



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Pengaturan *Wave Maker* dalam Pembangkitan Gelombang Reguler dengan Variasi Kecepatan Motor Berbasis Mikrokontroler *Open Hardware* pada Laboratorium Hidrodinamika Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Aulia Ramadhan Kopayona<sup>1)</sup>, Eko Sasmito Hadi<sup>2)</sup>, Deddy Chrismianto<sup>3)</sup>  
Laboratorium Hidrodinamika

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

<sup>\*)</sup>e-mail : [aulia.kopayona@gmail.com](mailto:aulia.kopayona@gmail.com), [ekosasmitohadi@gmail.com](mailto:ekosasmitohadi@gmail.com), [deddychrismianto@yahoo.co.id](mailto:deddychrismianto@yahoo.co.id),

### Abstrak

Penelitian dan pengujian dalam teknologi perkapalan sebagian besar menggunakan modelling dan diuji coba pada Towing Tank. Pengujian Towing Tank dapat menghasilkan nilai olah gerak dan hambatan suatu kapal. Olah gerak kapal yang terjadi pada Towing Tank dihasilkan oleh gelombang air yang dihasilkan Wave Maker dengan membangkitkan gelombang air. Penelitian ini mengatur kecepatan putaran motor listrik dengan menggunakan metode Pulse Width Modulation (PWM) berbasis mikrokontroler open hardware yang terhubung pada wave maker dan mendapatkan hasil pengujian, alat ini dapat menghasilkan 13 variasi kecepatan putaran motor listrik akan tetapi hanya 4 variasi yang diteliti. Berdasarkan hasil uji coba pengukuran tinggi gelombang tertinggi dihasilkan pada 100% kecepatan putaran motor dengan nilai tinggi rata-rata 49 mm, panjang gelombang terpanjang dihasilkan pada 50% kecepatan putaran motor dengan nilai panjang rata-rata 81,6 cm, periode gelombang tertinggi dihasilkan pada 50% kecepatan putaran motor dengan waktu 1,563 sekon, dan kecepatan rambat gelombang tercepat dihasilkan pada 100% kecepatan putaran motor dengan kecepatan rata-rata 77,664 cm/s. Hasil dari penilitan ini digunakan sebagai data yang diolah dalam menentukan tinggi, panjang, periode dan kecepatan rambat gelombang yang dikehendaki dalam pengujian olah gerak di Towing Tank Laboratorium Hidrodinamika Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.

Kata Kunci : wave maker, towing tank, mikrokontroler, motor listrik

### 1. PENDAHULUAN

Gelombang laut merupakan fenomena alam yang kompleks, sehingga untuk mempelajarinya diperlukan pendekatan tertentu. Dalam mempelajari fenomena gelombang tersebut, telah banyak dilakukan pendekatan matematis yang mampu mewakili gelombang di alam. Pendekatan-pendekatan tersebut menghasilkan teori-teori gelombang diantaranya, Teori Gelombang Airy (linier), Teori Gelombang Stokes, Teori Gelombang Soliter, Teori Gelombang Cnoidal dan lain sebagainya. Di antara teori-teori gelombang tersebut, masing-masing memiliki batasan-batasan yang mampu mewakili kondisi di alam. [1]

Mekanika fluida bertujuan untuk merumuskan model matematis untuk menggambarkan suatu

bidang arus fluida tertentu. Namun, dalam banyak kasus hasil persamaan diferensial parsial bersifat nonlinier, dan solusi tepat hanya bisa diturunkan jika beberapa syarat dalam persamaan dapat diabaikan atau dilakukan pendekatan. Demikian, penelitian mekanika fluida sangat bergantung pada eksperimen dan simulasi numerik. [2]

*Wind tunnel* dan *towing tank* biasa digunakan untuk studi eksperimental terkontrol untuk memahami bidang arus tertentu secara fisik atau mendapatkan data yang diperlukan untuk merancang atau memperbaiki yang produk yang akan dihasilkan. Penggunaan *towing tank* sebagai alat eksperimental untuk studi hidrodinamika. Kelebihan dan kekurangannya dari aliran fluida selalu dibahas, dan kegunaannya diilustrasikan melalui banyak contoh hasil penelitian yang

diperoleh selama beberapa tahun terakhir di fasilitas tangki penarik. [3]

*Wave maker* digunakan untuk menggerakkan air secara berkala dari ujung ke ujung saluran gelombang dan menghilangkan pantulan energetik dari ujung yang berlawanan. [4]

