



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Pengukuran Olah Gerak Ponton Dengan Penambahan Heaving Plate Berbentuk Hexagon Pada Gelombang Reguler Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Wireless

Ahmad Azhar Ginting¹⁾, Eko Sasmito Hadi¹⁾, Kiryanto¹⁾

¹⁾Laboratorium Hidrodinamika

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

e-mail : azhar.ginting.ag@gmail.com , ekosasmitohadi@gmail.com, kiryantodst@yahoo.com

Abstrak

Bangunan apung merupakan segala jenis konstruksi yang dapat mengapung dengan menanggung beban diri maupun beban tambahan serta memiliki kegunaan. Ada banyak jenis bangunan apung salah satunya ponton atau tongkang. Ponton memiliki peran penting dalam bidang kemaritiman yang biasanya digunakan sebagai pengangkutan barang, untuk jembatan, apungan keramba atau keperluan kebersihan serta untuk kepentingan wisata. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman mengenai olah gerak bangunan apung tersebut untuk menghasilkan bangunan apung yang aman, efektif, dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai olah gerak dari variasi luasan Heaving Plate, spar, muatan dan gelombang serta untuk mengetahui nilai gaya keatas yang ditimbulkan oleh Heaving Plate. Penelitian ini dilakukan di towing tank di laboratorium hidrodinamika teknik perkapalan Universitas Diponegoro menggunakan alat berupa Arduino untuk mikrokontroler, sensor HS-SR04 untuk mengukur tinggi gelombang dan heaving, sensor MPU untuk mengetahui Pitching dan Rolling, load cell dan HX711 untuk mengetahui beban yang dihasilkan oleh Heaving plate dan juga menggunakan XBee S2C sebagai komunikasi dari Arduino ke PC (wireless). Berdasarkan penelitian ini menunjukkan bahwa kapal dengan penambahan Heaving Plate dan variasi lainnya di peroleh nilai diantaranya Pitching dengan nilai tertinggi 18°, Rolling dengan nilai tertinggi 7°, dan Heaving dengan nilai tertinggi 25 mm, serta beban terbesar senilai 78,9 gram.

Kata Kunci : Olah gerak, Ponton, Heaving Plate, Hexagon, Mikrokontroler, Wireless.

1. PENDAHULUAN

Bangunan apung merupakan segala jenis konstruksi yang dapat mengapung dengan menanggung beban diri maupun beban tambahan serta memiliki kegunaan. Ada banyak jenis bangunan apung salah satunya ponton atau tongkang. Ponton memiliki peran penting dalam bidang kemaritiman yang biasanya digunakan sebagai pengangkutan barang, untuk jembatan, apungan keramba atau keperluan kebersihan serta untuk kepentingan wisata. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk menghasilkan bangunan apung yang aman, efektif, dan efisien. Salah satunya adalah penelitian mengenai olah gerak ponton.

Bangunan apung sendiri mempunyai enam gerakan yang disebut *Six Degree of Freedom*

(DOF), yang terdiri dari gerakan rotasi dan translasi. Di antara dari enam gerakan tersebut, ada istilah *seakeeping* yang terdiri dari dua gerakan rotasi (*Rolling* dan *Pitching*) dan satu gerakan translasi (*Heaving*)[1].

Berdasarkan hasil penelitian olah gerak (*seakeeping*) pada ponton dengan dan tanpa *Heaving Plate* yang menunjukkan bahwa penambahan *Heaving Plate* dapat mengurangi respon gerak *Heaving* oleh gelombang laut sebesar 17% hingga 22%[2]. Selain itu pada Spar yang dipasangi *Heaving Plate* menunjukkan pengurangan respon *Heaving* secara signifikan pada rasio diameter 1,2-1,3 [3]. Hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa pengukuran nilai RAO *pitch*, *surge* dan *heave* sebanding dengan hasil numerik. Kenaikan rasio diameter mengurangi RAO *Heaving* 19% untuk rasio diameter 1.3 dan

24% untuk rasio diameter 1.5.[4]

Pembahasan pada penelitian ini akan difokuskan pada hasil olah gerak ponton dengan *Heaving Plate* dari tiap variasi yang sudah ditentukan dengan menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan melakukan simulasi model di *Towing Tank*. Untuk model ponton yang digunakan berbentuk silinder, sedangkan untuk *Heaving Plate*-nya berbentuk *Hexagon*.

