



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 Lingkaran Dengan Variasi Strip Plate Pada Gelombang Reguler Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Wireless

Septaji Indrasahputra¹⁾, Eko Sasmito Hadi¹⁾, Hartono Yudo¹⁾

¹⁾Laboratorium Hidrodinamika

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

e-mail :septajiindrasahputra_2@yahoo.com , ekosasmitohadi@gmail.com, hartonoyudo@yahoo.com

Abstrak

Untuk meningkatkan keamanan kapal berlayar maka diperlukan pemahaman dan pengetahuan tentang keadaan laut. Bangunan apung mempunyai enam gerakan yang terdiri dari gerakan rotasi dan translasi. ada istilah seakeeping yang terdiri dari dua gerakan rotasi (rolling dan pitching) dan satu gerakan translasi (heaving). Heaving plate dibentuk untuk meningkatkan massa efektif dari spar. Penambahan heaving plate ini dapat menstabilkan respon olah gerak dari bangunan apung dengan meredam dampak gerak heaving. Dengan ini direncanakan dengan bentuk heaving plate lingkaran dan ditambahkan strip 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 untuk mengetahui beban dari yang diakibatkan oleh heaving palte dan juga menggunakan XBee S2C sebagai komunikasi dari Arduino ke PC (wireless). Nilai gerakan pitching pada ponton tanpa heaving plate yaitu 15°, sedangkan pada ponton dengan heaving plate nilai pitching 8°. Untuk nilai rolling ponton tanpa heaving plate yaitu 4°, sedangkan pada ponton dengan heaving plate memiliki nilai rolling 2°. Untuk nilai gerakan heaving pada ponton tanpa heaving plate yaitu 25 mm, sedangkan pada ponton dengan heaving plate nilai heaving 13 mm.

Kata Kunci : Olah gerak, Heaving Plate, Strip Plate, Towing tank, Mikrokontroler, Wireless

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan, yang memiliki luas wilayah air 2/3 dari jumlah luas keseluruhan wilayahnya. Ini menjadikan sektor maritim di Indonesia sangat potensial, terutama di bidang perkapalan, termasuk offshore dan transportasi.

Kecepatan angin pada permukaan air laut merupakan fenomena yang penting bagi sektor laut. Kecepatan angin menghasilkan gelombang yang dapat menjangkau daerah yang luas. Interaksi antara masing - masing gelombang menghasilkan formasi yang kompleks di laut irregular. untuk meningkatkan keamanan kapal berlayar maka diperlukan pemahaman dan pengetahuan tentang keadaan laut. Wawasan tentang wilayah laut didapat dari analogi *wave bouy* untuk pengukuran gerakan kapal dilaut. Gerakan *wave bouy* dibuat

untuk menyerupai dari gerakan kapal, jadi respons olah gerak dari *wave bouy* terhadap keadaan laut dapat digunakan sebagai estimasi parameter keadaan laut dan spektrum gelombang[1].

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*)[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].

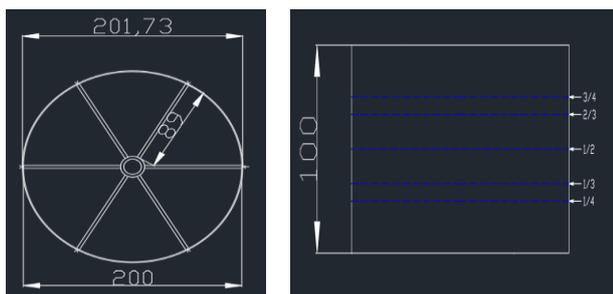
Pada pembahasan kali ini akan difokuskan pada pengaruh modifikasi bangunan apung (pontoon) terhadap respon olah gerak bangunan apung karena ombak. Modifikasi berupa penambahan *heaving plate* pada bagian bawah pontoon. Dimana *heaving plate* dibentuk untuk meningkatkan massa efektif dari spar, dan untuk mempengaruhi olah gerak vertikal dari spar itu sendiri [6]. Penambahan *heaving plate* ini dapat menstabilkan respon olah gerak dari bangunan apung dengan meredam dampak gerak *heaving* [7]. Dengan ini direncanakan dengan bentuk *heave plate* lingkaran dan ditambahkan *strip plate*.

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

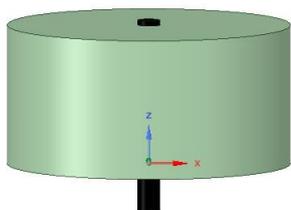
2. METODE

2.1. Objek Penelitian

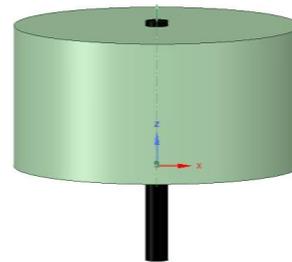
Objek yang diteliti adalah pontoon yang terbuat dari akrilik, serta didalam pontoon terdapat sekat untuk keperluan pengisian muatan dan analisa, dengan sesuai dimensi yang telah didesain, yang ditunjukkan pada gambar 1, sebagai berikut:



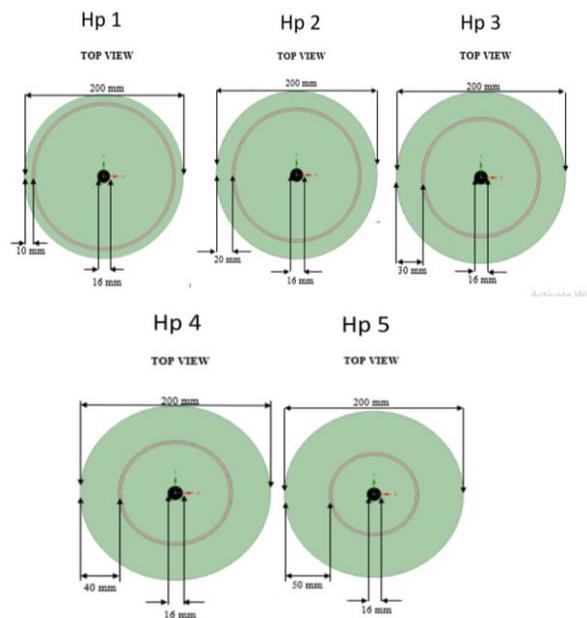
Gambar 1. Desain lambung ponton



Gambar 2. Desain 3D Lambung Ponton dengan Spar 134 mm



Gambar 3. Desain 3D Lambung Ponton dengan Spar 167 mm



Gambar 4. Desain Variasi Heaving Plate

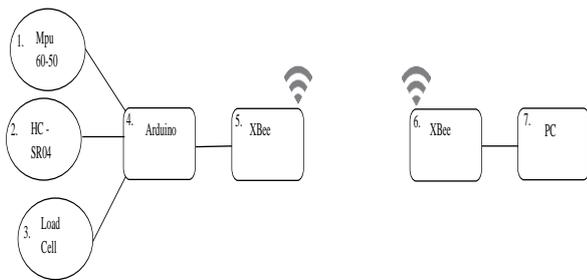
Parameter yang diberikan untuk menunjukkan nilai seakeeping atau olah gerak pontoon bila diberi variasi muatan adalah:

1. Parameter tetap : Bentuk pontoon silinder/tabung berbahan akrilik dan mempunyai 6 sekat dengan *heaving plate* berbentuk lingkaran dengan *strip plate*.
2. Parameter berubah : Tinggi muatan (0H dan 1/4H), gelombang 15 V dan 20 V, jarak plate strip pada *heaving plate*, tinggi spar (134 mm dan 167 mm)

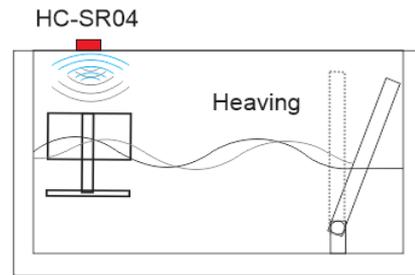
2.2. Perlakuan pada objek

Pengukuran pontoon diberikan perlakuan penambahan beban pada tiap pontoon dan menggunakan dua metode, yaitu dengan menggunakan *wireless*, berikut rangkaiannya:

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



Gambar 5. Rangkaian *Wireless*



Gambar 7. Skema Pengukuran Gerakan Translasi [10]

Keterangan dari skema rangkaian dari gambar 5:

1. MPU-6050, alat yang digunakan untuk mengetahui sudut saat ponton *pitching* ataupun *rolling*. [9]
2. HC-SR04, alat yang digunakan untuk mengukur jarak *heaving* pada ponton. [11]
3. Load Cell, alat yang digunakan untuk mengukur beban heaving yang ditimbulkan oleh *heaving plate*. [12]
4. Arduino berfungsi sebagai mikrokontroler. [8]
5. XBee transmitter berfungsi untuk alat komunikasi untuk mengirimkan data dari arduino ke XBee *reciver* yang kemudian diolah di PC. [13]
6. XBee *reciver* berfungsi untuk menerima hasil yang diolah Arduino yang dikirim lewat XBee *transmitter*. [14]
7. PC (personal computer) sebagai display hasil dari pengukuran.

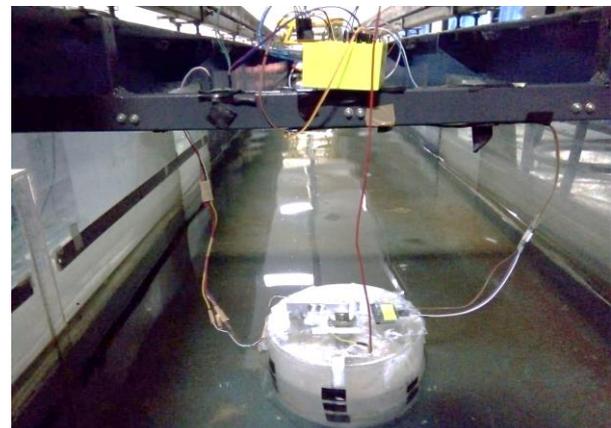


Gambar 8. Pemasangan Heaving Plate ke Ponton .

