



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 Berbentuk Segi Enam Berlubang Pada Gelombang Reguler Menggunakan Mikrokontroler Berbasis *Wireless*

Vita Agnindiyasari¹⁾, Eko Sasmito¹⁾, Deddy Chrismianto¹⁾

¹⁾Laboratorium Hidrodinamika

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

^{*}e-mail : vitaagnindiya@gmail.com, ekosasmitohadi@gmail.com, deddychrismianto@yahoo.com

Abstrak

Meningkatnya populasi manusia di Indonesia menyebabkan kebutuhan dasar masyarakat akan energi listrik semakin bertambah. Ponton menjadi salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan memanfaatkan energi gelombang laut. Gerakan ponton berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan kriteria yang terbaik dari ponton menggunakan teknologi baru yaitu heaving plate. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan nilai olah gerak ponton dengan variasi heaving plate, tinggi sarat dan gelombang. Metode yang digunakan adalah membuat rangkaian *wireless*, seperti 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. Pengujian dilakukan terhadap ponton tabung yang dilengkapi dengan heaving plate bervariasi jumlah lubang yaitu 3, 4 dan 5 dengan masing – masing memiliki diameter 20mm dan 30mm. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai heaving tertinggi berada pada 31mm, lebih besar dibandingkan dengan nilai heaving tertinggi pada ponton tabung tanpa heaving plate. Penambahan heaving plate ini memberikan efek lebih besar dibandingkan pengujian sebelumnya.

Kata Kunci : Towing Tank, Olah Gerak, Mikrokontroler, *Wireless*, Heaving Plate

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya populasi manusia di Indonesia menyebabkan kebutuhan dasar masyarakat akan energi listrik semakin bertambah. Beberapa upaya dan penelitian dari berbagai kalangan telah dilakukan untuk mengcover permasalahan tersebut. Salah satunya adalah mengembangkan potensi energi alternatif berupa tenaga gelombang-laut mengingat bahwa negara ini merupakan negara maritim dimana sebagian besar berupa wilayah perairan. PLTGL-SB adalah salah satu teknologi yang telah dikembangkan oleh Penelitian dan Pengembangan Pusat PLN. Perangkat teknologi ini menggunakan tiga ponton yang bergerak dan tersambung dengan deck yang berbentuk segitiga. Besarnya energi yang dihasilkan bergantung pada gerakan ponton tersebut. Mukhtasor bersama

rekannya melakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana performa prototype tersebut dengan menggunakan model berskala 1:10 dari ukuran sebenarnya. Hasil menunjukkan bahwa pergeseran besar dalam pitch dan roll terjadi pada gelombang 20cm dengan periode 5 detik. Pengujian dilakukan di *Towinck Tank* milik Laboratorim Hidrodinamika Indonesia (LHI), Surabaya.[1]

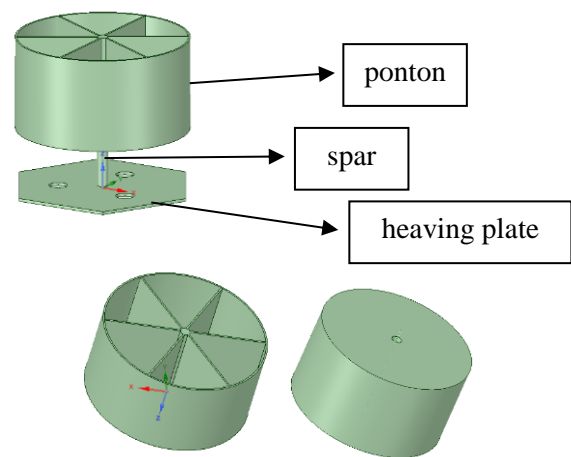
Universitas Diponegoro memiliki fasilitas pengujian benda apung berupa *Towing Tank* yang berada di Laboratorium Hidrodinamika Teknik Perkapalan, memiliki sistem mekanika pengujian olah gerak bangunan apung yang diproduksi oleh *wave makers* dengan memanfaatkan teknologi mikrokontroler berbasis *wireless*, yang awalnya masih menggunakan teknologi mikrokontroler berbasis *wired*. Keunggulan dari teknologi mikrokontroler berbasis *wireless* ini adalah

membutuhkan biaya yang lebih sedikit dan tetap akurat. Benda apung sendiri memiliki enam gerakan yang disebut *Six Degree of Freedom* (DOF), 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*). [2]

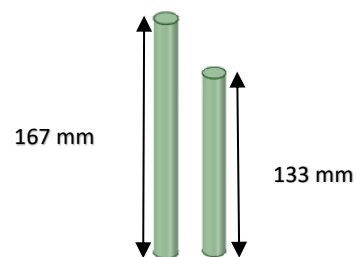
Bangunan apung pada masa sekarang ini sudah mengalami beberapa inovasi guna menghasilkan gerakan atau performa yang terbaik, seperti penambahan *heaving plate* pada platform ber *spar*. Kemudian sudah banyak penelitian – penelitian sebelumnya yang membahas tentang teknologi *heaving plate* ini, seperti Sudhakar yang melakukan penelitian tentang pengaruh *heaving plate* terhadap respon hidrodinamika spar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan rasio diameter mengurangi RAO heaving 19% untuk rasio diameter 1.3 dan 24% untuk rasio diameter 1.5. Diameter *heaving plate* yang disarankan adalah 20% - 30% lebih besar dari diameter Spar untuk mencapai respon *surge*, *heave* dan *pitch* yang optimal dalam penambahan massa dan peningkatan redaman sebagai efek yang positif.[3]

