

PERANCANGAN INSTALASI PEMBANGKIT ARUS MODULAR PADA TANGKI UJI ARUS-GELOMBANG MULTIFUNGSI

Farroz Z. L. N.^{1*}, Dr. Eng. M. Anis Mustaghfirin, ST., MT.², Burniadi Moballa, ST., M.Sc., Ph.D.³

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-IV Teknik Perpipaian, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: farrozzayyan@student.ppns.ac.id^{1*}; mustaghfirin@ppns.ac.id^{2*}; bmoballa@ppns.ac.id^{3*}

Abstract - A modular current generator is a device used to generate current in a test tank using pump as a fluid distributor. The flowing current in the test tank can be used to drive a water turbine to produce electrical energy. Research and testing on ocean waves and currents in Indonesia are still limited due to high cost. Based on these conditions, the design of a modular current generating device in a laboratory-scale wave-current test tank was carried out. Calculation was done first to determine its flow rate, pump specifications, and turbulent filter dimensions. Based on it, the design was carried out on a test tank with dimensions of 6 x 2 x 1.5m. The flow velocity is 0.02 m/s with a Reynolds number = 200000 including the transition flow from laminar to turbulent. The pump used is a centrifugal pump, KSB Etanorm 125-100-200, which can deliver fluid with a capacity of 170 m³/h, power of 5 kW and a rotation speed of 1450 rpm. The motor is KSB B3 Type Of Construction, 4-Pin 132 M with a power of 7.5 kW and a torque of 47.73 Nm. A honeycomb-shaped (hexagonal) turbulent filter was also installed to reduce the turbulent influence on the flow.

Keyword: Current, Centrifugal Pump, Laminar, Reynolds Number, Turbulent Filter

1. PENDAHULUAN

Salah satu aset yang memiliki nilai strategis dalam upaya pembangunan berkelanjutan bagi negara adalah energi, yang merupakan elemen kunci dalam mendorong pertumbuhan ekonomi. Energi memegang peran signifikan dalam pengembangan sosial-ekonomi yang berkesinambungan. Permintaan energi di tingkat nasional terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan populasi yang terus bertambah. Di sisi lain, ketersediaan pasokan energi dari minyak bumi, yang selama ini menjadi sumber utama, mengalami penurunan[1].

Perkembangan teknologi yang memanfaatkan energi laut, terutama melalui Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL), tengah mengalami pertumbuhan yang signifikan sebagai solusi global untuk memenuhi kebutuhan sumber energi terbarukan. Fenomena ini terkait dengan meningkatnya permintaan akan pasokan energi listrik di daerah pesisir, sejalan dengan intensifikasi isu-isu terkait pemanasan global yang mendorong usaha untuk mengurangi penggunaan bahan bakar hidrokarbon. Pemanfaatan energi laut sebagai sumber listrik baru menegaskan kebutuhan akan penelitian yang lebih mendalam di kalangan akademisi. Ini bertujuan agar teknologi tersebut dapat terus berkembang dan menjadi terobosan yang signifikan dalam menyediakan penerangan bagi

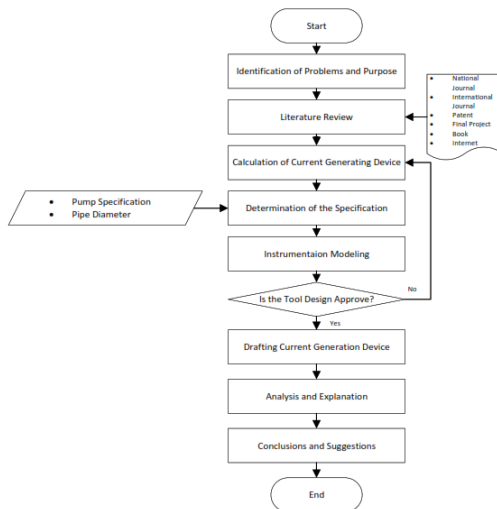
wilayah pesisir Indonesia. Di dunia akademis, penelitian tentang energi arus laut dapat dilakukan melalui eksperimen laboratorium, sehingga perlu dikembangkan model energi arus laut dalam skala laboratorium[2].

