



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

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

Aep Supirman¹⁾, Eko Sasmito Hadi¹⁾, Ari Wibawa B.S¹⁾

¹⁾Laboratorium Hidrodinamika

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

e-mail : aepsuirman29@gmail.com, ekosasmitohadi@gmail.com, arikapal75@gmail.com

Abstrak

Heaving plate adalah pelat horizontal yang terpasang di bagian bawah bangunan apung. Pelat tersebut memberikan tambahan massa yang dapat meningkatkan periode heaving natural dari bangunan apung dan menggerakkannya keluar rentang frekuensi gelombang. Tongkang adalah suatu jenis kapal yang dengan lambung datar atau suatu kotak besar yang mengapung. *Seakeeping* adalah gerakan kapal yang dipengaruhi oleh gaya-gaya luar yang disebabkan oleh kondisi air laut. *Seakeeping* dibedakan menjadi 3 yaitu *Heaving*, *Pitching*, *Rolling*. dalam penelitian ini akan dibuat 5 model *heaving plate* segitiga dengan variasi *spar*, muatan dan gelombang. Kemudian diukur dari setiap model yang menggunakan mikrokontroler berbasis wireless. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai olah gerak dari variasi *heaving plate*, *spar*, muatan dan gelombang menggunakan pengukuran mikrokontroler berbasis wireless, selain itu penelitian ini juga diharapkan untuk mendapatkan nilai beban *heaving* pada ponton akibat aliran gelombang yang diberikan. penelitian ini menggunakan alat berupa *adruino* untuk *microcontroller*, sensor *HS-SR04* untuk mengukur tinggi gelombang sensor *MPU* untuk mengetahui olah gerak, *load cell* untuk mengukur beban yang di hasilkan, dan menggunakan *XBee S2C* sebagai komunikasi dari *adruino* ke komputer. Nilai olah gerak ponton maksimal yang di hasilkan adalah *pitching* 15°, *rolling* 4°, *heaving* 25 mm, dan beban sebesar 67,1gr.

Kata Kunci : *Heaving Plate*, *Tongkang*, *Olah gerak*, *Mikrokontroler*, *Wireless*

1. PENDAHULUAN

Heaving plate adalah pelat horizontal yang terpasang di bagian bawah bangunan apung. Pelat tersebut memberikan tambahan massa yang dapat meningkatkan periode heaving natural dari bangunan apung dan menggerakkannya keluar rentang frekuensi gelombang. Penambahan pada *Spar* dan *heaving plate* menunjukan factor redaman meningkat sebesar 50% . tetapi pada *heaving plate* ganda masa heave bertambah sebesar 24,8% di bandingkan dengan *spar heaving plate* tunggal. [1].

Tongkang adalah suatu jenis kapal yang dengan lambung datar atau suatu kotak besar yang mengapung, digunakan untuk mengangkut barang dan ditarik dengan kapal tunda atau digunakan untuk mengakomodasi pasang-surut seperti pada dermaga apung. [2]

Seakeeping adalah gerakan kapal yang dipengaruhi oleh gaya-gaya luar yang disebabkan oleh kondisi air laut. *Seakeeping* dibedakan menjadi 3 yaitu *Heaving*, *Pitching*, *Rolling*. Nilai amplitudo, kecepatan, dan akselerasi gelombang mempengaruhi olah gerak benda [3]. *Inertial Measurement Unit* (IMU) merupakan alat yang memanfaatkan sistem pengukuran seperti gyroskop dan akselerometer untuk memperkirakan posisi relatif, kecepatan, dan akselerasi dari gerakan motor. Platform IMU dapat dibuat dan mendapatkan gerakan 4 derajat kebebasan yaitu data *pitch*, *roll*, *yaw* dan akselerasi sumbu z. Berdasarkan fungsi tersebut dalam penelitian D. B. Nugroho dimanfaatkan untuk mengetahui kondisi roket pada saat terbang.[4].

selain itu berdasarkan hasil penelitian *hydrodynamic response of spar* dengan *heaving plate* menunjukan bahwa respon *heaving*

berkurang secara signifikan pada rasio diameter 1,2-1,3 [5]. Dalam penelitian sebelumnya dengan menggunakan mikrokontroler dalam penggunaan pengukuran olah gerak pada kapal akan meminimalisir biaya dan akan memudahkan proses pengukuran serta mendapatkan nilai olah gerak dengan akurasi yang bagus [6].