Pengaturan lebar pulsa modulasi atau *PWM* merupakan salah satu teknik yang “ampuh” yang digunakan dalam sistem kendali (*control system*) saat ini. Pengaturan lebar modulasi dipergunakan di berbagai bidang yang sangat luas, salah satu diantaranya adalah: *speed control* (kendali kecepatan), *power control* (kendali sistem tenaga), *measurement and communication* (pengukuran atau instrumentasi dan telekomunikasi). [5]

Penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian tentang Pengukuran Olah Gerak Ponton Akibat Pengaruh Gelombang Reguler dengan Variasi Bentuk dan Muatan Berbasis Mikrokontroler pada Towing Tank Laboratorium Hidrodinamika penelitian ini mengukur nilai olah gerak pada ponton dengan variasi jenis muatan padat dan cair dapat disimpulkan bahwa karakteristik benda yang bebas bergerak dengan benda yang diam, mempengaruhi nilai olah gerak [6]. Rancang Bangun Regular Wave Maker Paddle Type Using Reciprocating Linear Motion pada Towing Tank Laboratorium Hidrodinamika Departemen Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro yang mendapatkan hasil perubahan stroke lever mempengaruhi hasil tinggi gelombang yang dihasilkan. Nilai rata-rata tinggi gelombang (H) tertinggi pada stroke lever 9cm dengan nilai tinggi sebesar 3,580 cm, perubahan tegangan input motor elektrik mempengaruhi hasil periode gelombang yang dihasilkan. Nilai rata-rata panjang gelombang ( $\lambda$ ) tertinggi pada stroke lever 9cm dengan nilai tinggi sebesar 82,60 cm pada variasi stroke lever 9cm dengan tegangan input sebesar 12V. [7]. *A Modified Wavemaker Boundary Condition for a Numerical Wave Tank Based on The WCSPH Method* jurnal ini menciptakan data numerik saluran gelombang dengan menggunakan metode SPH. Penyerap gelombang *wave maker* dan zona redaman diatur dalam model untuk menghilangkan pengaruh gelombang pantulan sekunder dari pembuat gelombang dan untuk menyerap gelombang masuk diujung saluran gelombang. [8]

Tujuan dari penelitian ini mendapatkan hasil dari analisa perubahan kecepatan putaran motor terhadap tinggi gelombang (H), panjang gelombang ( $\lambda$ ), periode gelombang (T), dan kecepatan rambat gelombang (V) dan mengatur *wave maker* gelombang regular berbasis mikrokontroler open hardware yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan.

## 2. METODE

### 2.1. Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah *towing tank* pada laboratorium hidrodinamika Departemen Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro. *Towing tank* memiliki *wave maker* yang akan diprogram agar dapat menghasilkan gelombang regular sesuai dengan variasi kecepatan putaran motor listrik yang dikehendaki. Hal tersebut akan menghasilkan tinggi gelombang (H), cepat rambat gelombang (Vs), panjang gelombang ( $\lambda$ ), periode gelombang (T).

### 2.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Gambar 1 lebih tepatnya di laboratorium hidrodinamika Departemen Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro. Ukuran pada *towing tank* dijelaskan pada Tabel 1.



Gambar 1. *Towing Tank* Departemen Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Tabel 1. Ukuran *Towing Tank*

Ukuran	Dimensi
Panjang	13,00 m
Lebar	0,79 m
Tinggi	0,60 m
Draft	0,25 m

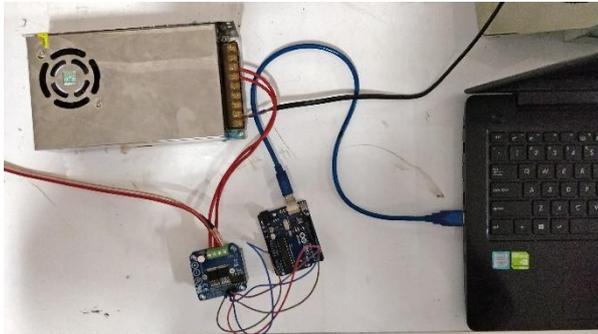
### 2.3. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan motor listrik DC 24V sebagai penggerak *wave maker*. Mikrokontroler terdiri dari Arduino Uno R3 sebagai alat pemrosesan data dan BTS 7960 yang digunakan penyambung dan pelindung antara motor listrik dengan Arduino Uno R3, mikrokontroler ini disambungkan dengan kabel *jumper* sebagai penghubung. *Power supply* sebagai penyuplai arus listrik yang sebelumnya diubah dari bentuk arus listrik AC menjadi arus listrik DC untuk motor listrik dan mikrokontroler. Sensor ultrasonik HC-SR04 dan mistar mengukur

