar 1, yaitu ;
 $H \text{ ponton} + 2/3 \times H \text{ ponton} = 16,7$ cm
 2. Spar 2, yaitu ;
 $H \text{ ponton} + 1/3 \times H \text{ ponton} = 13,4$ cm
- Variasi ukuran *heaving plate*, meliputi :
 1. Heaving Plate (HP) 1 = jarak strip plate 10 mm dari luar lingkaran
 2. Heaving Plate (HP) 2 = jarak strip plate 20 mm dari luar lingkaran
 3. Heaving Plate (HP) 3 = jarak strip plate 30 mm dari luar lingkaran
 4. Heaving Plate (HP) 4 = jarak strip plate 40 mm dari luar lingkaran
 5. Heaving Plate (HP) 5 = jarak strip plate 50 mm dari luar lingkaran

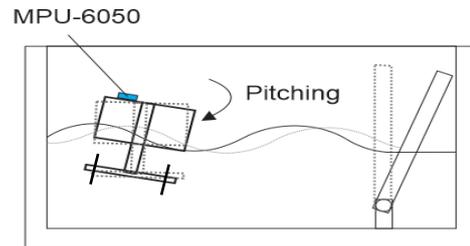
2.3. Lokasi Pengujian

Penelitian ini dilaksanakan di Towing Tank Laboratorium Hidrodinamika Departemen Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia.

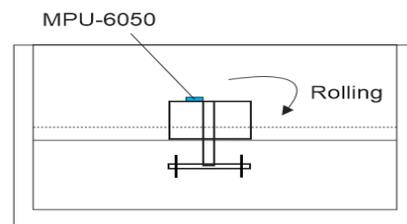
2.4. Proses Pengujian

Pengujian model ponton pada *towing tank* yang diberi gelombang, untuk mengetahui respon dari model ponton dengan berbagai variabel dan sensor *Ultra Sonic* yang terpasang pada *Towing Tank*. Semua sensor dihubungkan langsung dengan mikrokontroller Arduino UNO menggunakan kabel *jumper*. Pengujian model ponton dilakukan dengan memberikan dua jenis gelombang yang dibangkitkan oleh *Wave Maker* yang terpasang pada salah satu ujung *Towing Tank*. Gelombang yang dihasilkan menyebabkan ponton mengalami gerak translasi dan rotasi yang akan dibaca oleh sensor. Data yang dihasilkan oleh sensor ditransfer ke PC yang akan diambil nilai rata-rata untuk tiap nilai olah gerak yang dibagi dalam beberapa detik. Jumlah pengujian yang dilakukan pada ponton sebanyak dua kali pada tiap variasi yang telah ditentukan supaya data dapat di validasi. Lamanya Pengujian dilakukan selama 15 detik pada tiap percobaannya untuk menghindari gelombang pantul yang dihasilkan pada ujung *towing tank*.

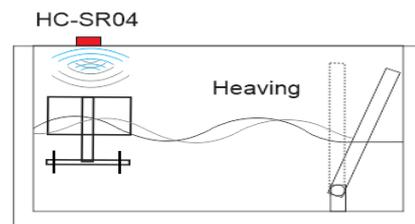
Berikut skema pengukuran nilai olah gerak, skema pengukuran gelombang, proses pengukuran menggunakan *wireless* yang ditunjukkan pada gambar 4, gambar 5, gambar 6:



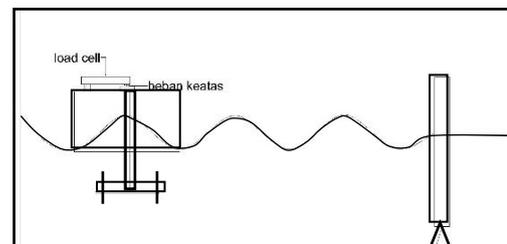
Gambar 4. Skema Pengukuran Gerakan *Pitching*



Gambar 5. Skema Pengukuran Gerakan *Rolling*



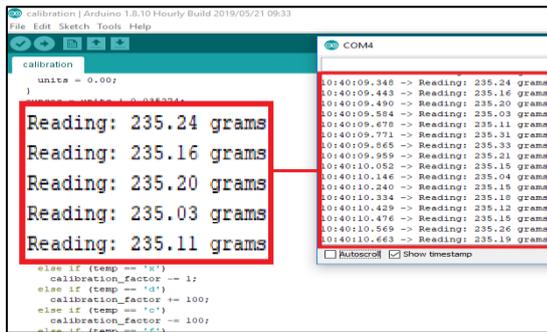
Gambar 6. Skema Pengukuran Gerakan *Heaving*



Gambar 7. Skema Pengukuran Beban Angkat



Gambar 8. Ponton dengan *Heaving Plate*



Gambar 14. Tampilan Validasi loadcell pada PC



Gambar 15. Beban dari Pengukuran Digital

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.