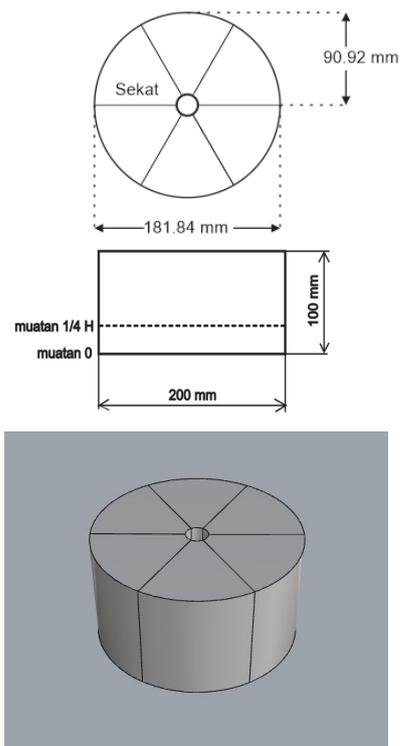
Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu, Mengetahui nilai olah gerak ponton dengan variasi luasan *Heaving Plate*, panjang spar dan muatan serta perbedaan nilai olah gerak yang dihasilkan pada jenis gelombang yang berbeda yang di hasilkan oleh *Wave Maker* pada *Towing Tank*. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan untuk mendapatkan nilai gaya keatas yang dihasilkan oleh *Heaving Plate* akibat aliran yang diberikan.

Pengambilan data olah gerak ponton pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler sebagai otak dari sistem dan mentransfer data tersebut secara *wireless* untuk mempermudah mahasiswa.

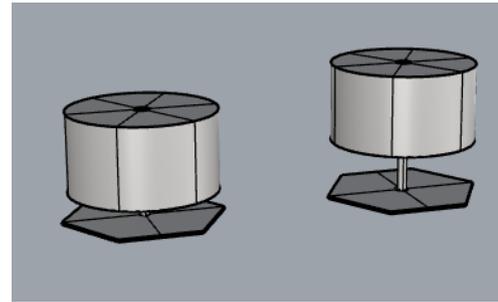
2. METODE

2.1. Objek Penelitian

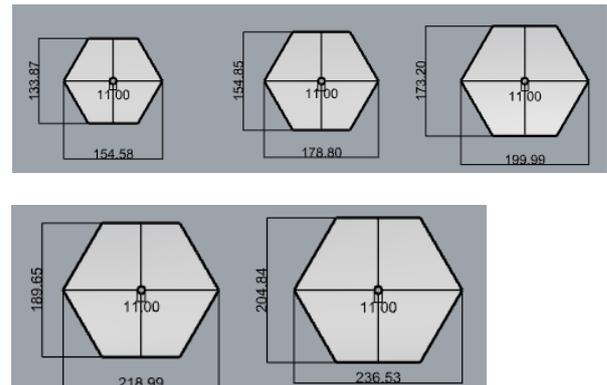
Objek yang diteliti adalah ponton yang terbuat dari akrilik, serta didalam ponton terdapat sekat untuk keperluan pengisian muatan dan analisa, dengan sesuai dimensi yang telah didesain, yang ditunjukkan pada gambar 1, sebagai berikut:



Gambar 1. Desain lambung ponton (millimeter)



Gambar 2. Desain 3D ponton dengan variasi Spar (millimeter)



Gambar 3. Variasi Desain *Heaving Plate* (milimeter)

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 muatan adalah:

1. Parameter tetap : Bentuk ponton silinder/tabung berbahan akrilik dan mempunyai 6 sekat.

2. Parameter berubah :

- a. Volume muatan 0H dan 1/4H ponton
- b. Gelombang 15 V dengan tinggi dan 20 V dengan tinggi
- c. Panjang spar 133 mm dan 167 mm
- d. Diameter terluar *Heaving Plate* :154,58 mm ,178,80 mm, 199,99 mm, 218,99 mm dan 236,53mm.

2.2. Perlakuan pada objek

Pada ponton diberikan penambahan beban berupa zat padat pada tiap ruang ponton dan pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode berbasis *wireless*, berikut rangkaiannya:

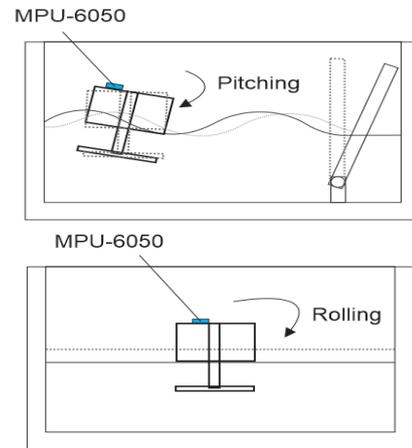
Rangkaian untuk membuat *wireless* dengan menggunakan XBee S2 adalah sebagai berikut:

- 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.