Li juga menerbitkan hasil penelitian komprehensif yang mempertimbangkan banyak variabel yang mempengaruhi *coefficient drag* dan *added mass*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *coefficient drag* untuk pelat dengan rasio lubang yang berbeda hampir identik satu sama lain di $KC^{1/4}1.0$. Ukuran lubang memiliki sedikit pengaruh pada hidrodinamika pelat berlubang.[4]

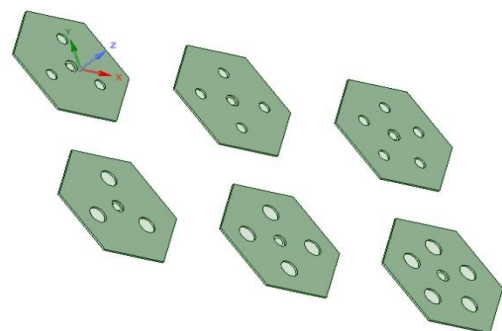
Dalam penelitian ini akan dibuat 6 model *heaving plate* dengan variasi tinggi spar, sarat dan gelombang. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai olah gerak ponton dengan penambahan *heaving plate*, serta mengetahui model *heaving plate* dengan kriteria olah gerak yang terbaik untuk PLTG.



Gambar 1. Desain ponton (millimeter)



Gambar 2. Desain Spar (millimeter)



Gambar 3. Desain Heaving Plate (milimeter)

2. METODE

2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian yang diteliti adalah ponton tabung yang terbuat dari akrilik dengan diameter 181,184 mm dan tinggi 100 mm, serta didalam ponton terdapat sekat untuk keperluan pengisian muatan dan analisa, dengan sesuai dimensi yang telah didesain, yang ditunjukkan pada gambar 1, sebagai berikut:

Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil penelitian *seakeeping* sebelumnya yang dilakukan di Towing Tank *Microcontroler* berbasis *wireless* di Laboratorium Hidrodinamika Teknik Perkapalan dengan bentuk ponton sama namun tanpa *heaving plate*. Parameter yang diberikan untuk menunjukkan nilai *seakeeping* atau olah gerak ponton bila diberi variasi adalah:

1. Parameter tetap : Bentuk ponton silinder/tabung berbahan akrilik dan mempunyai 6 sekat dengan heaving plate berbentuk segi enam.
2. Parameter berubah : variasi tinggi sarat, tinggi gelombang, tinggi spar, ukuran *heaving plate*

2.2. Perlakuan pada objek

Pengukuran ponton diberikan perlakuan penambahan heaving plate, spar, muatan dan gelombang pada ponton. MPU dan load cell diletakan diatas ponton untuk mengukur pitch , roll dan beban heaving, sedangkan untuk sensor ultrasonic diletakan diatas ponton secara terpisah dan tegak lurus. Berikut variasi berubah yang dilakukan pada ponton :

- 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 ;
 $H \text{ ponton} + 1/3 \times H \text{ ponton} = 13,3$ cm
- Variasi ukuran *heaving plate*, meliputi :
 1. Heaving Plate (HP) 1 = jumlah lubang 3, d lubang = 20 mm
 2. Heaving Plate (HP) 2 = jumlah lubang 3, d lubang = 30 mm
 3. Heaving Plate (HP) 3 = jumlah lubang 4, d lubang = 20 mm
 4. Heaving Plate (HP) 4 = jumlah lubang 4, d lubang = 30 mm
 5. Heaving Plate (HP) 5 = jumlah lubang 5, d lubang = 20 mm
 6. Heaving Plate (HP) 6 = jumlah lubang 5, d lubang = 30 mm