Dengan luas lautan mencapai hampir 8 juta km², Indonesia berupaya untuk meningkatkan pengidentifikasian sumberdaya non-hayati, termasuk potensi energi yang berasal dari arus laut karena karakteristik lingkungan tektoniknya yang unik, Indonesia perlu mendapatkan perhatian khusus dalam penilaian kapasitas data kelautannya. Oleh karena itu, penelitian geosaintifik di bidang kelautan di Indonesia dapat dianggap sebagai suatu hal yang relatif baru[3]

Pada penelitian ini fokus utama adalah melakukan perancangan alat pembangkit arus modular yang akan diterapkan pada tangki uji arus-gelombang multifungsi yang dapat dimanfaatkan sebagai pengembangan teknologi pada pembangkit arus khususnya energi terbarukan dengan mengusung perancangan modular diharapkan kemampuan alat pembangkit arus untuk diadaptasi secara fleksibel sesuai dengan kebutuhan spesifik dan konteks penelitian. Perancangan ini dilakukan untuk mengetahui sistem dan mekanisme pada instalasi pembangkit arus.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 1 Flowchart Penelitian

2.1 Perancangan Alat

Perancangan arus pada tangka uji melibatkan pemilihan ukuran dan bentuk tangki yang tepat, serta sistem distribusi arus yang merata untuk memastikan aliran yang stabil. Pada perancangan ini ukuran tangki uji yaitu,

Panjang : 6 meter
Lebar : 2 meter
Tinggi : 1,5 meter

Arus pada tangki uji dihasilkan oleh pompa sentrifugal yang spesifikasinya ditentukan dari kalkulasi. Pengolahan data perancangan digunakan untuk menentukan berbagai komponen penunjang pada penelitian ini.

2.2 Kalkulasi Debit Pada Tangki Uji

1) Kalkulasi dilakukan menggunakan persamaan Reynolds Number pada saluran terbuka untuk menentukan kecepatan aliran sebagai berikut [4].

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot L}{\mu}$$

Di mana,

ρ : Massa jenis fluida (kg/m³)
 v : Kecepatan aliran (m/s)
 L : Panjang karakteristik (m)
 μ : Kekentalan dinamis (Ns/m²)

2) Kalkulasi diameter hidraulik tangki

$$D_h = \frac{4 \cdot A}{P}$$

Di mana,

A : Luas penampang tangki uji(m²)
 P : Panjang tangka (m)

3) Kalkulasi flow rate

$$Q = D_h \cdot v$$

Di mana,

D_h : Diameter hidraulik (m)

v : Kecepatan aliran (m/s)

2.3 Pemilihan Pipa

1) Dalam perancangan ini digunakan *standart* dan *code* sebagai acuan yaitu,

a. ISO 13703:2000

$$v_L = \frac{353,7 \cdot q_L}{d_i^2}$$

Di mana,

v_L : Kecepatan aliran di dalam pipa (m/s)

q_L : Debit aliran (m³/h)

d_i : Diameter dalam pipa (mm)

b. ASME B31.3

c. NORSOK P-001

2) Persamaan Pendekatan Haaland

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log \left[\left(\frac{\varepsilon}{D} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re} \right]$$

Di mana,

f : Faktor gesekkan Darcy-Weisbach

ε : Nilai kekasaran absolut pipa (mm)

D : Diameter dalam pipa (mm)

Re : Nilai Reynolds

3) Pressure drop

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot H_L$$

Di mana,

ρ : Massa jenis fluida (kg/m³)

g : Gaya gravitasi (9,81 m/s²)

4) Persamaan Darcy-Weisbach

$$H_f = \frac{f \cdot L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Di mana,

f : Koefisien gesekkan

D : Diameter dalam pipa (mm)

L : Panjang pipa (m)

v : Kecepatan aliran di dalam pipa (m/s)

g : Gaya gravitasi (9,81 m/s²)

4) Kalkulasi head loss

$$h_L = K_{major} + K_{minor} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Di mana,

K_{major} : Koefisien kehilangan *major*

K_{minor} : Koefisien kehilangan *minor*

v : Kecepatan aliran (m/s)

g : Gaya gravitasi (9,81 m/s²)

5) Kalkulasi head pompa require

$$H_{pompa\ require} = \frac{Q^2}{2 \cdot g} \cdot \left(\frac{1}{A^2} \right) + h_L$$

Di mana,

Q : Debit aliran (m³/s)

g : Gaya gravitasi (9,81 m/s²)

A : Luas penampang pipa (mm²)

h_L : Head loss (m)

2.4 Penentuan Spesifikasi

Penentuan spesifikasi didapatkan setelah melalui kalkulasi menggunakan persamaan di atas yang meliputi spesifikasi pipa, *fitting*, dan pompa yang digunakan dalam perancangan arus pada tangki uji arus-gelombang multifungsi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Kalkulasi Debit

1) Kecepatan aliran

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot L}{\mu}$$

$$20000 = \frac{995,71 \cdot v \cdot 1,2}{0,000798}$$

$$v = 0,02 \text{ m/s}$$

Kecepatan pada tangki uji adalah 0,02 m/s.