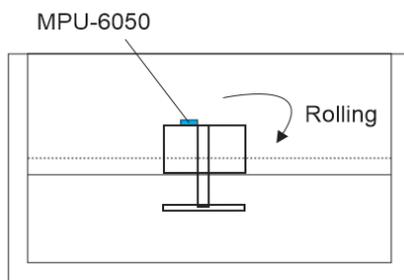
2.3. Proses Pengujian

Pengujian model ponton pada *towing tank* yang diberi gelombang, untuk mengetahui respon dari model ponton dengan berbagai variabel. Pengujian dilakukan selama 5 detik pada tiap variasi, dan akan diambil nilai tertinggi untuk tiap nilai olah gerak.

Berikut skema pengukuran nilai olah gerak, skema pengukuran gelombang, proses pengukuran pengukuran menggunakan *wireless* yang ditunjukkan pada gambar 6, gambar 7, gambar 8 dan gambar 9`:



Gambar 9. Pemasangan Alat Ukur ke Ponton.



Gambar 6. Skema Pengukuran Gerakan Rotasi [10]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perakitan Alat Ukur

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

3.2. Pengujian dan Validasi Alat Ukur

1. Validasi Dengan menggunakan *Wireless*:

Hasil pengukuran validasi dengan mengambil sample *rolling* kedua mpu 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 terhadap objek, saya mengambil satu sensor ultrasonic dari tiga sensor yang saya gunakan, karena kodingan yang saya pakai sama. Hasilnya menunjukkan bahwa pada display PC menunjukkan jarak sensor ultrasonic dengan objek sejauh 6cm, jaraknya sama dengan yang dimistar 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

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

b. 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.

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 hanya 18,5cm yang tergolong dangkal, yang kedua karena dari pembangkit ombak terjadi eror pada engselnya, sehingga gelombang pada bagian utara dan selatan berbeda.

2. Pengukuran Olah Gerak Ponton

Hasil dari pengukuran olah gerak menggunakan 1 sensor MPU yang terletak dipinggir ponton dan menggunakan HC-SR04 yang terletak seperti pada gambar 8.

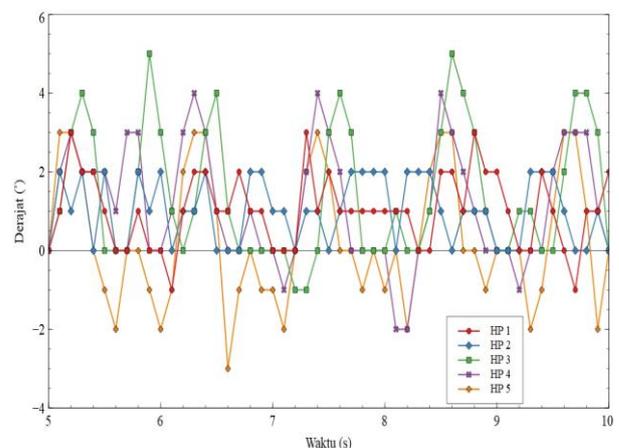
a. Perubahan *Pitching* pada ponton

Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 1, gambar 10 dan 11 berdasarkan pengamatan perubahan sudut *pitching* pada gelombang 20 V, Muatan Kosong dan spar 1 memiliki nilai derajat yang lebih besar, pada gelombang 20 V

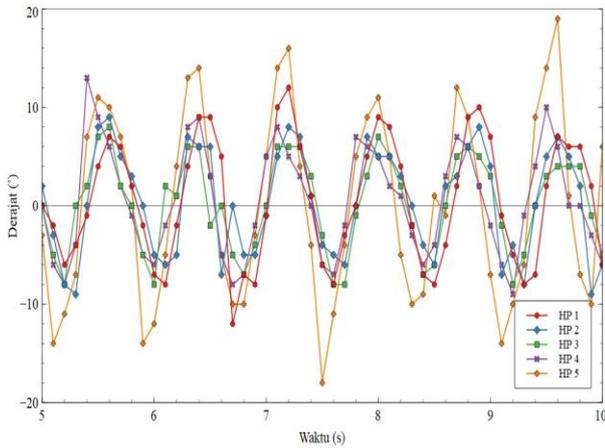
diakibatkan karena tinggi gelombang, untuk ponton yang memiliki Muatan Kosong atau tanpa muatan juga grafik *pitching* terlihat lebih besar, dan spar 1 karena memiliki ukuran yang lebih panjang. (spar 1 = 167 mm, spar 2 = 134 mm). (muatan kosong = muatan setinggi 0 H, tingi muatan 1/4 H = muatan yang setinggi 1/4 H ponton). (gel 1 = gelombang 15 V dengan tinggi 0,55 cm, gel 2 = gelombang 20 V dengan tinggi 1,25 cm). (Variasi 1 = spar 1 Muatan Kosong, Variasi 2 = spar 1 Tinggi Muatan 1/4 H, Variasi 3 = spar 2 Muatan Kosong, Variasi 4 = spar 2 Tinggi Muatan 1/4 H). 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*