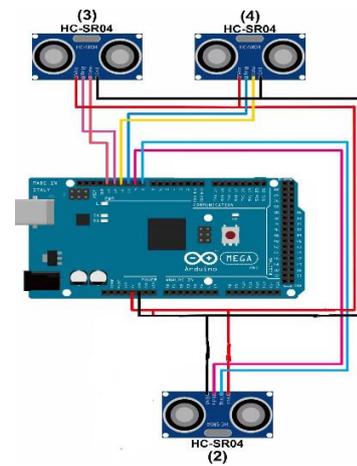
ketinggian dan tinggi gelombang yang dihasilkan *wave maker*. *Tachometer* laser mengukur RPM yang dihasilkan motor listrik.

### 2.4. Perakitan Mikrokontroler dan Skema Alat Tinggi Ukur Gelombang

Perakitan mikrokontroler pada Gambar 2 dihubungkan dengan *power supply* sebagai sumber tenaga untuk penggerak motor listrik dan mengatur *pulse width modulation* (PWM).

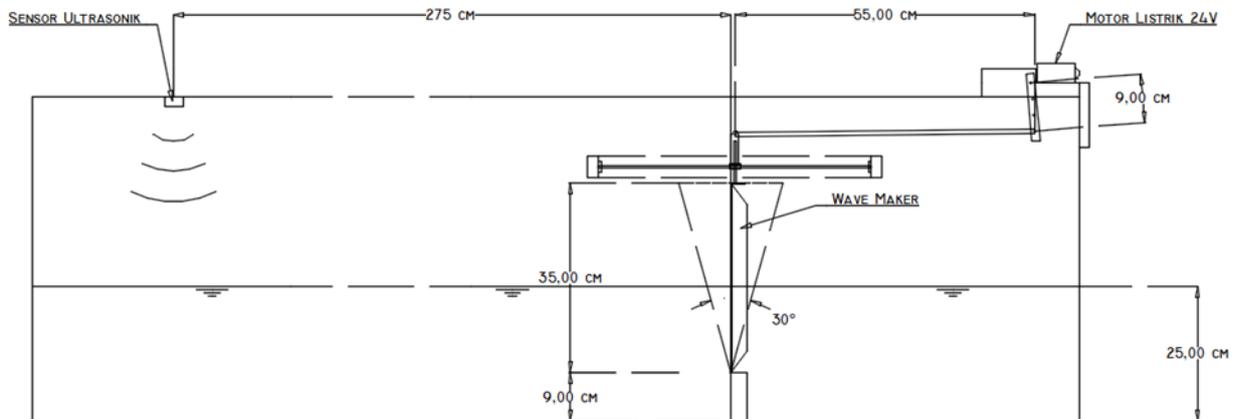


Gambar 2. Perakitan Mikrokontroler



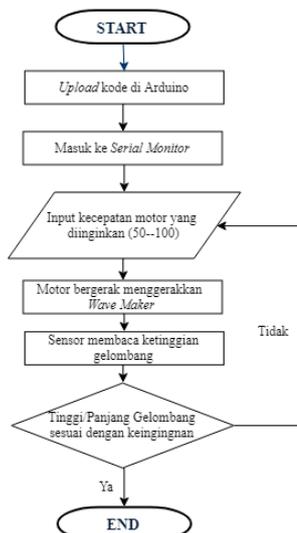
Gambar 3. Skema Alat Ukur Gelombang

Sensor ultrasonik diletakkan dengan jarak 275 cm dari *wave maker*, peletakkan dijelaskan pada Gambar 4. Peletakkan ini didapatkan dari penelitian sebelumnya



Gambar 4. Sketsa Wave Maker dan Letak Sensor Ultrasonik

### 2.5. Algoritma



Gambar 5. Algoritma Cara Kerja Arduino

Gambar 5 merupakan penjelasan bagaimana cara kerja dari Arduino yang sudah diprogram sehingga dapat menghasilkan ketinggian dan panjang gelombang yang diuji dan diteliti.