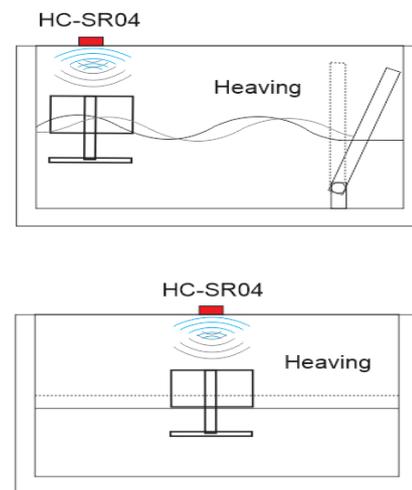
2.3. Proses Pengujian

Sebelum ponton diletakkan di dalam *towing tank* dilakukan pemasangan sensor MPU dan *Loadcell* pada tutup ponton dan sensor *Ultra Sonic* yang terpasang pada *Towing Tank*. Semua sensor dihubungkan langsung dengan mikrokontroler 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 menyebabkan terjadinya perubahan kondisi pada tiap sensor yang terpasang. Data yang dihasilkan oleh sensor terekam pada PC dan akan diambil nilai rata-rata untuk tiap nilai olah gerak. Jumlah percobaan yang dilakukan pada ponton sebanyak dua kali pada tiap variasi yang telah di tentukan supaya data yang diperoleh dapat di validasi. Durasi Pengujian dilakukan selama 15 detik pada tiap percobaannya untuk menghindari gelombang pantul yang dihasilkan pada ujung *towing tank*

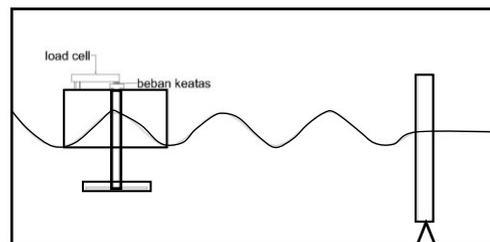
Berikut skema pengukuran nilai olah gerak, skema pengukuran gelombang, proses pengukuran menggunakan *wireless* yang ditunjukkan pada gambar 5, gambar 6 dan gambar 7:



Gambar 5. Skema pengukuran gerakan rotasi [11].



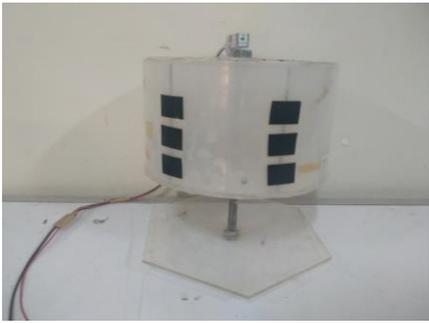
Gambar 6. Skema pengukuran gerakan translasi [11].



Gambar 7. Skema pengukuran gaya keatas



Gambar 8. Pemasangan alat ukur ke ponton.

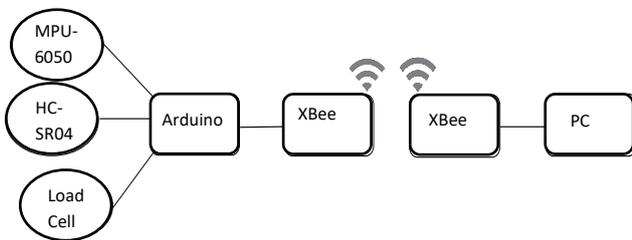


Gambar 9. Pontong dengan *Heaving Plate*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perakitan Alat Ukur

Rangkaian *wireless* dapat dilihat pada gambar 9, berikut skema rangkaiannya.



Gambar 10. 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. Load Cell dan HX711, alat yang digunakan untuk mengukur beban *Heaving* yang ditimbulkan oleh *Heaving Plate*.
4. Arduino berfungsi sebagai mikrokontroler.
5. XBee transmitter berfungsi untuk alat komunikasi untuk mengirimkan data dari arduino ke XBee *reciver* yang kemudian diolah di PC.
6. XBee *reciver* berfungsi untuk menerima hasil yang diolah Arduino yang dikirim lewat XBee *transmitter*.
7. PC (personal computer) sebagai display hasil dari pengukuran.

3.2. Pengujian dan Validasi Alat Ukur

Hasil pengukuran validasi dengan mengambil sample *Rolling* kedua MPU-6050 pada tampilan display PC menunjukkan 25° dan pada busur derajat juga menunjukkan kurang lebih 25° , ini menunjukkan tingkat akurasi hampir 100%.