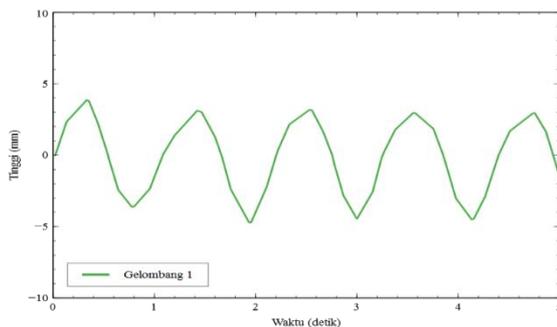
3.3. Data Hasil dan Pembahasan

3.3.1. Hasil Pengukuran Tinggi Gelombang

Dari pengukuran didapat data sebagai berikut:

a. Menggunakan 15 V

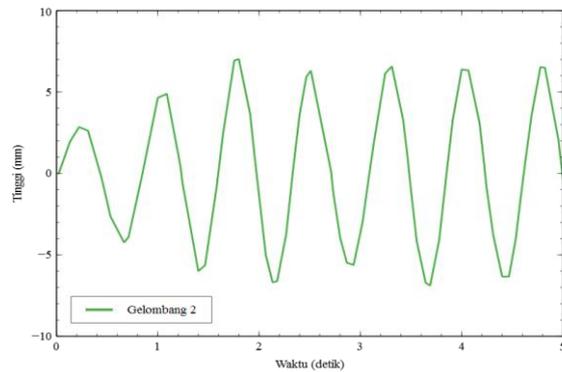
Pada sensor ultrasonik yang berada di *towing tank* didapatkan amplitude maximum sebesar 3,87 mm.



Gambar 16. Gelombang 1

b. Menggunakan 20 V

Pada sensor ultrasonik yang berada di *towing tank* didapatkan amplitude maximum sebesar 7,02 mm.



Gambar 17. Gelombang 2

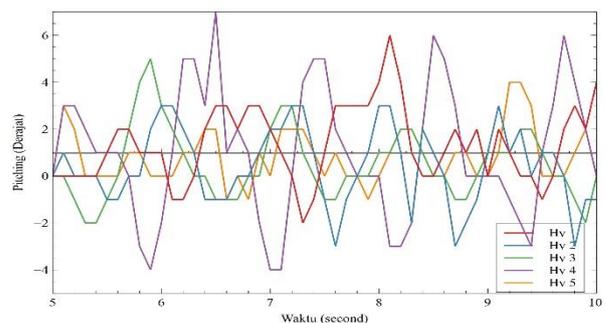
3.3.2. Pengukuran Olah Gerak Ponton dengan Heaving Plate

a. Pitching

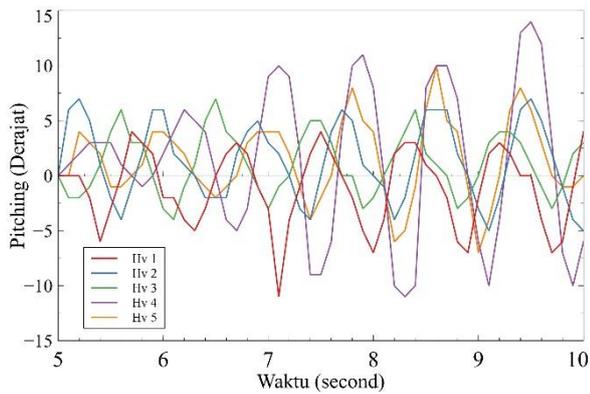
Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 1, gambar 18 dan 19. (*spar 1* = 167 mm, *spar 2* = 134 mm). (*sarat 0* = muatan kosong, *sarat 0,25* = muatan yang setinggi 0,25 H ponton). (*gel 1* = gelombang 15 V dengan tinggi 0,75 cm, *gel 2* = gelombang 20 V dengan tinggi 1,25 cm). (*Variasi 1* = *spar 1* *sarat 0*, *Variasi 2* = *spar 1* *sarat 0,25*, *Variasi 3* = *spar 2* *sarat 0*, *Variasi 4* = *spar 2* *sarat 0,25*). *HP 1* = jarak 10 mm dari luaran lingkaran *heaving plate*, *HP 2* = jarak 20 mm dari luaran lingkaran *heaving plate*, *HP 3* = jarak 30 mm dari luaran lingkaran *heaving plate*, *HP 4* = jarak 40 mm dari luaran lingkaran *heaving plate*, *HP 5* = jarak 50 mm dari luaran lingkaran *heaving plate*.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Pitching