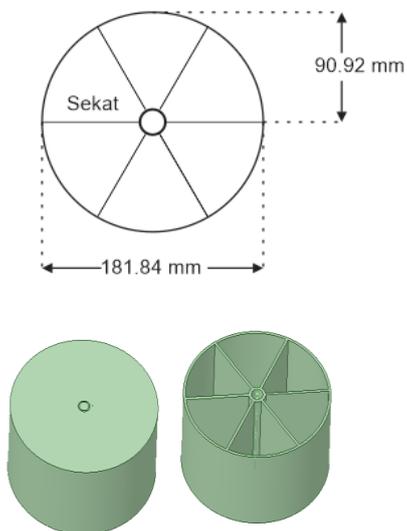
Dalam penelitian ini akan dibuat 5 model *heaving plate* segitiga dengan variasi spar, muatan dan gelombang. Kemudian diukur dari setiap model yang menggunakan mikrokontroler berbasis *wireless*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai olah gerak dari variasi *heaving plate*, spar, muatan dan gelombang menggunakan pengukuran mikrokontroler berbasis *wireless*, selain itu penelitian ini juga diharapkan untuk mendapatkan nilai beban *heaving* pada ponton akibat aliran gelombang yang diberikan.

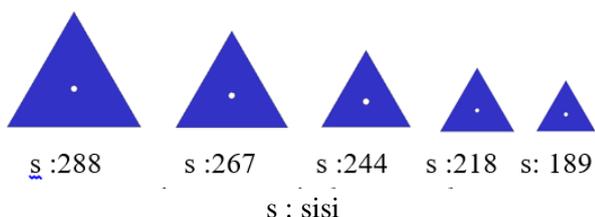
2. METODE

2.1. Objek Penelitian

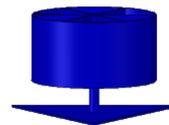
Objek yang diteliti adalah ponton tabung yang terbuat dari akrilik dengan penambahan *heaving plate* berbentuk segitiga, serta didalam ponton terdapat sekat untuk keperluan pengisian muatan dan analisa, dengan sesuai dimensi yang telah didesain, yang ditunjukkan pada gambar 1, sebagai berikut:



Gambar 1. Desain Lambung Ponton



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* [7].
2. Modul HC-SR04, menghasilkan output nilai *heaving*. [8].
3. Mikrokontroler Arduino MEGA, sebagai alat pemroses data.
4. XBee S2 sebagai *transmitter* dan *reciver* untuk jaringan *wireless*.
5. Load Cell, menghasilkan output beban. [9].
6. Modul HX711 untuk konversi sinyal analog ke digital pada loadcell [10].

Parameter yang diberikan untuk menunjukkan nilai seakeeping atau olah gerak ponton :

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, muatan dan gelombang pada ponton. MPU dan load cell diletakkan diatas ponton untuk mengukur pitch, roll dan beban *heaving*, sedangkan untuk sensor ultrasonic diletakkan diatas ponton secara terpisah dan tegak lurus.

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

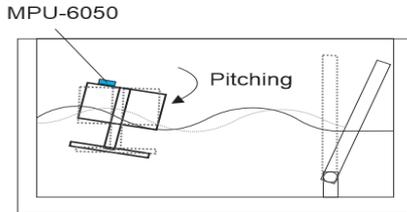
1. XBee sebagai *transmitter*, disini XBee terhubung dengan Arduino yang sudah memproses data dari sensor ultrasonik, MPU dan Load cell yang kemudian siap dikirim ke komputer.
2. XBee sebagai *reciver*, disini XBee yang terhubung dengan PC/Laptop menerima data dari XBee transmitter dan data langsung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

2.3. Proses Pengujian

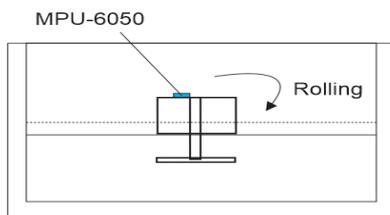
Pengujian model ponton pada towing tank yang diberi gelombang, untuk mengetahui respon dari model ponton dengan berbagai variable. Pengujian dilakukan selama 15 detik pada tiap

variasi, dan akan diambil nilai amplitude rata-rata untuk tiap nilai olah gerak.