Kemudian mengukur jarak dari sensor *ultrasonic* HC-SR04 terhadap objek, dengan mengambil satu sensor *ultrasonic* dari tiga sensor yang ada, karena kodingan yang dipakai pada tiap sensor adalah sama. Hasil yang di tampilkan pada *display* PC menunjukkan bahwa jarak sensor *ultrasonic* dengan objek sejauh 6cm, jaraknya sama dengan hasil yang tertera pada mistar yaitu 6cm.

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.

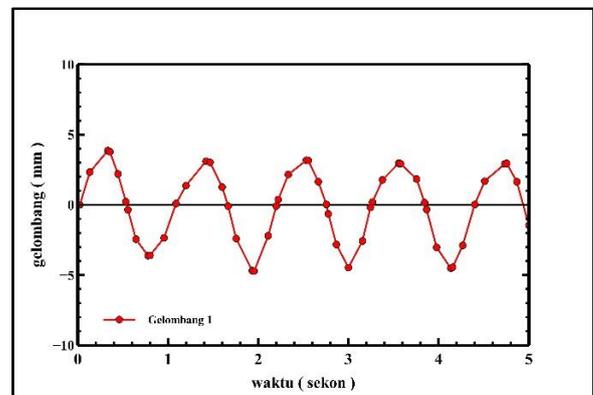
3.3. Data Hasil dan Pembahasan

3.3.1 Hasil Pengukuran Tinggi Gelombang

Dari pengukuran didapat data sebagai berikut:

a. Gelombang 1 Menggunakan arus 15 V

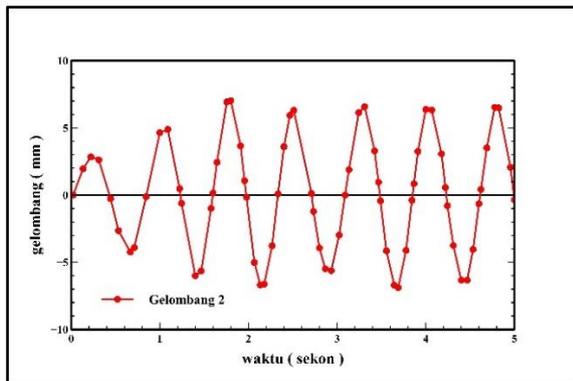
Pada sensor 1 yang berada di samping selatan *towing tank* didapatkan rata-rata tinggi gelombang sebesar 0.55cm, dan pada sensor 3 yang berada di samping utara *towing tank* didapatkan rata-rata tinggi gelombang sebesar 0.65cm.



Gambar 11. Gelombang 1

b. Gelombang 2 Menggunakan arus 20 V

Pada sensor 1 didapatkan rata-rata tinggi gelombang sebesar 1.25cm, dan pada sensor 3 yang berada di samping utara *towing tank* didapatkan rata-rata tinggi gelombang sebesar 1.25cm.



Gambar 12. Gelombang 2

Dari hasil rata-rata amplitudo menunjukkan bahwa persebaran gelombang yang direkam oleh sensor 1 dan sensor 3 tidaklah merata, hal ini terjadi karena adanya beberapa faktor, yang pertama karena ketinggian air yang hanya 18,5cm, yang kedua karena dari pembangkit ombak terjadi eror pada sebagian engselnya, sehingga gelombang pada bagian utara dan selatan berbeda.

3.3.2 Pengukuran Olah Gerak Ponton dengan Heaving Plate

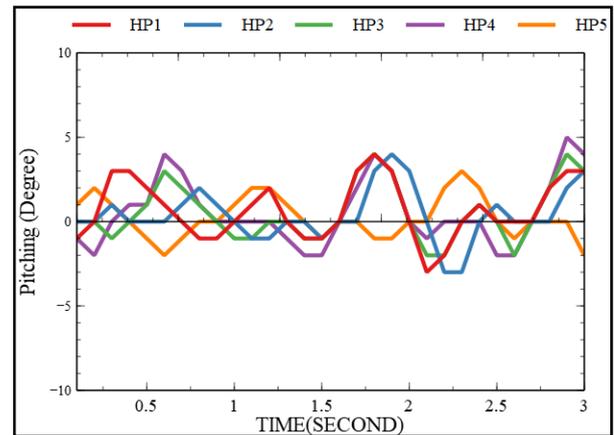
data yang di peroleh dari pengukuran olah gerak menggunakan 1 sensor MPU yang terletak ditengah ponton dan menggunakan HC-SR04 yang terletak seperti pada gambar 04.