### 2.6. Periode dan Kecepatan Gelombang

Periode (T) adalah waktu yang dibutuhkan suatu objek untuk menyelesaikan satu putaran penuh. Periode benda yang bergerak berputar n kali selama t sekon adalah. [9]

Jarak yang ditempuh dalam satu periode (t=T) adalah sama dengan satu maka.

$$T = \frac{t}{n} (s) \quad (1)$$

Gelombang adalah perambatan gangguan atau usikan dari suatu sumber dimana terjadi transfer

energi dari sumber tersebut ke ruang sekitarnya. Panjang gelombang ( $\lambda$ ) adalah jarak antara dua puncak ataupun lembah gelombang untuk melalui suatu titik tertentu. [10]

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f \text{ (m/s)} \quad (2)$$

Kecepatan rambat gelombang dinyatakan dalam  $v$  dengan satuan meter/sekon, panjang gelombang dinyatakan dalam  $\lambda$  dengan satuan meter, periode gelombang dinyatakan dalam  $T$  dengan satuan sekon, dan frekuensi gelombang dinyatakan dalam  $f$  dengan satuan *heartz*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Validasi Kecepatan Putaran Motor Listrik

Validasi ini dilakukan dengan tachometer laser untuk mengukur selisih perubahan RPM yang dihasilkan oleh motor listrik dengan kecepatan putaran motor listrik setelah disambungkan dengan *wave maker*. Terdapat 13 variasi kecepatan putaran motor yang dihasilkan tetapi hanya 4 saja yang diteliti. Kecepatan putaran motor listrik ditulis dengan persenan kerja motor listrik. Data perubahan RPM motor listrik ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perubahan RPM Motor Listrik

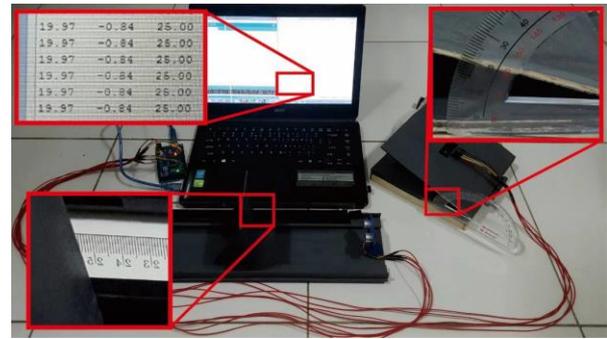
No	Kecepatan Putaran Motor Listrik (%)	RPM dihasilkan Motor Listrik	RPM dihasilkan Wave Maker	Presentase Perubahan (%)
1	50	73	46	36,98
2	66,6	100	73	27,00
3	83,3	126	92	26,98
4	100	152	115	24,34

Nilai RPM berbeda dikarenakan saat menggerakkan *wave maker* dibutuhkan torsi yang besar untuk motor listrik berputar.

#### 3.2. Validasi Alat Ukur Sensor Ultrasonik

Validasi ini dilakukan dengan mengukur ketepatan jarak sensor ultrasonik terhadap benda yang bergerak. Pengujiannya menggunakan benda yang digerakkan untuk mendeteksi perubahan jarak dengan sensor ultrasonik HC-SR04 dan dibandingkan dengan mistar.

Nilai yang dihasilkan 25,00 cm sama dengan yang ditunjukkan oleh mistar sebesar 25 cm melihat Gambar 6. Validasi mengetahui alat ukur ini berfungsi dengan baik, dan mendapatkan koreksi pengukurannya.