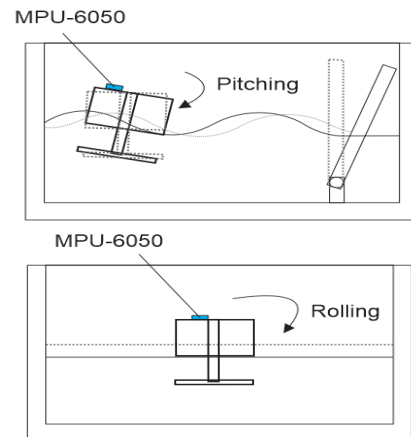
2.3. Lokasi Penelitian

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

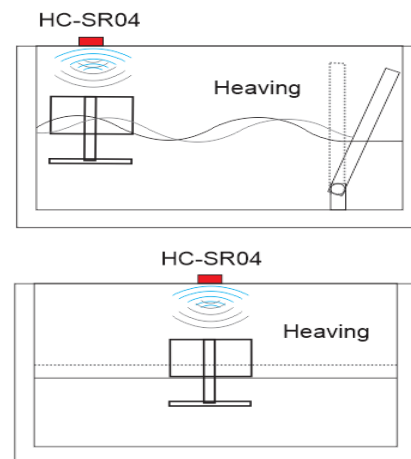
2.4. Proses Pengujian

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

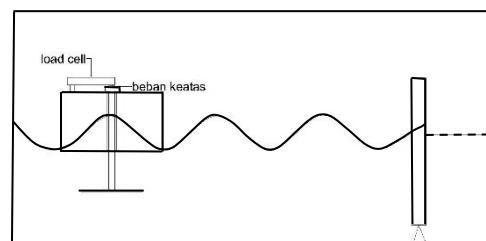
Berikut skema pengukuran nilai olah gerak, skema pengukuran gelombang, proses pengukuran menggunakan *wireless* yang ditunjukkan pada gambar 5-9:



Gambar 5. Skema pengukuran gerakan rotasi[5]



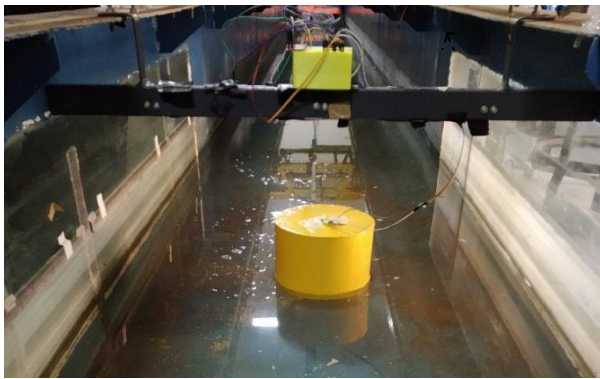
Gambar 6. Skema pengukuran gerakan translasi [5]



Gambar 7. Skema pengukuran gaya angkat



Gambar 8. Desain ponton yang diuji



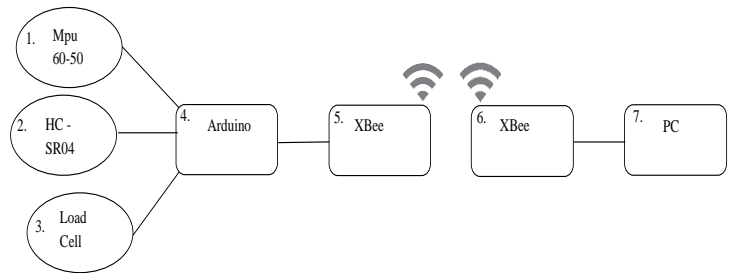
Gambar 9. Pengukuran dengan menggunakan wireless

2.5. Alat dan Bahan yang digunakan dalam Penelitian

Alat dan bahan untuk membuat rangkaian 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 10, 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*. *Rolling* dan *pitching* bisa dideteksi menggunakan sensor MPU karena didalam mpu terdapat accelerometer dan gyroskop. [6]
2. HC-SR04, alat yang digunakan untuk mengukur jarak *heaving* pada ponton.[7]
3. HX17 alat konversi load cell menuju arduino. [8]
4. Load Cell, alat yang digunakan untuk mengukur beban heaving yang ditimbulkan oleh *heaving plate*. [9]
5. Arduino berfungsi sebagai mikrokontroler atau alat pemroses data. [10]
6. XBee S2, modul radio frekuensi yang beroperasi pada frekuensi 2.4 ghz [11], sebagai *transmitter* dan *reciver* untuk jaringan wireless.
7. PC (personal computer) sebagai display hasil dari pengukuran.

Setelah melakukan perangkaian alat-alat di atas maka dilakukan validasi menggunakan Personal Computer, jika bahasa pemrograman (Arduino IDE) dapat dibaca maka coding dinyatakan berhasil dan valid.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

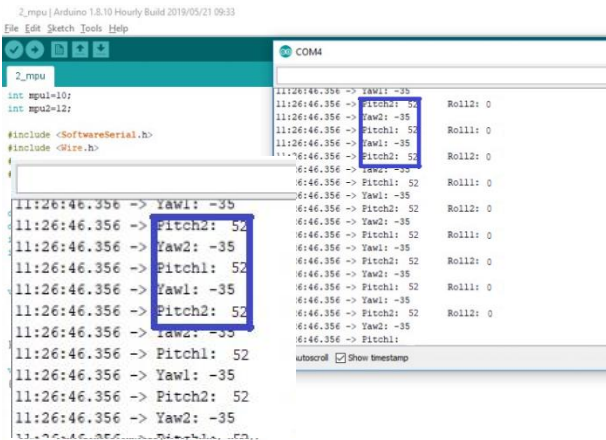
3.1. Perakitan Alat Ukur

Kabel penghubung antar komponen menggunakan kabel *jumper*, kecuali XBee S2C. Skema perakitan alat ukur bisa dilihat pada gambar 10.