a. Perubahan Pitching pada ponton

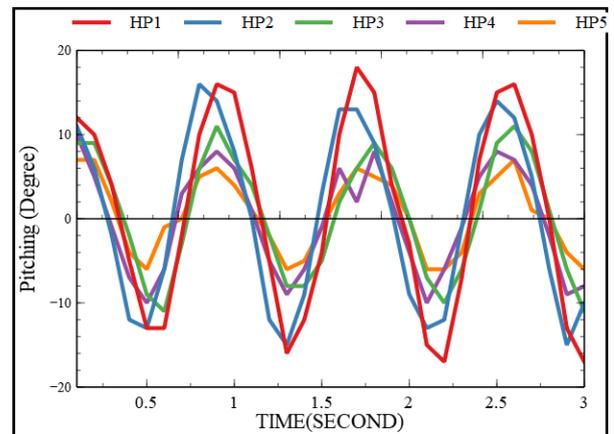
Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada table 1, gambar 9 dan 10, Untuk keterangan dari gambar yaitu: Variasi 1, Muatan 0H dengan spar 133mm. Variasi 2, Muatan 0,25H dengan spar 133mm. Variasi 3, Muatan 0H dengan spar 167 mm. Variasi 4, Muatan 0,25H dengan spar 167mm. Dan Heaving Plate dengan diameter sebagai berikut, HP 1 =154,58 mm , HP 2 =178,80 mm, HP 3 = 199,99 mm, HP 4 =218,99 mm dan HP 5=236,53 mm.

Tabel 1. Data hasil pengukuran Pitching

Variasi dan Gelombang	Pitching (°)				
	HP 1	HP 2	HP 3	HP 4	HP 5
Variasi 1 Gel 1	4	4	4	5	3
Variasi 1 Gel 2	14	14	7	7	12
Variasi 2 Gel 1	4	4	4	5	3
Variasi 2 Gel 2	18	16	11	10	7
Variasi 3 Gel 1	5	7	6	4	4
Variasi 3 Gel 2	11	13	6	7	6
Variasi 4 Gel 1	5	4	4	3	4
Variasi 4 Gel 2	17	12	12	11	10



Gambar 13. Pitching (Variasi 2, Gel.1)



Gambar 14. Pitching (Variasi 2, Gel.2)

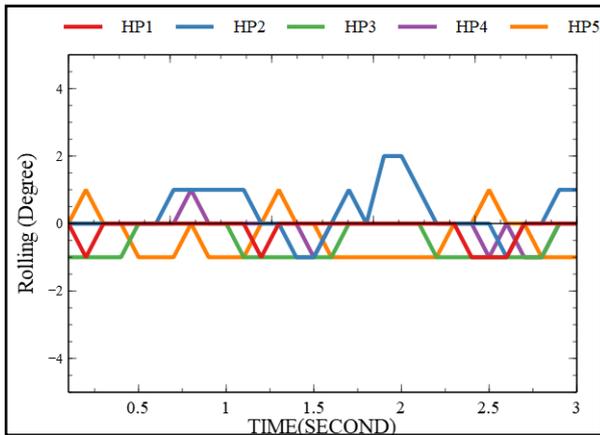
Berdasarkan pengamatan Nilai Pitching yang relatif tinggi dihasilkan oleh gelombang 20V dari pada gelombang 15 V. dan ponton dengan sarat 0 atau tanpa muatan, grafik Pitching-nya juga terlihat lebih besar dari ponton yang memiliki sarat 0,25 H. Nilai Pitching yang tinggi juga dihasilkan oleh spar yang berukuran lebih pendek. Dari Tabel terlihat perbedaan olah gerak dari ponton tabung antara Heaving Plate 1 sampai Heaving Plate 5, disebabkan oleh luas tiap Heaving Plate yang berbeda sehingga pada saat terkena gelombang pergerakannya juga berbeda.

b. Perubahan Rolling pada ponton

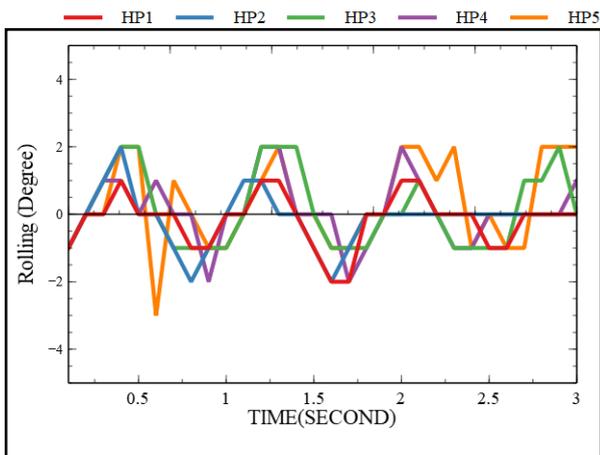
Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 2, gambar 11 dan 12, Untuk keterangan dari gambar yaitu: Variasi 1, Muatan 0H dengan spar 133mm. Variasi 2, Muatan 0,25H dengan spar 133mm. Variasi 3, Muatan 0H dengan spar 167 mm. Variasi 4, Muatan 0,25H dengan spar 167mm. Dan Heaving Plate dengan diameter sebagai berikut, HP 1 =154,58 mm , HP 2 =178,80 mm, HP 3 = 199,99 mm, HP 4 =218,99 mm dan HP 5=236,53 mm.