Spar, Muatan dan Gelombang	Hp 1	Hp 2	Hp 3	Hp 4	Hp 5
Variasi 1 gel 1	4°	6°	6°	8°	-5°
Variasi 1 gel 2	7°	9°	8°	8°	6°
Variasi 2 gel 1	3°	2°	5°	4°	3°
Variasi 2 gel 2	10°	8°	8°	8°	9°
Variasi 3 gel 1	-5°	6°	6°	4°	5°
Variasi 3 gel 2	10°	8°	8°	8°	9°
Variasi 4 gel 1	6°	4°	4°	4°	6°
Variasi 4 gel 2	12°	9°	8°	13°	19°



Gambar 10. Grafik Hasil Pengukuran *Pitching* pada Spar 1 dengan Tinggi Muatan 1/4H di Gelombang 1



Gambar 11. Grafik Hasil Pengukuran *Pitching* pada Spar 1 dengan Muatan Kosong di Gelombang 2

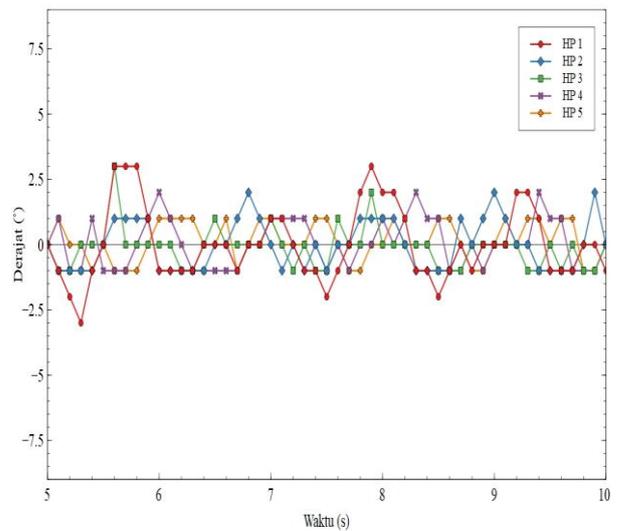
Dari grafik terlihat beberapa perbedaan olah gerak dari ponton tabung antara heaving plate 1 sampai heaving plate 5, itu diakibatkan karena jarak strip plate dari heaving plate yang berbeda sehingga pada saat terkena gelombang pergerakannya juga berbeda. Dan juga perbedaan jumlah muatan mempengaruhi olah gerak terlihat digambar olah gerak ponton tanpa muatan atau Muatan Kosong berbeda dengan olah gerak dengan muatan setinggi 1/4 H ponton .

b. Perubahan *Rolling* pada ponton

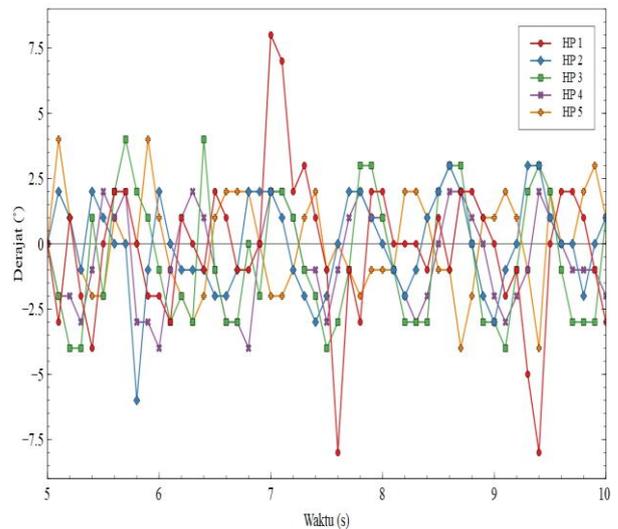
Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 2, gambar 12 dan 13 berdasarkan pengamatan perubahan sudut *rolling* pada gelombang 20 V, Muatan Kosong dan spar 1 memiliki nilai derajat yang lebih besar, pada gelombang 20 V diakibatkan karena tinggi gelombang, untuk ponton yang memiliki Muatan Kosong atau tanpa muatan juga grafik *rolling* terlihat lebih besar, dan spar 1 karena memiliki ukuran yang lebih panjang. (spar 1 = 167 mm, spar 2 = 134 mm). (muatan kosong = muatan setinggi 0 H, tingi muatan 1/4 H = muatan yang setinggi 1/4 H ponton). (gel 1 = gelombang 15 V dengan tinggi 0,55 cm, gel 2 = gelombang 20 V dengan tinggi 1,25 cm). (Variasi 1 = spar 1 Muatan Kosong, Variasi 2 = spar 1 Tinggi Muatan 1/4 H, Variasi 3 = spar 2 Muatan Kosong, Variasi 4 = spar 2 Tinggi Muatan 1/4 H). 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*