Variasi dan Gelombang	Pitching (°)				
	HP 1	HP 2	HP 3	HP 4	HP 5
Variasi 1 Gel 1	6	3	7	5	6
Variasi 1 Gel 2	9	8	6	17	8
Variasi 2 Gel 1	4	2	5	6	5
Variasi 2 Gel 2	8	12	11	12	8
Variasi 3 Gel 1	3	3	3	3	5
Variasi 3 Gel 2	7	6	11	10	10
Variasi 4 Gel 1	1	5	4	5	3
Variasi 4 Gel 2	4	7	7	16	10



Gambar 18. Grafik Pitching Variasi 1 Gelombang 1



Gambar 19. Grafik *Pitching* Variasi 4 Gelombang 2

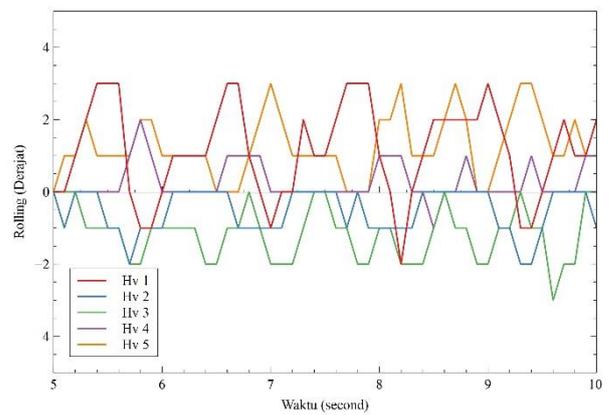
Berdasarkan tabel 1, gambar 18 dan gambar 19, nilai sudut *pitching* tertinggi adalah 17° pada variasi 1 gelombang 2 *heaving plate* 1, sedangkan nilai sudut *pitching* terkecil adalah 1° pada variasi 4 gelombang 1 *heaving plate* 1.

b. *Rolling*

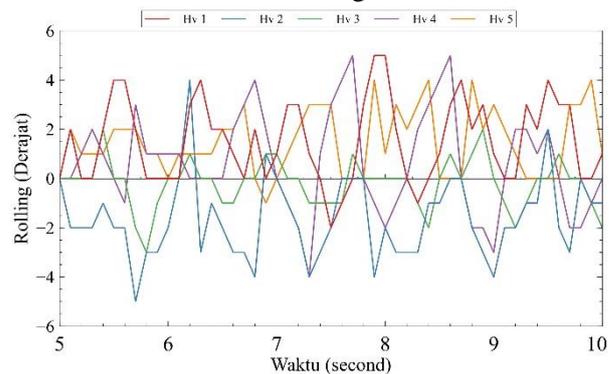
Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 2, gambar 20 dan gambar 21. (*spar* 1 = 167 mm, *spar* 2 = 134 mm). (*sarat* 0 = muatan kosong, *sarat* 0,25 = muatan yang setinggi 0,25 H ponton). (*gel* 1 = gelombang 15 V dengan tinggi 0,75 cm, *gel* 2 = gelombang 20 V dengan tinggi 1,25 cm). (Variasi 1 = *spar* 1 *sarat* 0, Variasi 2 = *spar* 1 *sarat* 0,25, Variasi 3 = *spar* 2 *sarat* 0, Variasi 4 = *spar* 2 *sarat* 0,25). HP 1 = jarak 10 mm dari luaran lingkaran *heaving plate*, HP 2 = jarak 20 mm dari luaran lingkaran *heaving plate*, HP 3 = jarak 30 mm dari luaran lingkaran *heaving plate*, HP 4 = jarak 40 mm dari luaran lingkaran *heaving plate*, HP 5 = jarak 50 mm dari luaran lingkaran *heaving plate*.