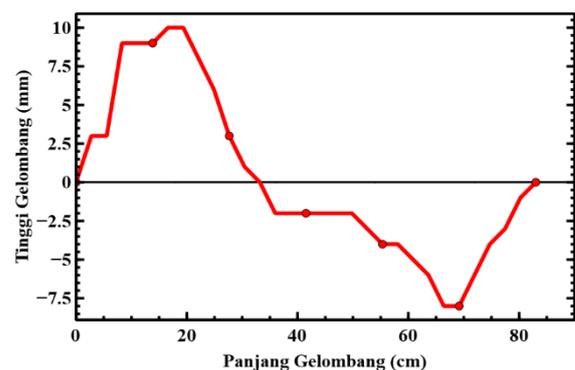


Gambar 6. Validasi Alat Ukur Sensor Ultrasonik

#### 3.3. Hasil Pengukuran Panjang Gelombang

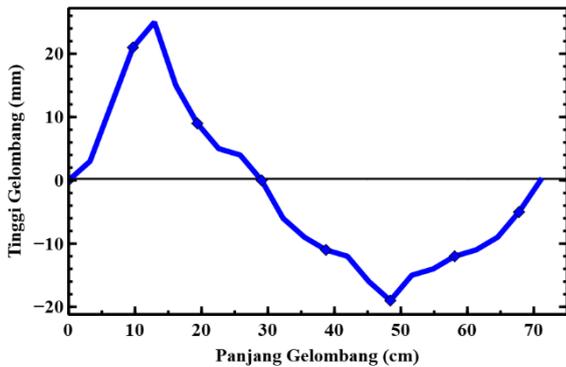
Pengukuran panjang gelombang yang dihasilkan oleh *wave maker* dengan cara pengamatan langsung dibantu dengan mistar yang telah dipasang pada dinding kaca towing tank dengan mengambil data sebanyak 5 data untuk diambil rata-rata dari kelima untuk menghindari margin hasil data yang kurang akurat karena dilakukan pengamatan secara langsung. *Stroke lever* yang digunakan 9 cm dan tinggi air pada *towing tank* saat melakukan pengujian 25 cm dilihat pada Gambar 8. Grafik yang akan ditampilkan merupakan grafik yang memiliki panjang gelombang terpanjang di setiap kecepatan putaran motor listrik.

Gambar 7 merupakan grafik hasil pengukuran panjang gelombang pada 50% kecepatan putaran motor listrik dengan 46 RPM yang dihasilkan *wave maker* memiliki panjang maksimal sebesar 83 cm.

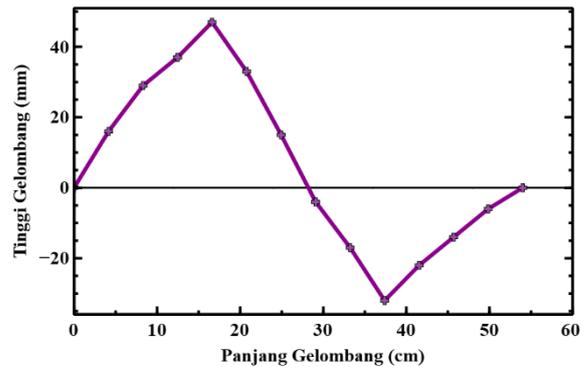


Gambar 7. Grafik Panjang Gelombang dengan 50% Kecepatan Putaran Motor Listrik

Gambar 8 merupakan grafik hasil pengukuran panjang gelombang pada 66,6% kecepatan putaran motor listrik dengan RPM yang dihasilkan *wave maker* sebesar 73 RPM memiliki panjang maksimal sebesar 71 cm.

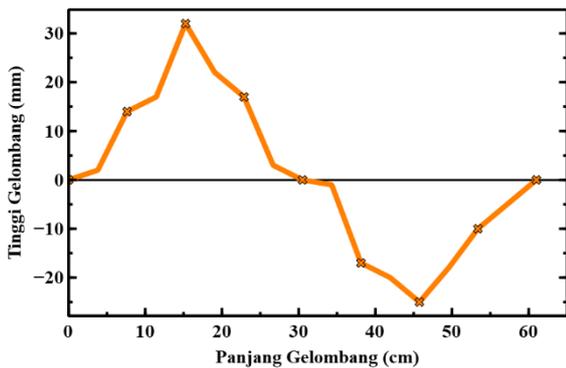


Gambar 8. Grafik Panjang Gelombang dengan 66,6% Kecepatan Putaran Motor Listrik



Gambar 10. Grafik Panjang Gelombang dengan 100% Kecepatan Putaran Motor Listrik

Gambar 9 merupakan grafik hasil pengukuran panjang gelombang pada 83,3% kecepatan putaran motor listrik dengan RPM yang dihasilkan *wave maker* sebesar 92 RPM memiliki panjang maksimal sebesar 61 cm.



Gambar 9. Grafik Panjang Gelombang dengan 83,3% Kecepatan Putaran Motor

Gambar 10 merupakan grafik hasil pengukuran panjang gelombang pada 100% kecepatan putaran motor listrik dengan RPM yang dihasilkan *wave maker* sebesar 115 RPM memiliki panjang maksimal sebesar 54 cm.