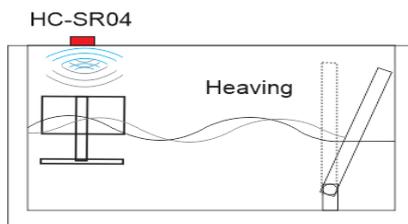
Berikut skema pengukuran nilai olah gerak dan skema pengukuran gelombang, proses pengukuran menggunakan *wireless* yang ditunjukkan pada gambar 4, gambar 5, gambar 6:



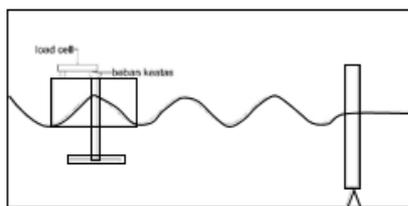
Gambar 4. Skema Pengukuran Gerakan *Pitching*.



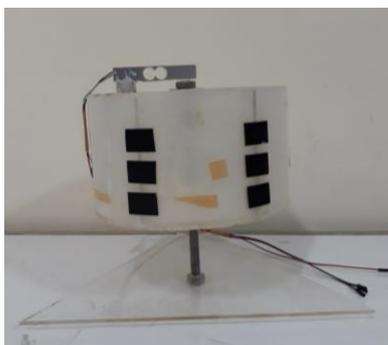
Gambar 5. Skema Pengukuran Gerakan *Roliing*.



Gambar 6. Skema Pengukuran Gerakan *Heaving*



Gambar 7. Skema Pengukuran Gaya Angkat



Gambar 8. Ponton dengan *heaving plate*



Gambar 9. Pengukuran dengan Menggunakan *Wireless*

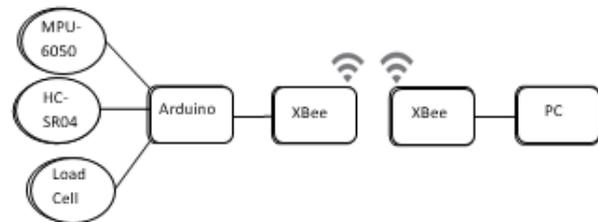
2.4. Lokasi Penelitian

Peroses penelitian di lakukan di laboratorium Hidrodinamika Teknik Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

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.



Gambar 10. Rangkaian *Wireless*

Keterangan dari skema rangkaian dari gambar 8:

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.

3.2. Pengujian dan Validasi Alat Ukur

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

Validasi jarak dari sensor ultrasonic terhadap objek, di ambil satu sensor ultrasonic dari tiga sensor yang digunakan. Hasilnya menunjukkan bahwa pada display PC menunjukkan jarak sensor ultrasonic dengan objek sejauh 5 cm, jaraknya sama dengan yang dimistar yaitu 5 cm.

dan untuk validasi loadcell alat yang di gunakan adalah timbangan dan sebuah batre yang memiliki berat sebesar 75gr kemudian di display aplikasi adruino menunjukan berat 75,5gr

Hasil dari ketiga jaringan menunjukkan akurasi yang sama dan untuk loadcell hanya selisih 0, sekian. ini dikarenakan data dari Arduino sebagai pemroses data pada ponton yang dikirim melalui XBee ke PC tidak ada interferensi gelombang.

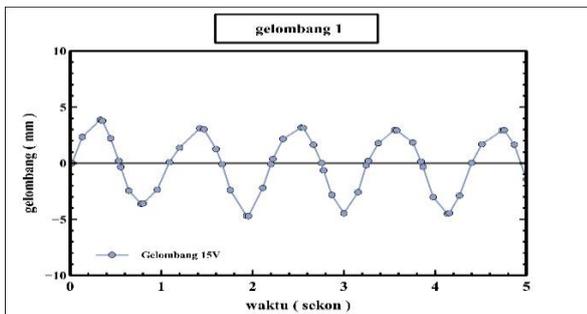
3.3. Data Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Pengukuran Tinggi Gelombang

Dari pengukuran didapat data sebagai berikut:

a. Menggunakan arus 15 V

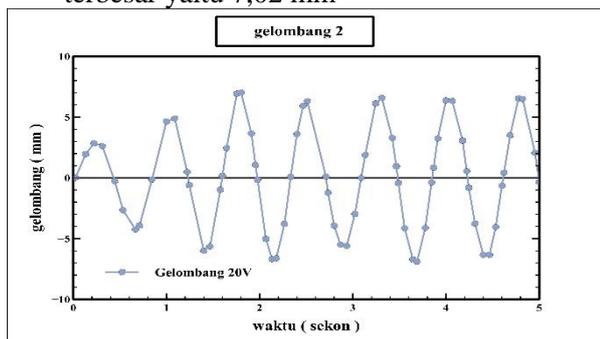
Pada sensor 1 didapatkan amplitudo terbesar yaitu 3,867 mm.