2) Diameter hidraulik tangki

$$D_h = \frac{4 \cdot A}{P}$$

$$D_h = 1,78 \text{ m}$$

Diameter hidraulik tangki uji adalah 1,78 m.

3) Flow rate

$$Q = D_h \cdot v$$

$$Q = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

Debit aliran pada tangki uji adalah 0,05 m³/s.

3.2 Hasil Pemilihan Pipa

1) Diameter pipa

$$D = \frac{\sqrt{353,7 \cdot Q}}{v}$$

$$D = 122,95 \text{ mm}$$

Diameter pipa yang didapatkan adalah 122,95 mm.

2) Kecepatan aliran di dalam pipa

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = 4 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran di dalam pipa adalah 4 m/s.

3) Persamaan pendekatan Haaland

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log \left[\left(\frac{\varepsilon}{D} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re} \right]$$

Menentukan nilai Reynolds pada persamaan pendekatan Haaland sebagai berikut,

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$Re = 306839,9$$

$$f = \frac{1}{\left\{ -1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D} \right)^{1,11} \right] \right\}^2}$$

$$f = 0,020859$$

Nilai faktor gesekan dari persamaan pendekatan Haaland adalah 0,020859.

4) Pressure drop

Kalkulasi *pressure drop* dilakukan dengan substitusi persamaan *pressure drop* dan persamaan Darcy-Weisbach sebagai berikut,

$$\frac{\Delta p}{L} = \rho \cdot \frac{f}{D} \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$\frac{\Delta p}{L} = 0,0033782 \text{ bar/m}$$

Nilai *pressure drop* persatuan panjang pada kecepatan aliran di pipa adalah 0,0033782 bar/m.

5) Head loss

$$h_L = K_{major} + K_{minor} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$h_L = 8,5 \text{ m}$$

Nilai head loss pada perancangan pembangkit arus adalah 8,5 m.

6) Head require pompa

$$H_{pompa \text{ require}} = \frac{Q^2}{2 \cdot g} \cdot \left(\frac{1}{A^2} \right) + h_L$$

$$H_{pompa \text{ require}} = 8,5 \text{ m}$$

Nilai head pompa adalah 8,5 m. Head pompa dibutuhkan sebagai patokan dalam mencari spesifikasi pompa yang akan digunakan dalam perancangan pembangkit arus.

3.3 Penentuan Spesifikasi

1) Spesifikasi pipa

ASTM STANDARD DIMENSIONS

SCHEDULE 40 PIPE DIMENSIONS ASTM D 1785					SCHEDULE 40 SOCKET DIMENSIONS ASTM D 2466					AMERICAN NATIONAL STANDARD TAPER PIPE THREADS (NPT) ANSI B1.20.1, ASTM F 1498			
Nominal Pipe Size In.	Mean Outside Diameter In.	O.D. Tolerance In.	Minimum Wall Thickness In.	Diagram	Nominal Size In.	Entrance Diameter In.	Bottom Diameter In.	Tolerance In.	Socket Length Minimum In.	Nominal Size In.	Threads Per Inch	Effective Thread Length In.	Pitch Of Thread P
1/8	0,625	± 0,004	0,088		1/8	0,617	0,611	± 0,004	500	1/8	27	2639	0,0704
1/4	0,840	± 0,004	0,088		1/4	0,832	0,826	± 0,004	500	1/4	18	4016	0,0508
3/8	1,050	± 0,004	0,091		3/8	1,042	1,036	± 0,004	584	3/8	18	4016	0,0508
1/2	1,315	± 0,004	0,109		1/2	1,307	1,301	± 0,004	688	1/2	14	5037	0,0743
3/4	1,650	± 0,004	0,113		3/4	1,642	1,636	± 0,004	719	3/4	14	5037	0,0743
1	1,915	± 0,005	0,131		1	1,907	1,901	± 0,005	875	1	11-1/2	6828	0,0886
1-1/4	2,375	± 0,005	0,140		1-1/4	2,367	2,361	± 0,005	928	1-1/4	11-1/2	7588	0,0886
1-1/2	2,625	± 0,005	0,145		1-1/2	2,617	2,611	± 0,005	1,094	1-1/2	11-1/2	7235	0,0886
2	3,075	± 0,006	0,154		2	3,067	3,061	± 0,006	1,156	2	11-1/2	7585	0,0886
2-1/2	3,575	± 0,007	0,203		2-1/2	3,567	3,561	± 0,007	1,780	2-1/2	8	11,175	0,1250
3	4,000	± 0,008	0,216		3	3,992	3,986	± 0,008	1,875	3	8	13,000	0,1250
4	4,500	± 0,009	0,237		4	4,492	4,486	± 0,009	2,000	4	8	13,000	0,1250
5	5,063	± 0,010	0,258		5	5,055	5,049	± 0,010	3,000	5	8	14,063	0,1250
6	5,625	± 0,011	0,280		6	5,617	5,611	± 0,011	3,000	6	8	15,125	0,1250
8	6,625	± 0,015	0,322		8	6,617	6,611	± 0,015	4,000	8	8	17,125	0,1250
10	7,625	± 0,015	0,365		10	7,617	7,611	± 0,015	5,000	8	8	17,125	0,1250
12	9,000	± 0,015	0,408		12	8,992	8,986	± 0,015	6,000				