Spar, Muatan dan Gelombang	Hp 1	Hp 2	Hp 3	Hp 4	Hp 5
Variasi 1 gel 1	-2°	-2°	2°	-3°	-3°
Variasi 1 gel 2	-3°	-3°	-3°	-3°	-3°
Variasi 2 gel 1	-3°	2°	2°	2°	-2°
Variasi 2 gel 2	-3°	3°	2°	3°	3°
Variasi 3 gel 1	-3°	-3°	2°	2°	2°
Variasi 3 gel 2	8°	-6°	4°	-4°	4°
Variasi 4 gel 1	3°	2°	3°	2°	1°
Variasi 4 gel 2	4°	3°	3°	2°	3°



Gambar 12. Grafik Hasil Pengukuran *Rolling* pada Spar 2 dengan Tinggi Muatan 1/4H di Gelombang 1



Gambar 13. Grafik Hasil Pengukuran *Rolling* pada Spar 2 dengan Muatan Kosong di Gelombang 2

Dari grafik terlihat beberapa perbedaan olah gerak dari ponton tabung antara heaving plate 1 sampai heaving plate 5, itu diakibatkan karena

jarak strip plate dari heaving plate yang berbeda sehingga pada saat terkena gelombang pergerakannya juga berbeda. Dan juga perbedaan jumlah muatan mempengaruhi olah gerak terlihat digambar olah gerak ponton tanpa muatan atau Muatan Kosong berbeda dengan olah gerak dengan muatan setinggi 1/4 H ponton .

c. Perubahan Heaving dan beban dari heaving plate pada Ponton

Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 3,tabel 4,gambar 14 dan 15 berdasarkan pengamatan perubahan heaving pada gelombang gel 1, Tinggi Muatan 1/4 H dan spar 1 memiliki nilai derajat yang lebih besar, untuk ponton yang memiliki Tinggi Muatan 1/4 H atau tanpa muatan juga grafik pitching terlihat lebih besar, dan spar 2 mempengaruhi nilai beban heaving menjadi lebih besar karena memiliki ukuran yang lebih pendek. (spar 1 = 167 mm, spar 2 = 134 mm). (muatan kosong = muatan setinggi 0 H, tingi muatan 1/4 H = muatan yang setinggi 1/4 H ponton). (gel 1 = gelombang 15 V dengan tinggi 0,55 cm, gel 2 = gelombang 20 V dengan tinggi 1,25 cm).(Variasi 1 = spar 1 Muatan Kosong, Variasi 2 =spar 1 Tinggi Muatan 1/4 H, Variasi 3 = spar 2 Muatan Kosong, Variasi 4 = spar 2 Tinggi Muatan 1/4 H). 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).

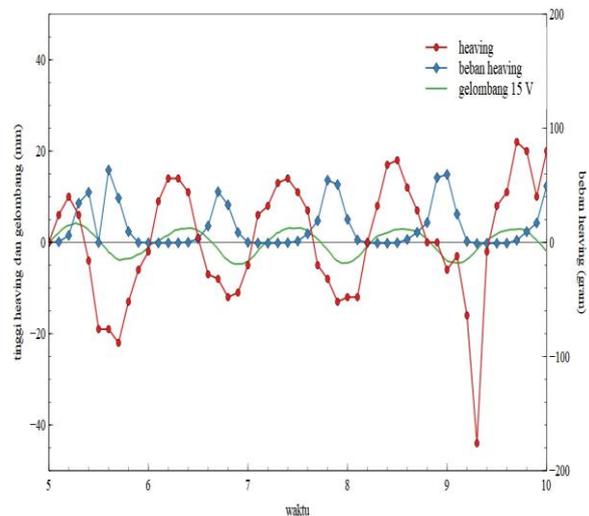
Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Heaving (mm)

Spar, Muatan dan Gelombang	Hp 1	Hp 2	Hp 3	Hp 4	Hp 5
Variasi 1 gel 1	12	17	10	17	19
Variasi 1 gel 2	28	20	21	22	19
Variasi 2 gel 1	44	23	24	25	27
Variasi 2 gel 2	22	37	24	21	28
Variasi 3 gel 1	24	22	15	21	17
Variasi 3 gel 2	16	22	24	20	34
Variasi 4 gel 1	15	32	12	16	9
Variasi 4 gel 2	18	14	15	19	13

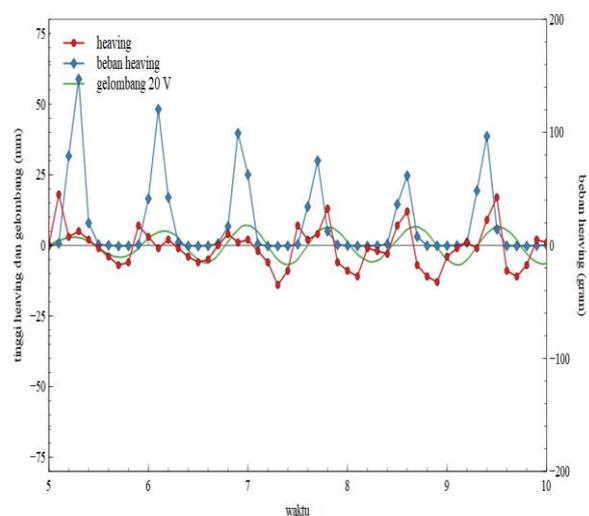
Tabel 4. Data Hasil Pengukuran Beban Heaving (gram)