### 3.4. Hasil Pengukuran Tinggi Gelombang

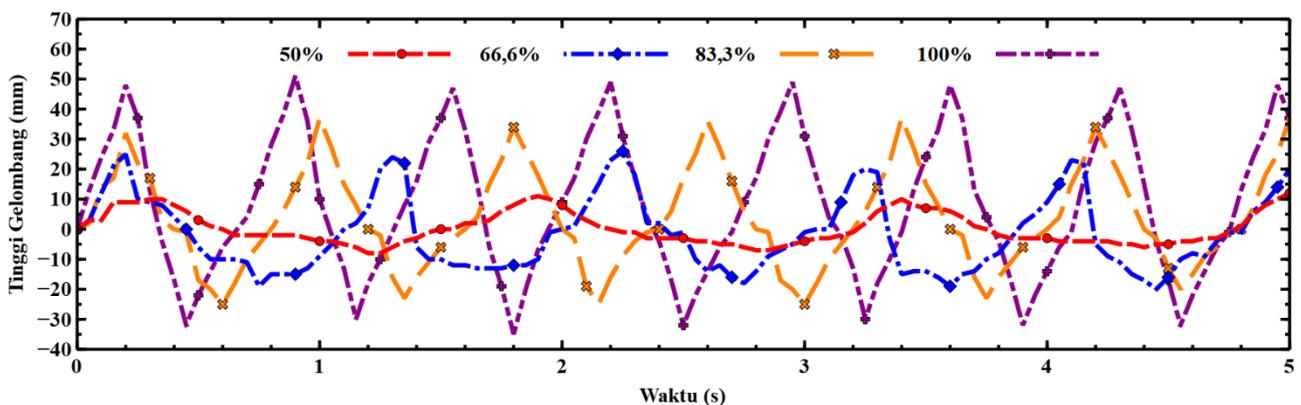
Pengukuran tinggi gelombang yang dihasilkan *wave maker* dari variasi kecepatan putaran motor menggunakan modul HC-SR04 atau sensor ultrasonik dan mistar yang diamati secara langsung sebagai pembanding hasil, sensor ultrasonik menghasilkan output rata-rata sebanyak 800 data output. Data diambil selama 5 detik setelah melakukan pengukuran..

Gambar 11 merupakan grafik hasil pengukuran tinggi gelombang tiap pengujian.

Pada 50% kecepatan putaran motor listrik menghasilkan tinggi gelombang maksimal 12 mm dengan RPM yang dihasilkan *wave maker* sebesar 46 RPM.

Pada 66,6% kecepatan putaran motor listrik menghasilkan tinggi gelombang maksimal 26 mm dengan RPM yang dihasilkan *wave maker* sebesar 73 RPM.

Pada 83,3% kecepatan putaran motor listrik menghasilkan tinggi gelombang maksimal 37 mm dengan RPM yang dihasilkan *wave maker* sebesar 92 RPM.



Gambar 11. Grafik Gabungan Tinggi Gelombang dengan Kecepatan Putaran Motor Listrik (50%; 66,6%; 83,3%; dan 100%)

Pada 100% kecepatan putaran motor listrik menghasilkan tinggi gelombang maksimal 51 mm

dengan RPM yang dihasilkan *wave maker* sebesar 115 RPM.

### 3.5. Perhitungan Periode dan Kecepatan Gelombang

Untuk mendapatkan hasil dari periode gelombang dan kecepatan gelombang melalui perhitungan dari hasil pengukuran pada sub bab sebelumnya dengan menggunakan rumus pada bab sebelumnya.

Pengukuran dalam pengujian dilakukan selama 5 kali yang nilainya akan dirata-rata. Pengukuran tinggi gelombang dilakukan dengan sensor ultrasonik yang dinyatakan dalam S dan mistar yang dinyatakan dalam M.

Tabel 5. Perhitungan Kecepatan Gelombang pada 50% Kecepatan Putaran Motor

Kecepatan Putaran Motor Listrik 50%					
Hasil Pengukuran	Tinggi Gel.		$\lambda$ (cm)	T (s)	V (cm/s)
	S (mm)	M (cm)			
1	10	1	81	1.501	51.82
2	11	1	83	1.563	53.10
3	10	1	82	1.532	52.46
4	9	1	80	1.493	51.18
5	11	1.1	82	1.532	52.46
<b>Maks.</b>	2	0.1	83	1.563	53.10
<b>Min.</b>	1	0.1	80	1.493	51.18
<b>Selisih</b>	1	0	2	0.070	1.919
<b>Rata-rata</b>	10.2	1.02	81.6	1.524	52.20

Tabel 5 merupakan hasil pengujian kecepatan gelombang yang diuji dengan 50% kecepatan putaran motor. Pengujian ini menghasilkan 5 periode dan 5 kecepatan gelombang dengan nilai rata-rata yang didapatkan periode sebesar 1,524 sekon dan kecepatan gelombang sebesar 52,2 cm/s.