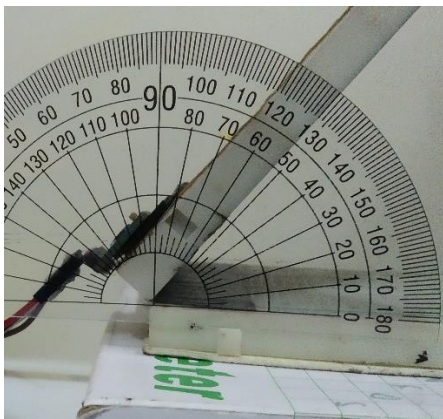
3.2. Pengujian dan Validasi Alat Ukur

Hasil pengukuran validasi dengan mengambil sample *pitching*, pada tampilan display

PC menunjukkan 52° (gambar 11) dan pada busur derajat juga menunjukkan kurang lebih 52° (gambar 12), ini menunjukkan tingkat akurasi mencapai 100%.

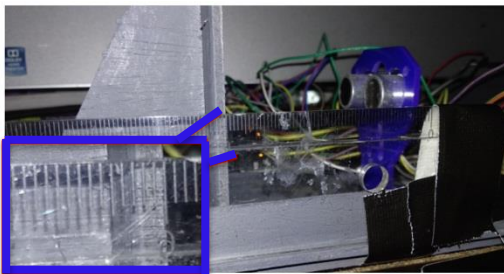


Gambar 11. Tampilan Validasi pada PC



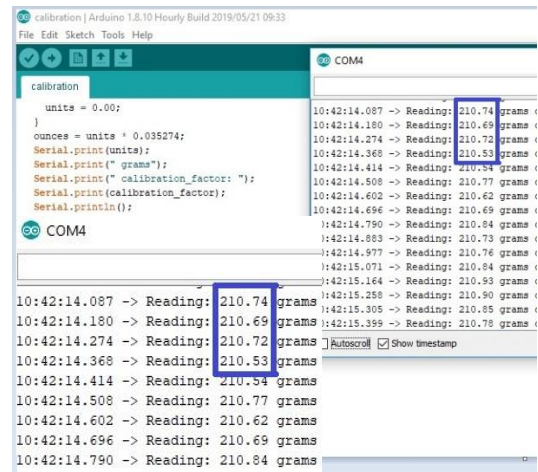
Gambar 12. Sudut Pitching dari MPU

Hasil pengukuran validasi jarak dari sensor ultrasonic terhadap objek, pada display PC menunjukkan jarak sensor ultrasonic dengan objek sejauh 6 cm (gambar 11) dan pada alat ukur juga jarak yang sama yaitu 6 cm (gambar 13).



Gambar 13. Jarak yang terbentuk dari HC-SR04

Hasil pengukuran validasi beban heaving dari sensor load cell terhadap objek, pada display PC menunjukkan beban objek memiliki massa 210,69 gram (gambar 14) dan pada alat ukur massa juga diperoleh beban sebesar 0,210 kg atau 210 gram (gambar 15), ini menunjukkan tingkat akurasi mencapai 100%.



Gambar 14. Tampilan Validasi Load Cell 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.

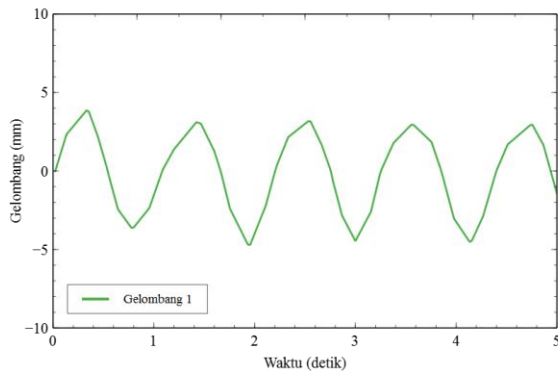
3.3. Data Hasil dan Pembahasan

3.3.1 Hasil Pengukuran Tinggi Gelombang

Dari pengukuran didapat data sebagai berikut:

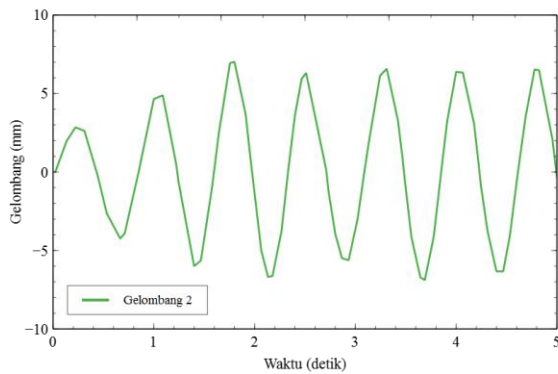
a. Menggunakan arus 15 V

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



Gambar 16. Grafik Gelombang 1

- b. Menggunakan arus 20 V
 Pada sensor 1 didapatkan rata-rata tinggi gelombang sebesar 1.25cm.



Gambar 17. Grafik Gelombang 2

3.3.2 Pengukuran Olah Gerak Ponton

Hasil dari pengukuran olah gerak menggunakan 1 sensor MPU yang terletak ditengah ponton dan menggunakan HC-SR04 yang terletak seperti pada gambar 4.