Gambar 11. Gelombang 15 V

b. Menggunakan arus 20 V

Pada sensor 1 didapatkan amplitudo terbesar yaitu 7,02 mm



Gambar 12. Gelombang 15 V

1. Pengukuran Olah Gerak Ponton

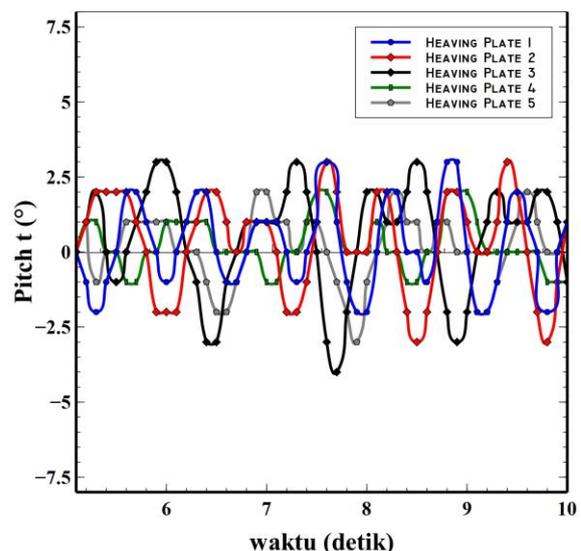
Hasil dari pengukuran olah gerak menggunakan 1 sensor MPU dan sensor load cell. Ponton yang kosong gerakannya lebih tidak stabil dibanding ponton yang ada muatannya.

a. Perubahan *Pitching* Pada Ponton

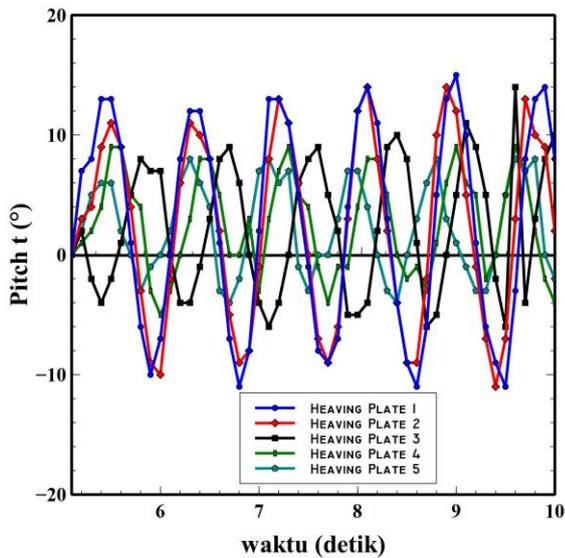
Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 1, gambar 13 dan 14. (spar 1 = 167 mm, spar 2 = 134 mm). (sarat 0 = muatan kosong, sarat 0,25 = muatan yang setinggi 0,25 H ponton). (gel 1 = gelombang 15 V dengan amplitude 3,867 mm, gel 2 = gelombang 20 V dengan amplitudo 7,02 mm). (Variasi 1 = spar 1 sarat 0, Variasi 2 = spar 1 sarat 0,25, Variasi 3 = spar 2 sarat 0, Variasi 4 = spar 2 sarat 0,25). HP = heaving plate

Tabel 1. Data hasil pengukuran *Pitching* dalam derajat.