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran *Rolling*

Variasi dan Gelombang	Rolling (°)				
	HP 1	HP 2	HP 3	HP 4	HP 5
Variasi 1 Gel 1	2	1	2	1	1
Variasi 1 Gel 2	6	7	5	4	3
Variasi 2 Gel 1	1	2	1	1	1
Variasi 2 Gel 2	2	2	2	2	3
Variasi 3 Gel 1	1	1	1	2	1
Variasi 3 Gel 2	2	4	1	2	2
Variasi 4 Gel 1	2	2	2	2	1
Variasi 4 Gel 2	2	2	1	3	2



Gambar 15. *Rolling* (Variasi 2, Gel.1)



Gambar 16. *Rolling* (Variasi 2, Gel.2)

Berdasarkan pengamatan Nilai *Rolling* yang relatif tinggi dihasilkan oleh gelombang 20V dari pada gelombang 15 V. dan ponton dengan sarat 0 atau tanpa muatan, grafik *Rolling*-nya juga terlihat lebih besar dari ponton yang memiliki sarat 0,25 H. Nilai *Rolling* yang tinggi juga dihasilkan oleh spar yang berukuran lebih pendek. Dari Tabel terlihat beberapa perbedaan olah gerak dari ponton tabung antara *Heaving Plate* 1 sampai *Heaving Plate* 5, disebabkan oleh luas tiap *Heaving Plate* yang berbeda sehingga pada saat terkena gelombang pergerakannya juga berbeda.

c. Perubahan *Heaving* dan Beban *Heaving* Oleh *Heaving Plate* Pada Ponton

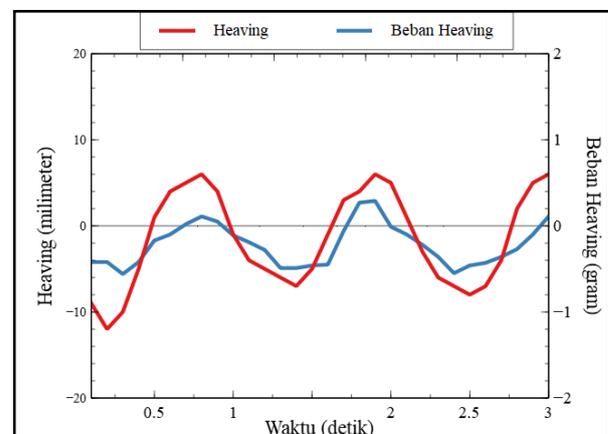
Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada table 3 dan 4 serta gambar 13 dan 14, Untuk keterangan dari gambar yaitu: Variasi 1, Muatan 0 H dengan spar 133mm. Variasi 2, Muatan 0,25H dengan spar 133mm. Variasi 3, Muatan 0H dengan spar 167 mm. Variasi 4, Muatan 0,25H dengan spar 167mm. Dan *Heaving Plate* dengan diameter sebagai berikut, HP 1 =154,58 mm , HP 2 = 178,80 mm, HP 3 = 199,99 mm, HP 4 =218,99 mm dan HP 5=236,53 mm.

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran *Heaving*

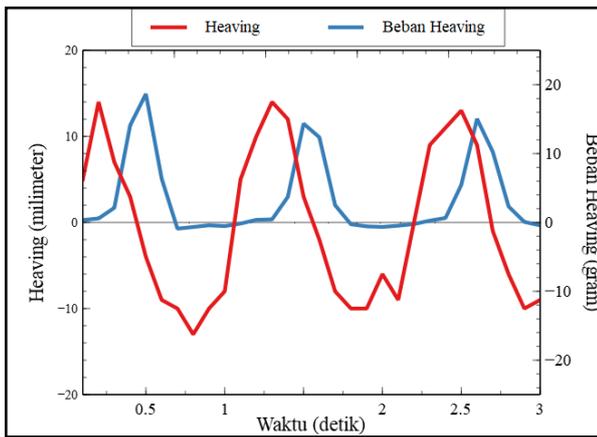
Variasi dan Gelombang	<i>Heaving</i> (mm)				
	HP 1	HP 2	HP 3	HP 4	HP 5
Variasi 1 Gel 1	19	21	19	16	16
Variasi 1 Gel 2	22	21	23	24	20
Variasi 2 Gel 1	12	10	14	13	14
Variasi 2 Gel 2	24	18	18	13	13
Variasi 3 Gel 1	20	19	15	19	18
Variasi 3 Gel 2	15	20	19	12	12
Variasi 4 Gel 1	11	18	16	18	15
Variasi 4 Gel 2	22	25	13	13	9