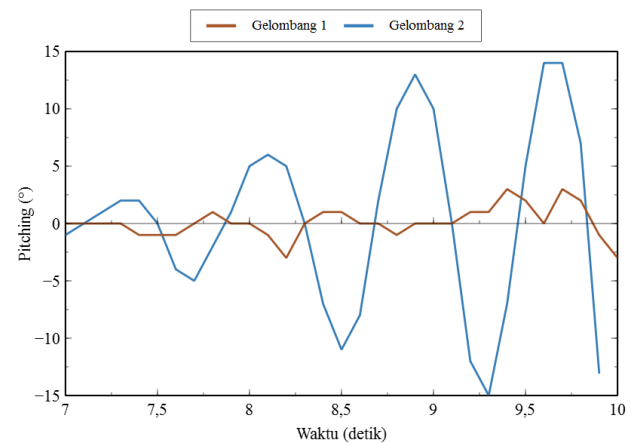
a. Hasil Pengukuran *Pitching*, *Rolling*, *Heaving* pada Ponton Tabung Tanpa *Heaving Plate*

Hasil pengukuran ponton tabung tanpa *heaving plate* dapat dilihat pada tabel 1 serta gambar 18-20. Gambar 18 menunjukkan grafik hasil pengukuran pitching tanpa *heaving plate* pada sarat 0,25H dengan variasi gelombang 1 dan 2. Berdasarkan tabel dan grafik tersebut, nilai sudut pitching semakin tinggi ketika ponton pada saat kondisi bermuatan dan gelombang yang semakin besar. Disebutkan bahwa nilai sudut pitching yang tertinggi berada pada 15° ketika ponton bersarat 0,25H dan saat gelombang berada pada ketinggian yang lebih tinggi dari gelombang 1. Namun, nilai pitching

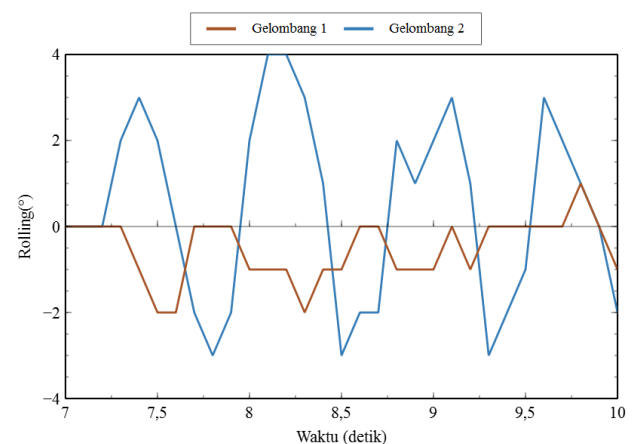
dalam hal ini tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kinerja pembangkit listrik tenaga gelombang nantinya. Dikarenakan nilai pitching disini hanya untuk mengetahui arah dari ponton. Begitupun juga berlaku dengan nilai rolling disini.

Tabel 1. Data hasil pengukuran *Pitching*, *Rolling*, dan *Heaving*

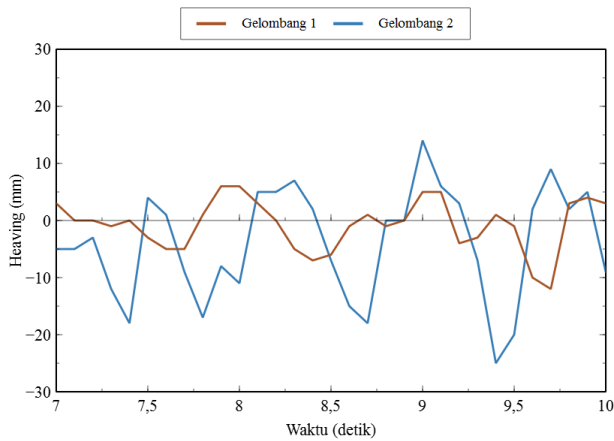
Muatan & Gelombang	<i>Pitching</i> (°)	<i>Rolling</i> (°)	<i>Heaving</i> (mm)
Muatan 0 Gel. 1	1	1	12
Muatan 0 Gel.2	11	5	17
Muatan 0,25 Gel. 1	3	2	12
Muatan 0,25 Gel. 2	15	4	25