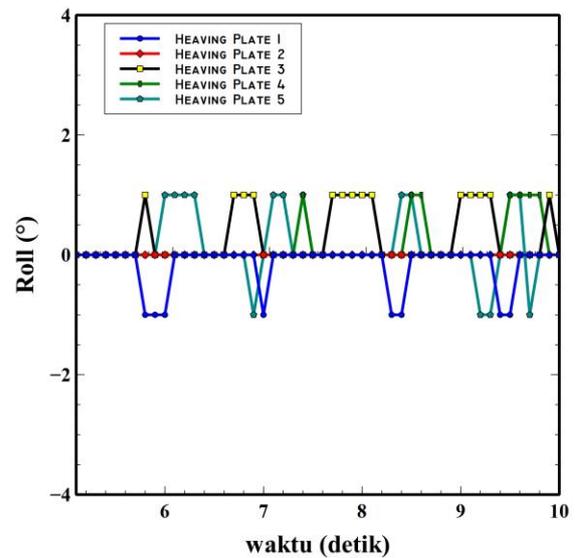
Variasi & Gelombang	HP 1	HP 2	HP 3	HP 4	HP 5
Variasi 1 gel 1	3	3	3	2	2
Variasi 1 gel 2	8	6	5	4	4
Variasi 2 gel 1	5	5	3	3	3
Variasi 2 gel 2	8	6	6	7	5
Variasi 3 gel 1	3	2	2	2	2
Variasi 3 gel 2	13	7	7	7	3
Variasi 4 gel 1	6	6	4	5	5
Variasi 4 gel 2	15	14	14	9	8



Gambar 13. Grafik *Pitching* Terendah



Gambar 14. Grafik Pitching Tertinggi.



Gambar 15. Grafik Rolling Terendah

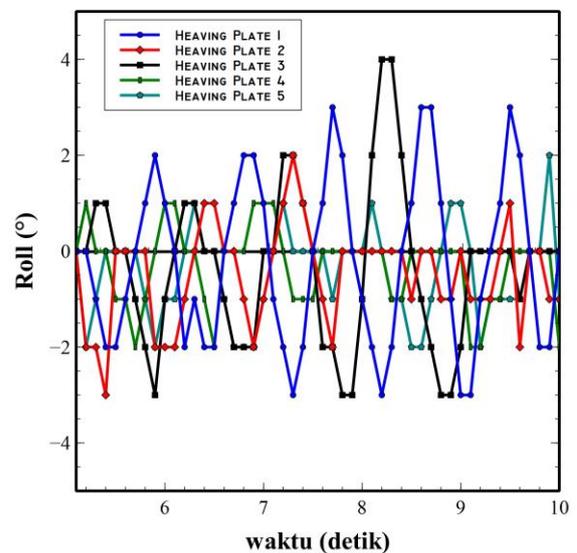
Berdasarkan Tabel 1 Grafik 12 dan 13 nilai sudut *pitching* terbesar adalah 15° pada heaving plate 1 variasi 4 gelombang 2 dan untuk nilai sudut *pitching* terkecil adalah 2° pada heaving plate 5 variasi 1 gelombang 1.

b. Perubahan *Rolling* pada ponton

Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 2, gambar 15 dan 16. (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 amplitudo 3,867 mm, gel 2 = gelombang 20 V dengan amplitudo 7,02 mm). (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 = *heaving plate* dengan sisi 288 mm, HP 2 = *heaving plate* dengan sisi 267 mm, HP 3 = *heaving plate* dengan sisi 244 mm, HP 4 = *heaving plate* dengan sisi 218 mm, HP 5 = *heaving plate* dengan sisi 189 mm.

Tabel 2. Data hasil pengukuran *Rolling* (derajat)

Variasi & Gelombang	HP 1	HP 2	HP 3	HP 4	HP 5
Variasi 1 gel 1	0	0	0	0	0
Variasi 1 gel 2	2	2	1	2	1
Variasi 2 gel 1	0	1	0	0	0
Variasi 2 gel 2	3	2	4	1	2
Variasi 3 gel 1	0	0	1	1	1
Variasi 3 gel 2	2	0	2	3	1
Variasi 4 gel 1	1	1	1	1	1
Variasi 4 gel 2	2	2	2	3	1



Gambar 16. Grafik Rolling Tertinggi .

Berdasarkan Tabel 2 Grafik 15 dan 16 nilai *rolling* terbesar adalah 4° pada heaving plate 3 variasi 2 gelombang 2 dan untuk nilai *rolling* terkecil adalah 0° pada heaving plate 1 sampai heaving plate 5 variasi 1 gelombang 1