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	2,5	0,7	0,6	6,8	4,3
Variasi 1 Gel 2	10,7	21,5	4,7	78,9	62,7
Variasi 2 Gel 1	0,2	0,2	0,2	0,3	18,6
Variasi 2 Gel 2	12,4	25,6	77,1	49,2	48,5
Variasi 3 Gel 1	0,5	0,6	0,6	5,2	15,0
Variasi 3 Gel 2	4,6	3,9	21,9	17,7	32,8
Variasi 4 Gel 1	0,6	0,6	0,6	4,1	21,7
Variasi 4 Gel 2	1,4	13,5	1,9	28,7	21,4



Gambar 17. *Heaving* dan Beban *Heaving* pada *Heaving Plate* 1(Variasi 2, Gel.1)



Gambar 18. Heaving dan Beban Heaving pada Heaving Plate 5(Variasi 2. Gel.1)

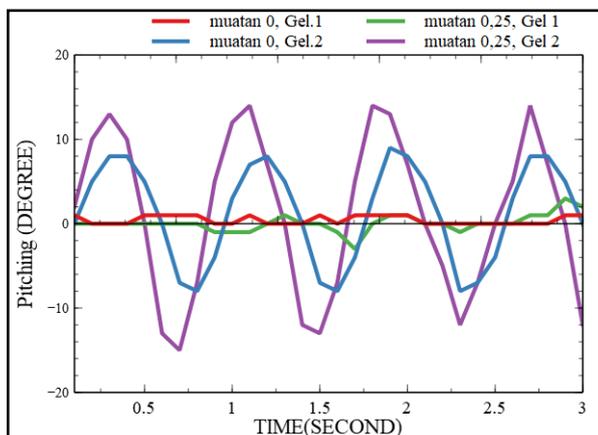
Berdasarkan pengamatan Nilai *Heaving* yang relatif tinggi dihasilkan oleh gelombang 20V dari pada gelombang 15 V. dan ponton dengan sarat 0 atau tanpa muatan, grafik *Rolling*-nya juga terlihat lebih besar dari ponton yang memiliki sarat 0,25 H. Nilai *Rolling* yang tinggi juga dihasilkan oleh spar yang berukuran lebih pendek. Sedangkan beban *Heaving* yang besar dihasilkan oleh ponton dengan variasi spar berukuran pendek.

3.3.3 Pengukuran Olah Gerak Ponton tanpa Heaving Plate.

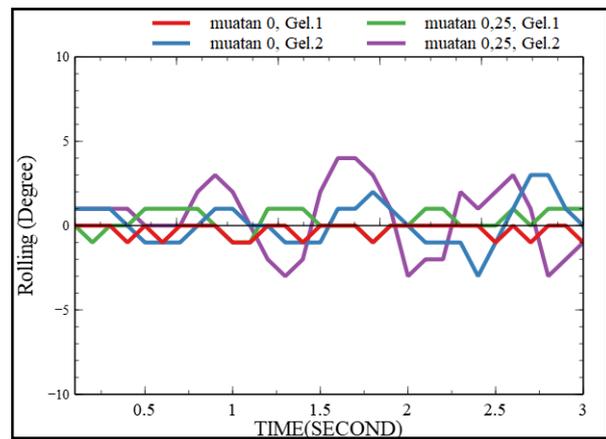
Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 5, gambar 19, gambar 20 dan gambar 21. (sarat 0 = muatan kosong, sarat 0,25 = muatan yang setinggi 0,25 H ponton). (gel 1 = gelombang 15 V dengan tinggi 0,75 cm, gel 2 = gelombang 20 V dengan tinggi 1,25 cm).