Gambar 18. Grafik hasil pengukuran *Pitching* tanpa *heaving plate* sarat 0,25H



Gambar 19. Grafik hasil pengukuran *Rolling* tanpa *heaving plate* sarat 0,25H

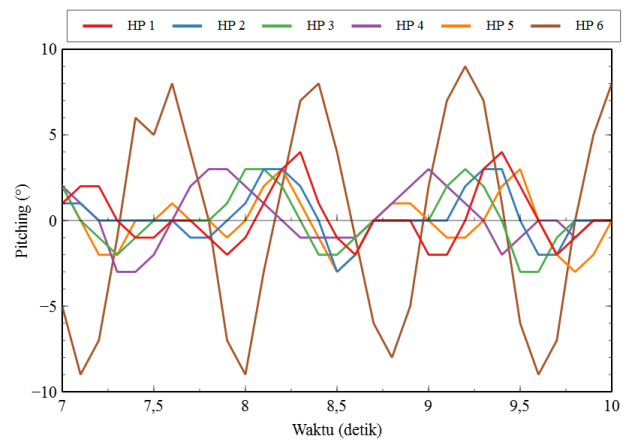


Gambar 20. Grafik hasil pengukuran *Heaving* tanpa *heaving plate* sarat 0,25H

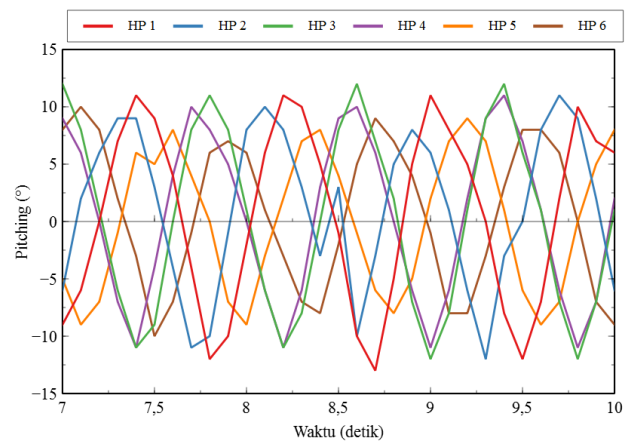
Berdasarkan data diatas, nilai tertinggi *heaving* dari hasil pengukuran ponton tabung tanpa *heaving plate* berada pada 25 mm saat ponton bersarat 0,25H gelombang 2. Pada gelombang 2, karena tinggi gelombang yang lebih besar dari gelombang 1 dimana gelombang 1 = 0,75cm dan gelombang 2 = 1,25 cm. Ini membuktikan bahwa besarnya atau tingginya gelombang sangat berpengaruh terhadap nilai *heaving* yang dihasilkan. Pada kondisi sarat 0,25H dikarenakan muatan yang dibawa ponton memberi beban yang lebih besar dan mengakibatkan gaya angkat ponton tersebut lebih besar sehingga berpengaruh terhadap nilai *heaving*.

b. Hasil Pengukuran *Pitching* dengan *Heaving Plate*

Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada gambar 21 dan 22. Berdasarkan data pengukuran hasil *pitching* dengan *heaving plate* perubahan sudut *pitching* terbesar secara konstan terjadi pada variasi 2 gelombang 2 dan pada variasi HP-2 yang bisa dilihat pada gambar . Ini menandakan bahwa semakin besar gelombang semakin besar juga nilai *pitching*nya. Nilai tertinggi *pitching* berada pada 13°, sedangkan sudut *pitching* yang nilainya terkecil berada pada 2°. Terbilang pada tabel 1, bahwa nilai *pitching* terbesar pada ponton tanpa *heaving plate* sebesar 15°. Dibandingkan dengan nilai sudut *pitching* pada ponton tanpa *heaving plate*, nilai *pitching* dengan *heaving plate* terbukti lebih kecil dikarenakan adanya *heaving plate* yang meredam gerakan ponton. Nilai *pitching* dalam hal ini hanya untuk mengetahui arah dari ponton sehingga tidak berpengaruh pada kinerja *heaving* dan kinerja pembangkit listrik tenaga gelombang nantinya.



Gambar 21. Grafik Hasil pengukuran *Pitching* (Spar 1 Sarat 0,25 Gelombang 1)

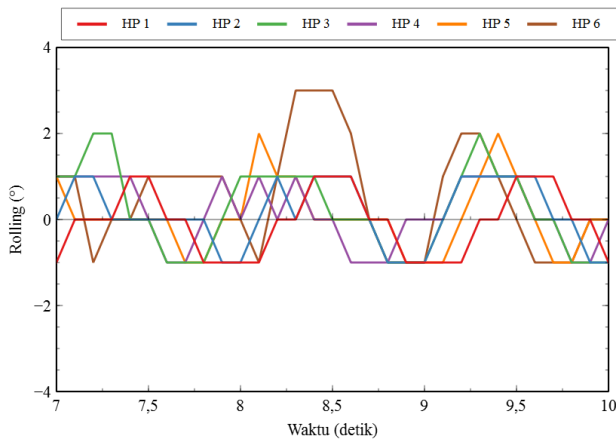


Gambar 22. Grafik Hasil pengukuran *Pitching* (Spar 1 Sarat 0,25 Gelombang 2)

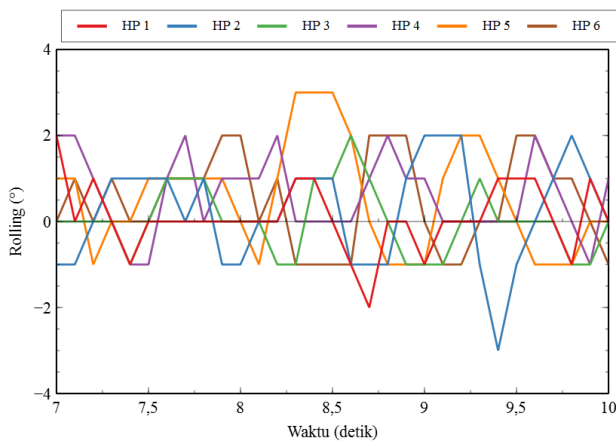
c. Hasil Pengukuran *Rolling* dengan *Heaving Plate*