Gambar 2 ASTM Standart Dimension PVC Pipe

Pipa yang digunakan dalam perancangan adalah pipa PVC berasal dari B31.3 yang merujuk ke ASTM D 1785.

2) Spesifikasi pompa

Etanorm

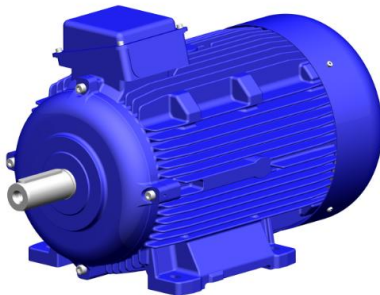


Gambar 3 KSB Centrifugal Pump

Tabel 1 Spesifikasi Pompa

KSB Etanorm 125-100-200		
Type	<i>Centrifugal Pump</i>	
Capacity	170	m ³ /h
Head	8,5	m
Daya	5	kW
Frequency	50	Hz
RPM	1450	rpm

3) Spesifikasi motor pompa



Gambar 4 KSB Motor Pump

Tabel 2 Spesifikasi Motor pompa

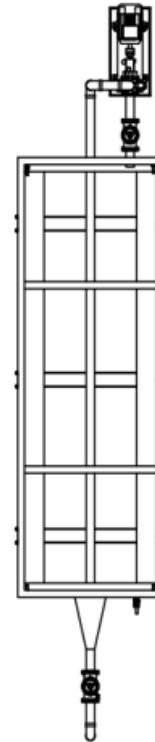
B3 Type Of Construction, 4-Pin 132M		
Electric Data	50 Hz	
	Δ	Y
Voltage (v)	400	690
Current (A)	15	9,13
Power (Kw)	7,5	
Speed (rpm)	1465	
Torque (Nm)	47,73	



Etanorm

Gambar 5 KSB Set Pump and Motor

4) Konfigurasi komponen pada perancangan pembangkit arus sebagai berikut.



Gambar 6 Perancangan Pembangkit Arus Tampak Atas



Gambar 7 3D Pipa Pada Perancangan Pembangkit Arus

4. KESIMPULAN

Dari hasil kalkulasi dan perancangan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Perancangan yang telah dilakukan didapatkan hasil kecepatan aliran pada tangki 0,02 m/s dan debit aliran yang dihasilkan 0,05 m³/s dengan head pompa yang dibutuhkan adalah 8,5 meter.
2. Perancangan yang telah dilakukan didapatkan spesifikasi pompa yang

dibutuhkan yaitu pompa sentrifugal bermerk KSB dengan daya 5 kW dan ditunjang dengan motor pompa bermerk KSB B3, 4-Pin 132 M yang dapat mencakup debit aliran perancangan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian penelitian ini tidak terlepas dari bimbingan, masukan, bantuan dan motivasi dari berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Eng. Muh. Anis Mustaghfirin, ST., MT. selaku dosen pembimbing I.
2. Bapak Burniadi Moballa, ST., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing II.
3. Keluarga besar Mahasiswa Marine Engineering 2020.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. K. Sambodho, "ANALISA POLA ARUS LAUT DALAM MENDUKUNG PENGEMBANGAN ENERGI LISTRIK TENAGA ARUS DI SELAT TOYOPAKEH, NUSA PENIDA, BALI," 2018.
- [2] W. A. Prayoga and R. Permatasari, "Perancangan dan Pemodelan Turbin Darrieus untuk Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL)," *MESIN*, vol. 10, no. 1, Apr. 2019, doi: 10.25105/ms.v10i1.4127.
- [3] A. Yuningsih, "Potensi energi arus laut untuk pembangkit tenaga listrik di kawasan pesisir Flores Timur, NTT," *J. Ilmu Dan Teknol. Kelaut. Trop.*, vol. 3, no. 1, 2011.
- [4] Liany Amelia Hendratta and Hanny Tangkudung, *Hidraulika*. 2020.