Spar, Muatan dan Gelombang	Hp 1	Hp 2	Hp 3	Hp 4	Hp 5
variasi 1 gel 1	5.19	13	0.57	0.47	4.37
variasi 1 gel 2	113	89.78	63.4	73.1	65
variasi 2 gel 1	63.4	58.36	44.5	50.4	32.9
variasi 2 gel 2	28.7	21.2	28.8	12.7	35.72

variasi 3 gel 1	4.91	4.15	0.46	0.56	0.56
variasi 3 gel 2	137	125.5	83.8	41.7	120.2
variasi 4 gel 1	109	24.36	0.46	25.3	41.64
variasi 4 gel 2	147	89.71	72.6	74.6	134.2



Gambar 14. Grafik Hasil Pengukuran Heaving dan Beban Heaving pada Heaving Plate 1 Menggunakan Spar 1 dengan Tinggi Muatan 1/4H di Gelombang 1



Gambar 15. Grafik Hasil Pengukuran Heaving dan Beban Heaving pada Heaving Plate 1 paada Spar 2 dengan Tinggi Muatan 1/4 H di Gelombang 2

Dari grafik terlihat beberapa perbedaan olah gerak dari ponton tabung antara heaving plate 1 sampai heaving plate 5, itu diakibatkan karena jarak strip plate dari heaving plate yang berbeda sehingga pada saat terkena gelombang pergerakannya juga berbeda. Dan juga perbedaan jumlah muatan mempengaruhi olah gerak terlihat digambar olah gerak ponton tanpa muatan atau

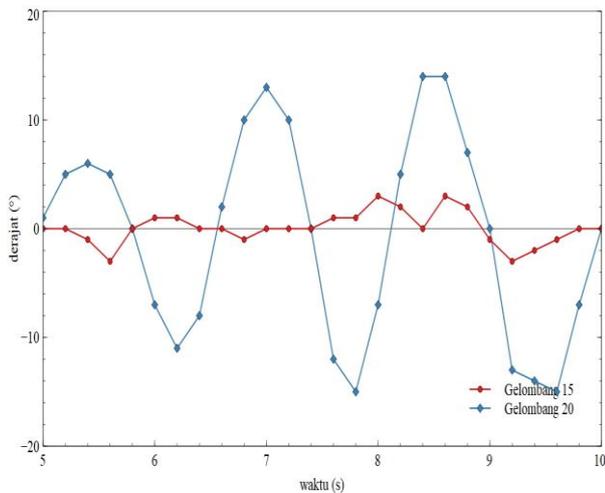
Muatan Kosong berbeda dengan olah gerak dengan muatan setinggi 1/4 H ponton .

d. Perubahan Pitching, Rolling, Heaving Pada Ponton Tabung Tanpa Heaving Plate

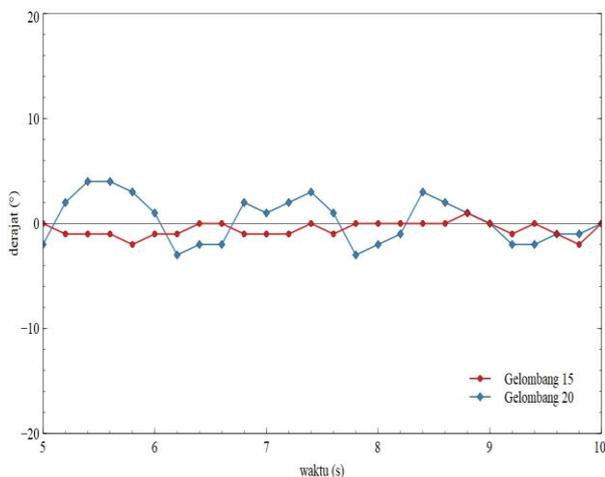
Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 5 gambar 13, berdasarkan pengamatan perubahan *heaving, pitching, rolling* pada gelombang gel 2, Tinggi Muatan 1/4 H perubahannya lebih besar dibanding gelombang gel 1, Muatan Kosong. (Muatan Kosong = muatan kosong, Tinggi Muatan 1/4 H = muatan yang setinggi 1/4 H ponton), (gelombang gel 1 = gelombang dengan tinggi 0,55 cm, gelombang gel 2 = gelombang dengan tinggi 1,25 cm).