Hasil pengukuran *rolling* dengan *heaving plate* dapat dilihat pada gambar 23 dan 24. Hasil diatas menunjukkan nilai *rolling* pada ponton tabung dengan *heaving plate* segi enam berlubang untuk spar 1 sarat 0,25H gelombang 1-2. Berdasarkan pengamatan, perubahan sudut *rolling* pada gelombang 2 dominan lebih besar dari gelombang 1 yang diakibatkan karena tinggi gelombang pada gelombang 2 lebih besar. Untuk nilai sudut *rolling* maksimal yang dihasilkan berada pada 8°. Berdasarkan grafik diatas terlihat perbedaan nilai olah gerak *rolling* dari ponton tabung antara *heaving plate* 1 sampai *heaving plate* 6. Hal ini diakibatkan oleh jumlah dan diameter lubang *heaving plate* yang berbeda. Sama halnya dengan nilai *pitching* bahwa nilai *rolling* dalam hal ini juga hanya untuk mengetahui arah dari ponton sehingga tidak berpengaruh pada kinerja *heaving*

dan kinerja pembangkit listrik tenaga gelombang nantinya.



Gambar 23. Grafik Hasil pengukuran *rolling* (Spar 1 Sarat 0,25 Gelombang 1)



Gambar 24. Grafik Hasil pengukuran *rolling* (Spar 1 Sarat 0,25 Gelombang 2)

d. Hasil Pengukuran *Heaving* dan Beban *Heaving* Oleh *Heaving Plate* Pada Ponton

Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada table 2-3 dan gambar 16-17. Untuk keterangan dari gambar yaitu:

1. Variasi 1 = Sarat 0H dengan spar 133mm.
2. Variasi 2 = Sarat 0,25H dengan spar 133mm.
3. Variasi 3 = Sarat 0H dengan spar 167 mm.
4. Variasi 4 = Sarat 0,25H dengan spar 167mm.

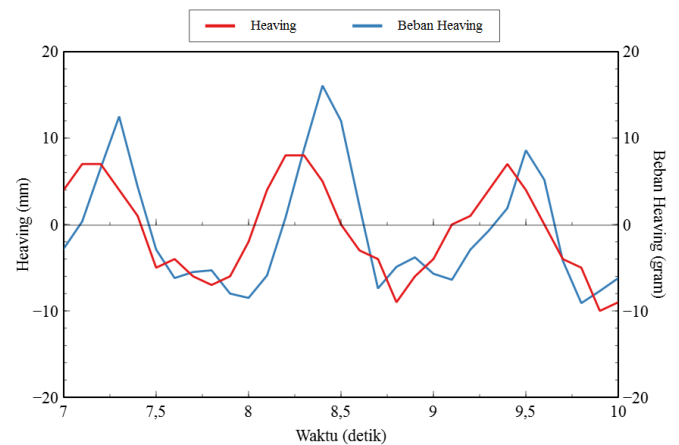
Dimana, Gelombang 1= 15V dan Gelombang 2 = 20V.

Tabel 2. Data hasil pengukuran *Heaving*

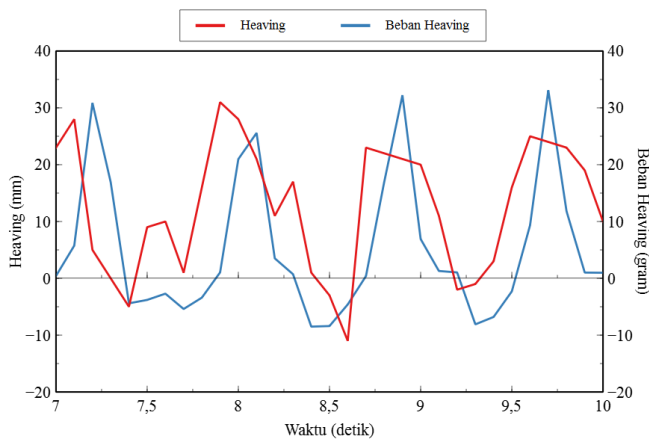
<i>Variasi Gelombang</i>	<i>Heaving</i> (mm)					
	HP 1	HP 2	HP 3	HP 4	HP 5	HP 6
Variasi 1, Gel. 1	11	10	12	15	13	17
Variasi 1, Gel. 2	17	18	16	26	20	30
Variasi 2, Gel. 1	24	18	29	22	21	14
Variasi 2, Gel. 2	31	25	30	28	24	24
Variasi 3, Gel. 1	12	17	13	17	10	10
Variasi 3, Gel. 2	24	18	17	20	21	19
Variasi 4, Gel. 1	26	14	14	13	15	18
Variasi 4, Gel. 2	26	17	16	21	13	25