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran *Rolling*

Variasi dan Gelombang	<i>Rolling</i> (°)				
	HP 1	HP 2	HP 3	HP 4	HP 5
Variasi 1 Gel 1	0	0	0	0	0
Variasi 1 Gel 2	5	3	0	2	5
Variasi 2 Gel 1	3	0	0	2	3
Variasi 2 Gel 2	5	4	2	5	4
Variasi 3 Gel 1	0	0	0	0	0
Variasi 3 Gel 2	3	2	1	4	8
Variasi 4 Gel 1	1	0	0	2	2
Variasi 4 Gel 2	3	0	7	4	1



Gambar 20. Grafik *Rolling* Variasi 2 Gelombang 1



Gambar 21. Grafik *rolling* Variasi 2 Gelombang 2

Berdasarkan tabel 2, gambar 20 dan gambar 21, nilai *rolling* cenderung tidak mengalami perubahan yang besar, hal ini dikarenakan gelombang yang mengenai ponton berupa gelombang regular dengan ketinggian yang sama, yang menyebabkan ponton cenderung stabil.

c. *Heaving* dan *Beban Heaving*

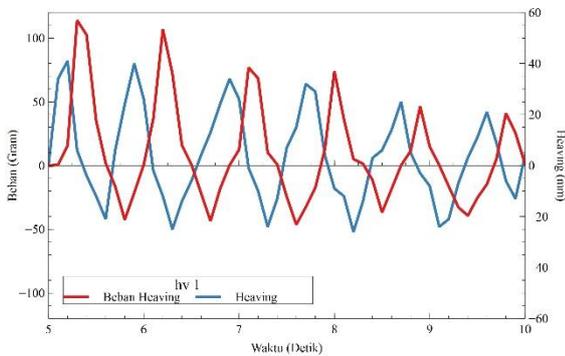
Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 3, tabel 4, gambar 22 dan gambar 23. (*spar* 1 = 167 mm, *spar* 2 = 134 mm). (*sarat* 0 = muatan kosong, *sarat* 0,25 = muatan yang setinggi 0,25 H ponton). (*gel* 1 = gelombang 15 V dengan tinggi 0,75 cm, *gel* 2 = gelombang 20 V dengan tinggi 1,25 cm). (Variasi 1 = *spar* 1 *sarat* 0, Variasi 2 = *spar* 1 *sarat* 0,25, Variasi 3 = *spar* 2 *sarat* 0, Variasi 4 = *spar* 2 *sarat* 0,25). HP 1 = jarak 10 mm dari luaran lingkaran *heaving plate*, HP 2 = jarak 20 mm dari luaran lingkaran *heaving plate*, HP 3 = jarak 30 mm dari luaran lingkaran *heaving plate*, HP 4 = jarak 40 mm dari luaran lingkaran *heaving plate*, HP 5 = jarak 50 mm dari luaran lingkaran *heaving plate*.

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran *Heaving*

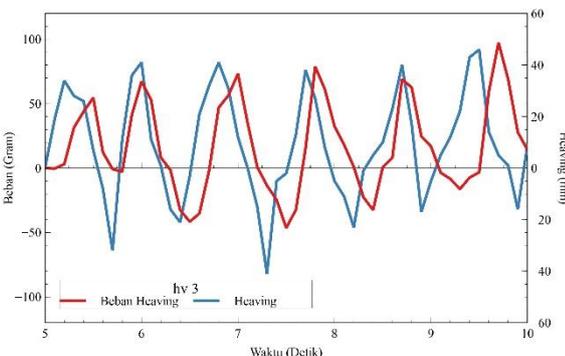
Variasi dan Gelombang	Heaving (mm)				
	HP 1	HP 2	HP 3	HP 4	HP 5
Variasi 1 Gel 1	24	19	31	34	22
Variasi 1 Gel 2	32	37	24	23	10
Variasi 2 Gel 1	30	35	26	29	25
Variasi 2 Gel 2	16	29	31	24	27
Variasi 3 Gel 1	17	19	25	26	15
Variasi 3 Gel 2	32	35	31	32	37
Variasi 4 Gel 1	29	15	18	19	19
Variasi 4 Gel 2	41	45	46	41	57