Gelombang terpanjang dihasilkan dari pengujian pada 50% kecepatan putaran motor dengan nilai panjang rata-rata 81,6 cm pada mistar dibandingkan Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8.

Tabel 6. Perhitungan Kecepatan Gelombang pada 66,6% Kecepatan Putaran Motor

Kecepatan Putaran Motor Listrik 66,6%					
Hasil Pengukuran	Tinggi Gel.		$\lambda$ (cm)	T (s)	V (cm/s)
	S (mm)	M (cm)			
1	25	2	70	0.942	72.76
2	24	2.3	69	0.914	71.72
3	26	2.3	70	0.943	72.76
4	20	2	68	0.898	70.68
5	23	2	71	0.962	73.80
<b>Maks.</b>	26	2.3	71	0.962	73.80
<b>Min.</b>	20	2	68	0.898	70.68
<b>Selisih</b>	6	0.3	3	0.064	3.119
<b>Rata-rata</b>	23.6	2.12	69.6	0.931	72.34

Tabel 6 merupakan hasil pengujian kecepatan gelombang yang diuji dengan 66,6% kecepatan putaran motor. Pengujian ini menghasilkan 5 periode dan 5 kecepatan gelombang dengan nilai rata-rata yang didapatkan periode sebesar 0,931 sekon dan kecepatan gelombang sebesar 72,34 cm/s.

Tabel 7. Perhitungan Kecepatan Gelombang pada 83,3% Kecepatan Putaran Motor

Kecepatan Putaran Motor Listrik 83,3%					
Hasil Pengukuran	Tinggi Gel.		$\lambda$ (cm)	T (s)	V (cm/s)
	S (mm)	M (cm)			
1	32	3.3	61	0.803	75.965
2	37	3.5	60	0.763	74.720
3	34	3.2	61	0.801	75.965
4	36	3.5	59	0.747	73.474
5	37	3.5	60	0.763	74.720
<b>Mak.</b>	37	3.5	61	0.803	75.965
<b>Min.</b>	32	3.2	59	0.747	73.474
<b>Selisih</b>	5	0.3	2	0.056	2.491
<b>Rata-rata</b>	35.2	3.4	60.2	0.775	74.969

Tabel 7 merupakan hasil pengujian kecepatan gelombang yang diuji dengan 83,3% kecepatan putaran motor. Pengujian ini menghasilkan 5 periode dan 5 kecepatan gelombang dengan nilai rata-rata yang didapatkan periode sebesar 0,775 sekon dan kecepatan gelombang sebesar 74,96 cm/s.

Tabel 8. Perhitungan Kecepatan Gelombang pada 100% Kecepatan Putaran Motor

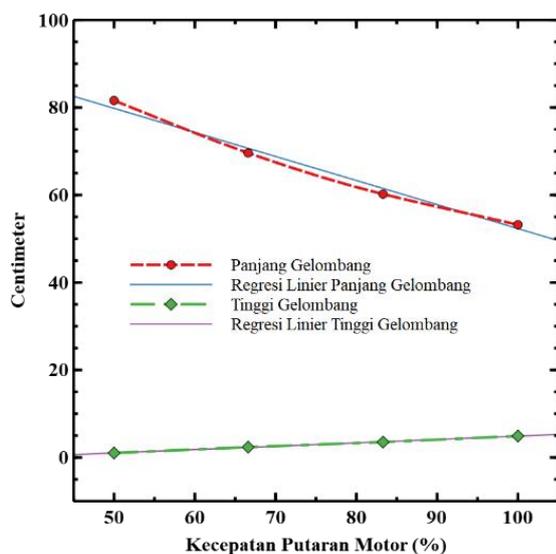
Kecepatan Putaran Motor Listrik 100%					
Hasil Pengukuran	Tinggi Gel.		$\lambda$ (cm)	T (s)	V (cm/s)
	S (mm)	M (cm)			
1	48	5	54	0.637	78.832
2	51	5	52	0.685	75.912
3	47	5	54	0.621	78.832
4	49	5	53	0.653	77.372
5	50	5	53	0.669	77.372
<b>Mak.</b>	51	5	54	0.685	78.832
<b>Min.</b>	47	5	52	0.621	75.912
<b>Selisih</b>	3	0	2	0.064	2.920
<b>Rata-rata</b>	49	5	53.2	0.653	77.664

Tabel 8 merupakan hasil pengujian kecepatan gelombang yang diuji dengan 100% kecepatan putaran motor. Pengujian ini menghasilkan 5 periode dan 5 kecepatan gelombang dengan nilai rata-rata yang didapatkan periode sebesar 0,653 sekon dan kecepatan gelombang sebesar 77,64 cm/s.