Tabel 3. Data hasil pengukuran Beban *Heaving*

<i>Variasi Gelombang</i>	Beban <i>Heaving</i> (gram)					
	HP 1	HP 2	HP 3	HP 4	HP 5	HP 6
Variasi 1, Gel. 1	6.52	16.07	18.01	18.67	13.03	10.83
Variasi 1, Gel. 2	11.9	14.02	52.21	36.64	18.15	34.6
Variasi 2, Gel. 1	5.60	7.40	6.50	7.30	5.10	5.10
Variasi 2, Gel. 2	33.8	35.6	38.28	29.83	74.8	18.3
Variasi 3, Gel. 1	12.62	13.6	1.45	1.46	1.23	0.96
Variasi 3, Gel. 2	25.24	16.78	53.54	12.79	40.98	1.77
Variasi 4, Gel. 1	35.79	4.1	0.48	0.75	1.01	0.63
Variasi 4, Gel. 2	81.24	11.42	3.74	29.51	8.59	18.71



Gambar 25. Grafik hasil pengukuran *Heaving* dan beban *heaving* pada *Heaving Plate* 2 (Variasi 1, Gelombang 1)



Gambar 26. Grafik hasil pengukuran Heaving dan beban *heaving* pada *Heaving Plate 1* (Variasi 2, Gelombang 2)

Berdasarkan tabel 2 dan 3 nilai maksimal *heaving* berada pada 31 mm yaitu pada *heaving plate* ke - 1 dengan variasi 2 gelombang 2. Sedangkan nilai maksimal beban *heaving* yang dihasilkan berada pada *heaving plate* ke - 1 variasi 4 gelombang 2 dengan nilai 81.24 gram. Untuk nilai *heaving* yang besar secara konstan dihasilkan oleh *heaving plate* ke -1. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar nilai luasan *heaving plate* maka semakin besar pula nilai *heaving* yang dihasilkan. Kemudian beban *heaving* yang besar secara konstan dihasilkan juga oleh *heaving plate* ke -1. Nilai beban *heaving* disini menunjukkan interaksi antara spar ber-*heaving plate* dengan ponton. Semakin besar nilai *heaving* dan beban *heaving* nya akan berpengaruh besar terhadap daya yang dihasilkan untuk pembangkit listrik tenaga gelombang.

Dibandingkan dengan ponton tabung tanpa *heaving plate*, nilai *heaving*nya lebih rendah dari nilai *heaving* pada ponton dengan *heaving plate*, yaitu dengan nilai *heaving* tertinggi pada 25mm. Hal ini membuktikan bahwa ponton dengan *heaving plate* akan menghasilkan nilai *heaving* yang lebih tinggi. Nilai *heaving* yang lebih tinggi, akan memberikan efek yang lebih besar terhadap kinerja pembangkit listrik tenaga gelombang.

4. KESIMPULAN

Penambahan *heaving plate* pada ponton justru menambah nilai *heaving* yang cukup besar. Nilai tertinggi *heaving* dengan *heaving plate* berada pada 31 mm pada saat ponton dalam kondisi bersarat spar 1 sarat 0,25H dan saat gelombang 2,

lebih besar nilainya dibandingkan dengan ponton tanpa *heaving plate*.

Dilihat dari tabel perbedaan nilai *heaving* dan *beban heaving*, tinggi spar 133 mm mengakibatkan nilai olah gerak *heaving* dan *beban heaving* pada ponton dengan *heaving plate* konstan semakin besar. Ini disebabkan karena jarak antara *heaving plate* dengan ponton kecil sehingga memaksimalkan gerakan *heaving*.

Gelombang 2 mengakibatkan nilai *heaving* semakin besar dikarenakan tinggi dari gelombang tersebut yang tinggi sehingga menyebabkan ponton mengalami gerakan *heaving* yang besar pula.

Kemudian nilai olah gerak yang terbentuk dari pengukuran menunjukkan bahwa ponton dengan variasi *heaving plate* ke-1 membawa perubahan yang cukup signifikan terhadap hasil pengukuran nilai *heaving*, dimana memiliki jumlah lubang dan diameter lubang yang terkecil.

Oleh karena itu, kriteria *heaving plate* berbentuk segi enam berlubang yang baik dalam menghasilkan gerakan yang relatif besar yaitu dimiliki oleh *heaving plate 1*, nilai beban *heaving* dan *heaving*nya memiliki nilai konstan yang besar. Dalam pengaruhnya, hal ini akan menyebabkan daya yang dihasilkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang (PLTG) akan bernilai besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mukhtasor, R. W. Prastianto, I. S. Arief, H. L. Guntur, Mauludiyah, and H. Setiyawan, "Performance modeling of a wave energy converter: Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Bandulan (PLTGL-SB)," *ARPN J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 11, no. 4, pp. 2775–2778, 2016.
- [2] P. Indiyono, *Hidrodinamika Bangunan Lepas Pantai*. Surabaya: SIC, 2004.
- [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*, 2014, pp. 1,2011.
- [4] 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.
- [5] 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.

- [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] AVIA Semiconductor, *24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales*. vol. 9530, no. 592, 2018 .
- [9] Scale Manufacturers Association, *Load Cell Application and Test Guideline*, no. 866, 2010.
- [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.