c. Perubahan *heaving* dan beban pada ponton

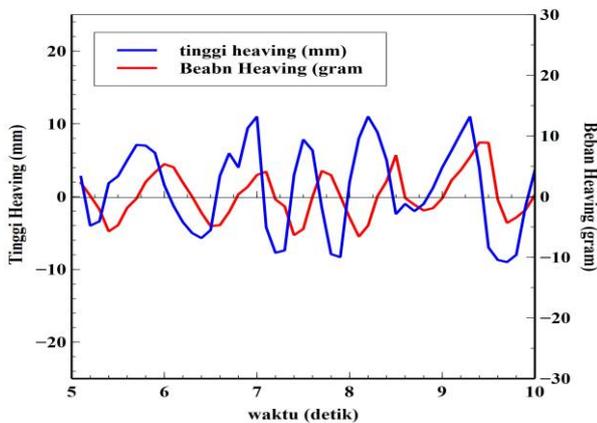
Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4, gambar 17 dan 18. (spar 1 = 167 mm, spar 2 = 134 mm). (sarat 0 = muatan kosong, sarat 0,25 = muatan yang setinggi 0,25 H ponton). (gel 1 = gelombang 15 V dengan amplitudo 3,867 mm, gel 2 = gelombang 20 V dengan amplitudo 7,02 mm). (Variasi 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 = *heaving plate*

Tabel 3. Data hasil pengukuran *heaving* dalam (mm)

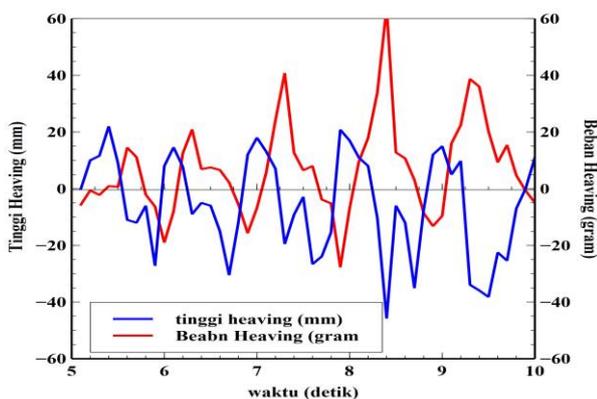
Variasi & Gelombang	HP 1	HP 2	HP 3	HP 4	HP 5
Variasi 1 gel 1	9.1	20.2	9	10	11
Variasi 1 gel 2	10.4	13.9	12	19	7.6
Variasi 2 gel 1	16	20	14.1	18	14
Variasi 2 gel 2	18	13	22	19	21
Variasi 3 gel 1	15.16	18	9	22	20
Variasi 3 gel 2	11	22	20	25	20
Variasi 4 gel 1	12	20.2	20	21	18
Variasi 4 gel 2	23	21	22	21	22

Tabel 4. Data Hasil Pengukuran Beban *Heaving* (gr)

Variasi & Gel	HP 1	HP 2	HP 3	HP 4	HP 5
Variasi 1 gel 1	0.81	1.05	1.1	2.7	0.34
Variasi 1 gel 2	0.9	1.07	1.4	1.53	0.47
Variasi 2 gel 1	0.75	0.36	0.69	0.36	0.44
Variasi 2 gel 2	11.6	21.14	16.3	21.7	19.6
Variasi 3 gel 1	0.25	0.02	0.31	0.19	0.46
Variasi 3 gel 2	10.9	0.44	44	64.8	67.1
Variasi 4 gel 1	0.28	0.47	0.52	8.6	0.93
Variasi 4 gel 2	18.89	11.4	65.47	28.81	11



Gambar 17. Grafik *Heaving* dan Beban *Heaving* Terendah



Gambar 18. Grafik *Heaving* Dan Beban *Heaving* Tertinggi

Berdasarkan Tabel 3 dan 4 Grafik 17 dan 18 nilai *heaving* dan *beban heaving* terbesar adalah 25mm pada *heaving* plate 4 variasi 3 gelombang 2 dan 67,1gr pada *heaving* plate 5 variasi 2 gelombang 2 untuk nilai *heaving* dan *beban heaving* terkecil adalah 9mm pada *heaving* plate 3 variasi 1 gelombang 1 dan terdapat nilai di bawah 1 untuk *beban heaving*.