Tabel 4. Data Hasil Pengukuran Beban *Heaving*

Variasi dan Gelombang	Beban <i>Heaving</i> (gram)				
	HP 1	HP 2	HP 3	HP 4	HP 5
Variasi 1 Gel 1	86	62	64	74	62
Variasi 1 Gel 2	96.5	112.9	107.7	68.99	33.9
Variasi 2 Gel 1	74.3	66.34	68.43	79.3	62
Variasi 2 Gel 2	74.23	64.21	84.4	70.51	77.69
Variasi 3 Gel 1	64.5	54.28	77.17	55.89	35.54
Variasi 3 Gel 2	87.4	103.1	79.78	92.34	99.27
Variasi 4 Gel 1	62.57	51.57	53.45	43.31	82.43
Variasi 4 Gel 2	113.9 5	92.45	97.45	57.35	98.21



Gambar 22. Grafik *Heaving* dan Beban *Heaving* Variasi 4 Gelombang 2 *Heaving Plate* 1



Gambar 23. Grafik *Heaving* dan Beban *Heaving* Variasi 4 Gelombang 2 *Heaving Plate* 3

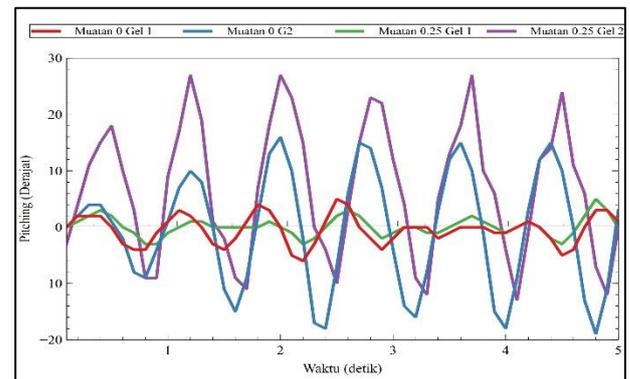
Berdasarkan tabel 3, tabel 4, gambar 22 dan gambar 23, nilai *heaving* dengan beban *heaving* terbesar adalah sebesar 41 mm dan 193.4 gram pada variasi 2 gelombang 1 *heaving plate* 5 sedangkan nilai *heaving* dengan beban *heaving* terkecil adalah sebesar 6 mm dan 31.46 gram pada variasi 3 gelombang 1 *heaving plate* 1.

3.3.3. Pengukuran Olah Gerak Ponton tanpa *Heaving Plate*

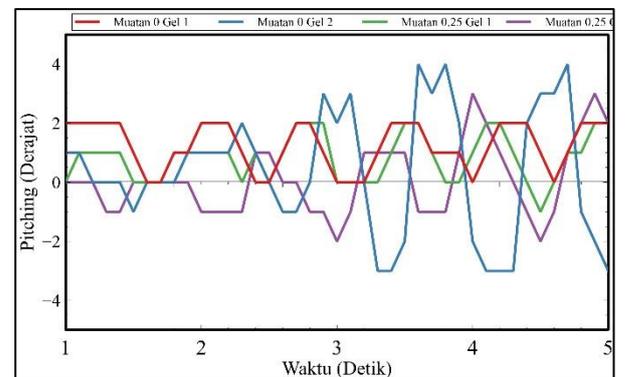
Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 5, gambar 24, gambar 25 dan gambar 26. (sarat 0 = muatan kosong, sarat 0,25 = muatan yang setinggi 0,25 H ponton). (gel 1 = gelombang 15 V dengan tinggi 0,75 cm, gel 2 = gelombang 20 V dengan tinggi 1,25 cm).