Tabel 5. Data Pengukuran tanpa Heaving Plate

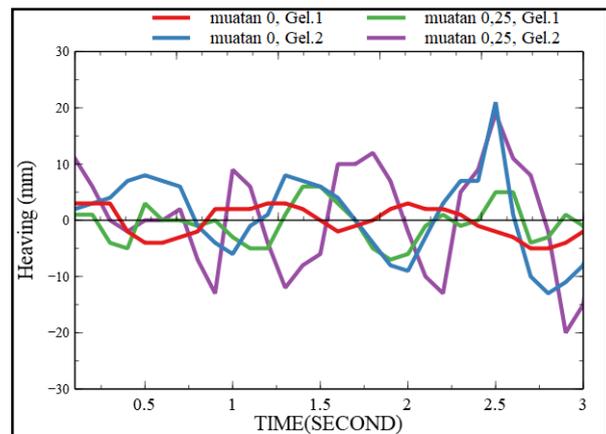
variasi	pitch (°)	roll (°)	Heave (mm)
Sarat 0 gel 1	1	1	12
Sarat 0 gel 2	11	5	17
Sarat 0,25 gel 1	3	2	12
Sarat 0,25 gel 2	15	4	20



Gambar 19. Pitching Ponton tanpa Heaving Plate



Gambar 20. Rolling Ponton tanpa Heaving Plate



Gambar 21. Heaving Ponton tanpa Heaving Plate

3.3.4 Perbandingan Olah Gerak Ponton

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* sebesar 9% sampai 34 %, sedangkan *Rolling* 20% sampai 50% dan *Heaving* 12% sampai 33%.

4. KESIMPULAN

Dari hasil Analisa yang telah dilakukan pada alat ukur olah gerak dan pengukuran olah gerak setiap variasi *Heaving Plate* dengan pengaruh tinggi muatan, panjang spar, variasi gelombang maka disimpulkan bahwa:

menyebabkan berkurangnya nilai *Pitching* mencapai 34 %, *Rolling* 50 % dan *Heaving* 33 %.

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

Variasi panjang spar mempengaruhi olah gerak rotasi ponton, dikarenakan terjadinya

perubahan pusat rotasi dan gravitasi pada ponton. Nilai *Pitching* yang dihasilkan spar pendek relatif lebih besar dengan nilai maksimum 18° sedangkan spar panjang 17° . Nilai maksimum *Rolling* yang dihasilkan spar pendek adalah 6° sedangkan spar panjang 4° . Sementara itu, spar pendek memberikan nilai beban *Heaving* yang lebih besar dibandingkan dengan spar yang lebih panjang dengan nilai 77,1 gram untuk spar pendek dan 32,8 gram untuk spar panjang.

Berdasarkan variasi ukuran *Heaving Plate* diperoleh nilai olah gerak *Pitching* terbesar terjadi pada ponton *Heaving Plate 1* dengan gelombang 2 variasi 2 dengan nilai 18° , untuk nilai *Rolling* terbesar terjadi pada ponton *Heaving Plate 2* variasi 1 gelombang 2 dengan nilai 7° , sedangkan untuk nilai *Heaving* terbesar terjadi pada *Heaving Plate 2* variasi 4 gelombang 2 dengan nilai 25 mm, dan nilai beban *Heaving* terbesar terjadi pada ponton dengan *Heaving Plate 3* variasi 2 gelombang 2 dengan nilai 77,1 gram.

Semakin besar nilai beban *Heaving* maka interaksi antara ponton dengan *Heaving Plate* semakin besar pula. Hal ini yang dapat diaplikasikan pada ponton pembangkit listrik guna menggerakkan *Linear Generator*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Manik, “ANALISA GERAKAN SEAKEEPING KAPAL PADA GELOMBANG REGULER,” *KAPAL : Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, vol. 4, no.1, pp. 1-10, Mar.2012.
- [2] J. Li, S. Liu, M. Zhao, and B. Teng, “Experimental investigation of the hydrodynamic characteristics of heave plates using forced oscillation,” *Ocean Eng.*, vol. 66, pp. 82–91, 2013.
- [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] S. Sudhakar and S. Nallayarasu, “Influence of Heave Plate on Hydrodynamic Response of Spar,” In Proc. International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, 2014, pp. 1–11.
- [5] InvenSense Inc, MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification, vol. 1, no. 408. 2013..
- [6] Cytron Technologies, User’s Manual–HCSR04 Ultrasonic Sensor. May. 2013.
- [7] Scale Manufacturers Association, Load Cell Application and Test Guideline, no. 866. 2010.
- [8] AVIA Semiconductor, 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales. vol. 9530, no. 592. 2018.
- [9] B. W. Evans, *Arduino Programming Notebook*. San Fransisco, 2008.
- [10] Y. Yuliza, “Komunikasi Antar Robot Menggunakan RF Xbee dan Arduino Microcontroller,” *J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 4, no. 1, p. 53, 2017.
- [11] 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,” vol. 9, no. 10, pp. 614–624, 2018.