Tabel 5. Data Hasil Pengukuran Pitching, Rolling, Heaving

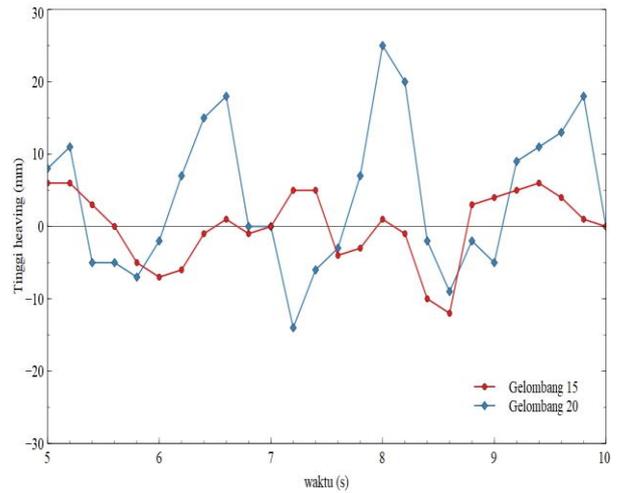
Muatan dan Gelombang	Pitching	Rolling	Heaving
Muatan 0 gel 1	1°	1°	12 mm
Muatan 0 gel 2	11°	5°	17 mm
Muatan 0,25 15V	3°	2°	12 mm
Muatan 0,25 20V	15°	4°	25 mm



Gambar 16. Grafik Pitching Tinggi Muatan 1/4 H



Gambar 17. Grafik Rolling Tinggi Muatan 1/4 H



Gambar 18. Grafik Heaving Tinggi Muatan 1/4 H

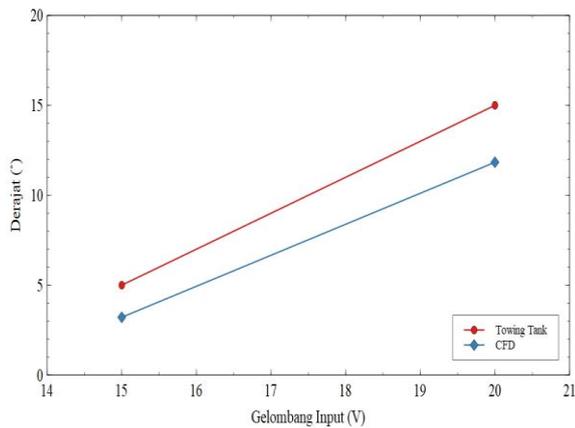
Dari grafik terlihat beberapa perbedaan olah gerak dari ponton tabung dengan perbandingan gelombang gel 1 dan gel 2, dan perbedaan tinggi muatan 0 dan muatan setinggi 1/4 H.

e. Validasi Pengukuran Di Towing Tank Dengan CFD

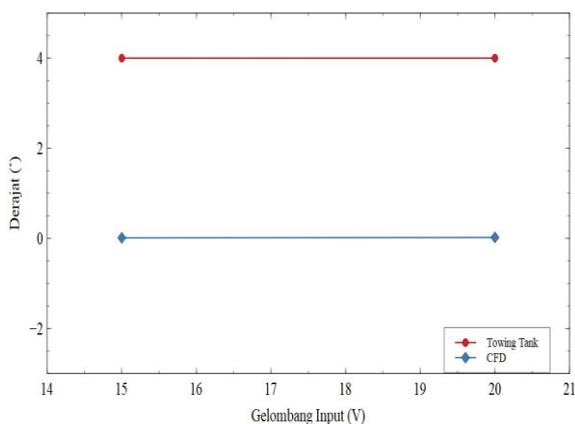
Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran *heaving, pitching, rolling* ponton tabung dengan hasil running CFD. Dari hasil tersebut yang terlihat pada grafik kedua hasil memiliki trend yang sama pada setiap grafiknya. (Pengukuran = Hasil yang didapat dari towing tank, CFD = Hasil yang di dapat dari running CFD) (gelombang gel 1 = gelombang 15 V dengan tinggi 0,55 cm, gelombang gel 2 = gelombang 20 V dengan tinggi 1,25 cm).

Tabel 6. Data Heaving, Pitching, Rolling pada Tinggi Muatan 1/4 H Metode Pengukuran dan CFD

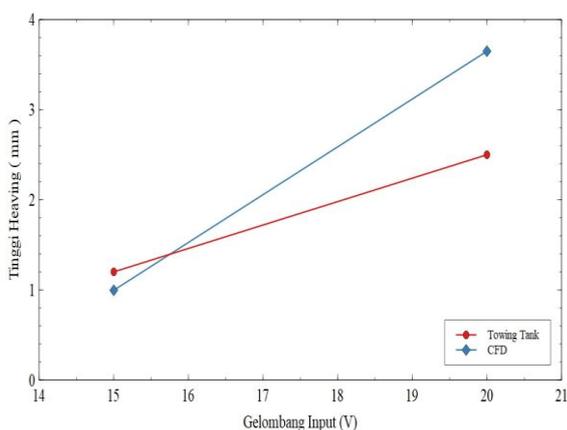
Metode dan Gelombang	Heaving	Pitching	Rolling
Pengukuran gel 1	1.2 cm	5°	4°
Pengukuran gel 2	2.5 cm	15°	4°
CFD gel 1	0.996 cm	3.213°	0.012°
CFD gel 2	3.649 cm	11.834°	0.020°