Tabel 5. Data Pengukuran tanpa *Heaving Plate*

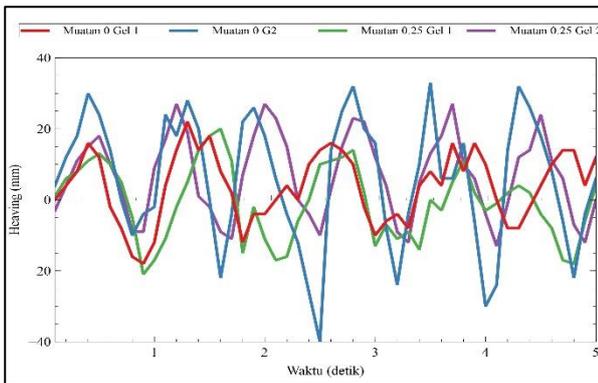
variasi	pitch (°)	roll (°)	Heave (mm)
Sarat 0 gel 1	5	2	10
Sarat 0 gel 2	16	4	19
Sarat 0,25 gel 1	5	2	20
Sarat 0,25 gel 2	20	3	27



Gambar 24. Grafik *Pitching* Ponton tanpa *Heaving Plate*



Gambar 25. Grafik *Rolling* Ponton tanpa *Heaving Plate*



Gambar 26. Grafik Heaving Ponton tanpa Heaving Plate

Berdasarkan data grafik dan tabel *pitching*, *rolling*, dan *heaving* antara ponton tanpa *heaving plate* dengan ponton *heaving plate* dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan *heaving plate* dapat mengurangi gerakan *pitching* mencapai 20%, sedangkan *rolling* mencapai 50% dan *heaving* mencapai 52,3 %.

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:

Penambahan *heaving plate* dapat mengurangi respon *pitching* mencapai 20 %, *rolling* 50 % dan menambah respon *heaving* 52,7 %.

Variasi tinggi muatan 0,25H cenderung mengakibatkan nilai olah gerak ponton yang lebih stabil dari pada muatan 0, dan Tinggi gelombang 2 mengakibatkan semakin besarnya nilai olah gerak ponton terutama pada gerakan *heaving* dan *pitching*.

Berdasarkan variasi ukuran *heaving plate* diperoleh nilai olah gerak *pitching* terbesar terjadi pada ponton *heaving plate* 4 dengan gelombang 2 variasi 1 dengan nilai 17°, untuk nilai *rolling* terbesar terjadi pada ponton *heaving plate* 5 variasi 3 gelombang 2 dengan nilai 8 °, sedangkan untuk nilai *heaving* terbesar terjadi pada ponton *heaving plate* 5 variasi 4 gelombang 2 dengan nilai 57 mm.

Beban *heaving* terbesar terjadi pada variasi 4 gelombang 2 *heaving plate* 1 sebesar 113,5 gram dengan nilai *heaving* 18 mm, interaksi dengan nilai terbesar antara gerakan *heaving* dan beban *heaving* ini dapat diaplikasikan pada ponton pembangkit listrik guna menggerakkan linier generator sehingga dapat menghasilkan listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. S. Hadi, M. Iqbal, and A. W. B. Santosa, "Experimental Measurement Of Floating Structure Motion Response Based On The Low-Cost Microcontroller In Towing Tank," *I. J. M. E. T.*, vol. 9, no. 10, pp. 614–624, 2018.
- [2] S. Sudhakar and S. Nallayarasu, "Hydrodynamic Responses of Spar Hull with Single and Double Heave Plates in Random Waves," *Int. J. Ocean Syst. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–18, 2014.
- [3] S. Sudhakar and S. Nallayarasu, "Influence of Heave Plate on Hydrodynamic Response of Spar," In Proc. International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, pp. 1–11, 2014.
- [4] H. Zhu, J. Ou, and G. Zhai, "Conceptual design of a deep draft semi-submersible platform with a moveable heave-plate," *J. Ocean Univ. China*, vol. 11, no. 1, pp. 7–12, 2012.
- [5] 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.
- [6] InvenSense Inc, MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification, vol. 1, no. 408. 2013.
- [7] Cytron Technologies, *User's Manual-HCSR04 Ultrasonic Sensor*. May. 2013.
- [8] Scale Manufacturers Association, *Load Cell Application and Test Guideline*, no. 866. 2010.
- [9] AVIA Semiconductor, *24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales*, vol. 9530, no. 592. 2018 .
- [10] B. W. Evans, *Arduino Programming Notebook*. San Fransisco, 2008.
- [11] Y. Yuliza, "Komunikasi Antar Robot Menggunakan RF Xbee dan Arduino Microcontroller," *J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 4, no. 1, p. 53, 2017.