3. Perbandingan antara ponton dengan *heaving* plate dan tanpa *heaving* plate

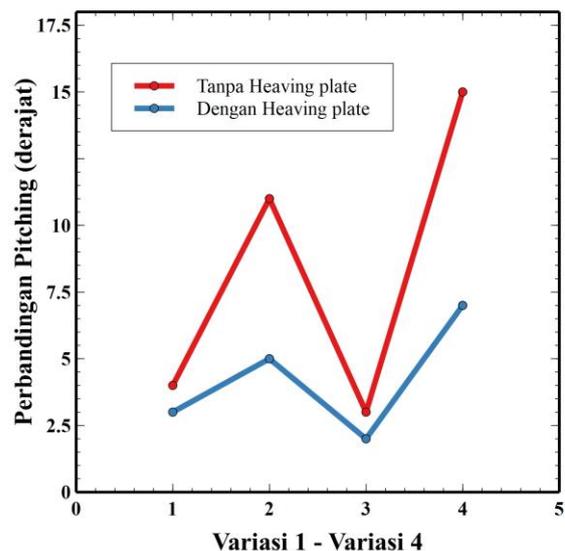
Perbandingan di ambil dari penelitian sebelumnya di bandingkan dengan *heaving* plate dengan luas yang sama dengan ponton dan spar terpendek yaitu 133mm

Keterangan tabel :

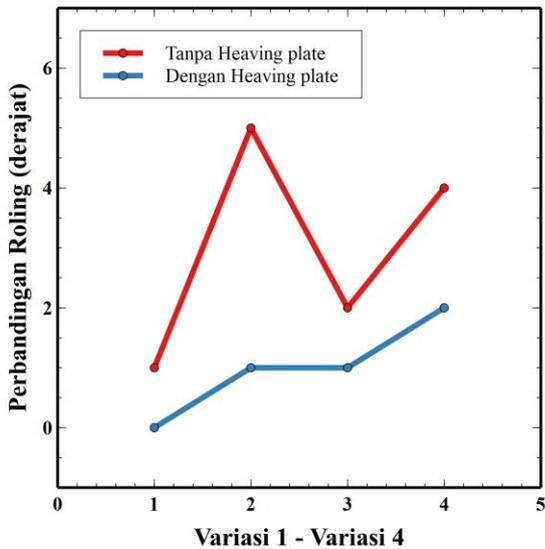
Variasi 1 : muatan 0 gelombang 15, Variasi 2 : muatan 0 gelombang 20, Variasi 3 : muatan 0,25 gelombang 15, Variasi 4 : muatan 0,25 gelombang 20 +HP : dengan *heaving* plate, -HP : Tanpa *heaving* plate, Grafik dalam derajat

Tabel 5. Data Perbandingan *Pitching*, *Rolling*, dan *Heaving* dengan *Heaving* Plate dan Tanpa *Heaving* Plate

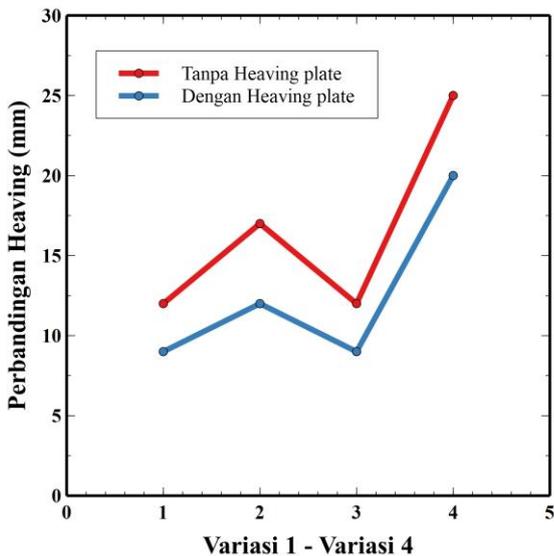
variasi	pitching		rolling		heaving	
	+HP	~HP	+HP	~HP	+HP	~HP
variasi 1	3	4	0	1	9	12
variasi 2	5	11	1	5	12	17
variasi 3	2	3	1	2	9	12
variasi 4	7	15	2	4	20	25



Gambar 19. Grafik Perbandingan Nilai *Pitching* dengan dan Tanpa *Heaving* Plat



Gambar 20. Grafik Perbandingan Nilai *Rolling* dengan dan Tanpa *Heaving Plate*



Gambar 21. Grafik Perbandingan Nilai *Heaving* dengan dan Tanpa *Heaving Plate*

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 19, 20, 21 dapat di simpulkan bahwa dengan adanya *heaving plate* dapat memperkecil nilai *pitching* dan *rolling* dan *heaving* meskipun begitu dengan adanya *heaving plate* akan menyebabkan timbulnya nilai beban *heaving* yang berbanding terbalik dengan nilai *heaving*.