Gambar 19. Grafik Perbandingan Nilai *Pitching* Tinggi Muatan 1/4 H



Gambar 20. Grafik Perbandingan Nilai *Rolling* Tinggi Muatan 1/4 H



Gambar 21. Grafik Perbandingan Nilai *Heaving* Tinggi Muatan 1/4 H

Dari grafik terlihat perbedaan nilai olah gerak ponton tabung metode pengukuran dengan metode CFD. Perbedaan tersebut terjadi karena beberapa faktor yaitu, gelombang yang tidak rata datangnya antara kiri dan kanan, posisi ponton yang tidak diam di tengah, kelembaban yang berbeda, sehingga memiliki nilai yang berbeda.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Dari hasil analisa yang telah dilakukan pada alat ukur olah gerak dan pengukuran olah gerak setiap variasi heaving plate dengan pengaruh tinggi muatan, variasi gelombang maka disimpulkan bahwa:

Nilai olah gerak yang terbentuk dari pengukuran menunjukkan bahwa ponton dengan *heaving plate* 5 memiliki nilai *pitching* tertinggi 19° sedangkan nilai *pitching* terendah dimiliki oleh *heaving plate* 2 pada nilai 2°. Sedangkan Pada nilai *rolling heaving plate* 1 memiliki nilai *rolling* yang tertinggi, yaitu 8° sedangkan pada *heaving plate* 5 memiliki nilai *rolling* terendah pada 1°. Untuk nilai *heaving* sendiri perubahannya semakin tinggi gelombang rata rata tinggi *heaving* semakin tinggi juga. Untuk nilai *heaving* tertinggi dimiliki oleh *heaving plate* 1 yaitu pada 44 mm. Untuk nilai *heaving* terendah dimiliki oleh *heaving plate* 3 pada 10 mm.

Nilai olah gerak dari pengukuran ponton tabung yang menggunakan *heaving plate* dibandingkan tidak menggunakan *heaving plate* menunjukkan nilai berbeda, ini diakibatkan karena penambahan beban dan pengaruh bentuk strip plate pada *heaving plate*. Nilai gerakan *pitching* pada ponton tanpa *heaving plate* pada gelombang gel 2 dan tinggi muatan 1/4 H yaitu 15°, sedangkan pada ponton dengan *heaving plate* untuk pada keadaan yang sama memiliki nilai *pitching* 8° yang dihasilkan oleh spar 1(167 mm) pada Hp 2,3 dan 4. Untuk nilai *rolling* ponton tanpa *heaving plate* pada gelombang gel 2 dan tinggi muatan 1/4 H yaitu 4°, sedangkan pada ponton dengan *heaving plate* untuk keadaan yang sama memiliki nilai *rolling* 2° yang dihasilkan oleh spar 1(167 mm) dan Hp 3. Untuk nilai gerakan *heaving* pada ponton tanpa *heaving plate* pada gelombang gel 2 dan tinggi muatan 1/4 H yaitu 25 mm, sedangkan pada ponton dengan *heaving plate* untuk pada keadaan yang sama memiliki nilai *heaving* 13 mm yang dihasilkan oleh spar 2(134 mm) dan Hp 5.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. O. Abankwa, S. J. Johnston, M. Scott, and S. J. Cox, "Ship motion measurement using an inertial measurement unit," IEEE World Forum Internet Things, WF-IoT 2015 - Proc., no. May, pp. 375–380, 2015.
- [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. 1–11.
- [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] D. Bull, J. Gerber, and W. Powers, “Heave plate with improved characteristics,” vol. 2, no. 12, 2011.
- [7] 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.
- [8] I. Inc., “Arduino Uno Rev3,” 2013. [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. [Accessed: 25-Mar-2019].
- [9] I. Inc., “MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification,” *Inven. Inc. Prod. Specif.*, vol. 3.4, no. 408, pp. 1–57, 2013.
- [10] E. S. Hadi, M. Iqbal, A. W. B. Santosa, Karnoto, “Experimental Measurement of Floating Structure Motion Response Based on the low-cost Microcontroller in Towing tank Laboratory-,” *I. J. M. E. T* Vol. 9, no. 1, pp. 614-624, 2018.
- [11] Micropik, “Ultrasonic Ranging Module HC - SR04 Data Sheet,” pp. 3–5, 2012.
- [12] Robotshop, “HC-SR04 Ultrasonic Range Finder.” [Online]. Available: <https://www.robotshop.com/jp/en/hc-sr04-ultrasonic-range-finder.html>. [Accessed: 25-Mar-1BC].
- [13] MaxStream, “Xbee Series 2 oEM RF Modules,” *Digi Int. inc.*, vol. 2, p. 62, 2007.
- [14] Parallax Inc., “XBee USB Adapter Board (# 32400),” no. 916, pp. 1–5, 2010.
- [15] ROBOTIKA, J. (n.d.). LOAD CELL 1 KG. Retrieved from <http://www.jogjarobotika.com/sensor-berat/1013-loadcell-load-cell-1kg.html>