Gelombang tertinggi dihasilkan dari pengujian pada 100% kecepatan putaran motor dengan nilai tinggi rata-rata 49 mm pada sensor ultrasonik dibandingkan dengan Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7.

### 3.6. Perbandingan Kecepatan Putaran Motor dengan Panjang dan Tinggi Gelombang

Hubungan antara kecepatan putaran motor dengan panjang dan tinggi gelombang yang dinyatakan oleh grafik pada Gambar 12 didapatkan dari rata-rata hasil pengukuran tiap masing-masing kecepatan putaran motor. Grafik menunjukkan bahwa tinggi dan panjang gelombang berbanding terbalik, semakin cepat putaran motor yang dihasilkan maka panjang gelombang yang dihasilkan semakin pendek sedangkan tinggi gelombang semakin tinggi, begitu juga sebaliknya. Menggunakan regresi linier penentuan kecepatan putaran motor dapat menghasilkan panjang dan tinggi gelombang yang dikehendaki dengan sarat air *towing tank* sebesar 25 cm.



Gambar 12. Grafik Kecepatan Putaran Motor Vs Panjang dan Tinggi Gelombang

## 4. KESIMPULAN

Pengaturan *wave maker* berbasis mikrokontroler open hardware menciptakan 13 variasi kecepatan putaran motor, penelitian ini hanya mengambil 4 variasi yang diteliti. Berdasarkan hasil uji coba pengukuran tinggi gelombang tertinggi dihasilkan pada 100% kecepatan putaran motor dengan nilai tinggi rata-rata 49 mm, panjang gelombang terpanjang dihasilkan pada 50% kecepatan putaran motor dengan nilai panjang rata-rata 81,6 cm, periode

gelombang tertinggi dihasilkan pada 50% kecepatan putaran motor dengan waktu 1,563 sekon, dan kecepatan rambat gelombang tercepat dihasilkan pada 100% kecepatan putaran motor dengan kecepatan rata-rata 77,664 cm/s.

Hasil yang didapatkan bahwa panjang gelombang, tinggi gelombang, periode gelombang, dan kecepatan gelombang dapat diatur sesuai dengan kehendak peneliti melalui mikrokontroler yang sudah diprogram.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Triatmodjo. B, "Teknik Pantai", Beta Offset, Yogyakarta, 2008.
- [2] F. Edition and W. W. Massie, "Offshore hydromechanics," no. 1 January, 2001
- [3] J. M. J. Journée and J. Pinkster, "Introduction in Ship Hydromechanics," TU Delft, vol. 1, no. 1 April, p. 120, 2002.
- [4] R.G. Dean, R.A. Dalrymple, "Water wave mechanics for engineers and scientists", Advanced Series on Ocean Engineering–Volume 2. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 1991, pp. 41–178.
- [5] Prabowo, Brilliant Adhi, "Pemodelan Sistem Kontrol Motor DC dengan Temperatur Udara sebagai Pemicu," Pusat Penelitian Informatika, LIPI, 2009.
- [6] K. B. Setiawan, "Pengukuran Olah Gerak Ponton Akibat Pengaruh Gelombang Reguler dengan Variasi Bentuk dan Muatan Berbasis Mikrokontroler pada Towing Tank Laboratorium Hidrodinamika," vol. 6, no. 3, pp. 1–9, 2018.
- [7] L. T. Nugraha, "Rancang Bangun Regular Wave Maker Paddle Type Using Reciprocating Linear Motion pada Towing Tank Laboratorium Hidrodinamika Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro," 2018.
- [8] A. Mahmoudi, H. Hakimzadeh, M. J. Ketabdari, and H. Abyn, "A Modified Wavemaker Boundary Condition for a Numerical Wave Tank Based on The WCSPH Method," Hydraulic Structures, Persian Gulf University, Bushehr, Iran, 2016.
- [9] G. Fm and S. Sadi, "Rancang Bangun Sistem Pengendalian Kecepatan Motor DC Dengan Perantara Rancang Bangun Sistem Pengendalian Kecepatan Motor DC Dengan Perantara Gelombang FM," no. February, 2018.
- [10] Galib, M, "Oseanografi Fisika Deskriptif," Faperika Press, 2012.