4. Dampak Perubahan Variasi

Perubahan variasi penambahan *heaving plate* pada ponton memberikan pengaruh besar terhadap nilai *pitching* *rolling* dan *heaving*. Dapat di lihat pada tabel 6

Keterangan tabel :

variasi 1 : muatan 0 gelombang 15, variasi 2 : muatan 0 gelombang 20, variasi 3 : muatan 0,25 gelombang 15, variasi 4 : muatan 0,25 gelombang 20 +HP : dengan *heaving plate* -HP : tanpa *heaving plate*, grafik dalam derajat

Tabel 6. Data Persentase Nilai *Pitching*, *Rolling* dan *Heaving*

pitching	†HP	~HP	%
variasi 1	3	4	25
variasi 2	5	11	54.5455
variasi 3	2	3	33.3333
variasi 4	7	15	53.3333

rolling	†HP	~HP	%
variasi 1	0	1	100
variasi 2	1	5	80
variasi 3	1	2	50
variasi 4	2	4	50

heaving	†HP	~HP	%
variasi 1	9	12	25
variasi 2	12	17	29.4118
variasi 3	9	12	25
variasi 4	20	25	20

Adanya *heaving plate* memberikan perubahan nilai *pitching* sebesar 54,54%, nilai *rolling* sebesar 80%, dan nilai *heaving* sebesar 29,42%, Perubahan nilai *heaving* terbesar akan menyebabkan nilai beban *heaving* menjadi besar pula.

Nilai *pitching* terkecil kemudian nilai *rolling* terkecil serta nilai *heaving* dan beban *heaving* terbesar merupakan prinsip terbaik digunakan untuk membuat energi listrik terbarukan dengan menggunakan tenaga gelombang.

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 menyebabkan berkurangnya nilai *pitching* mencapai 54,54 %, *rolling* 80 % dan *heaving* 29,42 %. Nilai *pitching* terkecil kemudian nilai *rolling* terkecil serta nilai *heaving* dan beban *heaving* terbesar merupakan prinsip terbaik digunakan untuk membuat energi listrik terbarukan dengan menggunakan tenaga gelombang.

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*.

Berdasarkan variasi ukuran heaving plate diperoleh nilai olah gerak *pitching* terbesar terjadi pada ponton *heaving plate 1* dengan gelombang 2 variasi 4 dengan nilai 15°, untuk nilai *rolling* terbesar terjadi pada ponton *heaving plate 3* variasi 2 gelombang 2 dengan nilai 4°, sedangkan untuk nilai *heaving* terbesar terjadi pada ponton *heaving plate 4* variasi 3 gelombang 2 dengan nilai 25 mm, dan nilai beban *heaving* terbesar terjadi pada ponton dengan *heaving plate 5* variasi 2 gelombang 2 dengan nilai 67,1 gram.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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..
- [2] 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.
- [3] S. A. Slamming and P. Coupling, "Studi Analisa Slamming & Deck Wetness Akibat Gerakan Heaving –," vol. 5, no. 4, pp. 677–687, 2017..
- [4] D. B. Setiawan, Joga Dharma; Widodo, Achmad; Nugroho, "Perancangan dan Pembuatan Platform Validasi Inertial Measurement Unit (IMU)," *Rotasi*, vol. 13, no. 1, pp. 1–7, 2011..
- [5] A. Subbulakshmi, J. Jose, and R. Sundaravadivelu, and R. P. Selvam, "Effect of Viscous Damping on Hydrodynamic Response of Spar with Heave Plate," *Aquat. Procedia*, vol. 4, no. Icwrcoe, pp. 508–515, 2015.
- [6] A. M. Rohman, "Pembangunan Sistem Home Automation Menggunakan Arduino Berbasis Android Terhadap Lighting Control," p. 10110652, 2015.
- [7] InvenSense. Inc., "MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification," *Inven. Inc. Prod. Specif.*, vol. 3.4, no. 408, pp. 1–57, 2013.
- [8] Indoware, *Ultrasonic Ranging Module HC-SR04*. 2013.
- [9] Scale Manufacturers Association, *Load Cell Application and Test Guideline*, no. 866.
- [10] Y. Yuliza, "Komunikasi Antar Robot Menggunakan RF Xbee dan Arduino Microcontroller," *J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 4, no. 1, p. 53, 2017.