



PROGRAM MAGISTER
TEKNIK SISTEM DAN PENGENDALIAN KELAUTAN
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

KAJIAN EKSPERIMENTAL KONVERSI ENERGI GELOMBANG DENGAN MENGUNAKAN KOMBINASI *WELLS* ROTOR DAN TURBIN *DARRIEUS*

Disusun oleh :

**DAIF RAHUNA
4114 204 004**

Dosen Pembimbing :

**SUTOPO PURWONO FITRI, ST. M.Eng., Ph.D
DR. Ir. ERWANDI, M.Eng.**

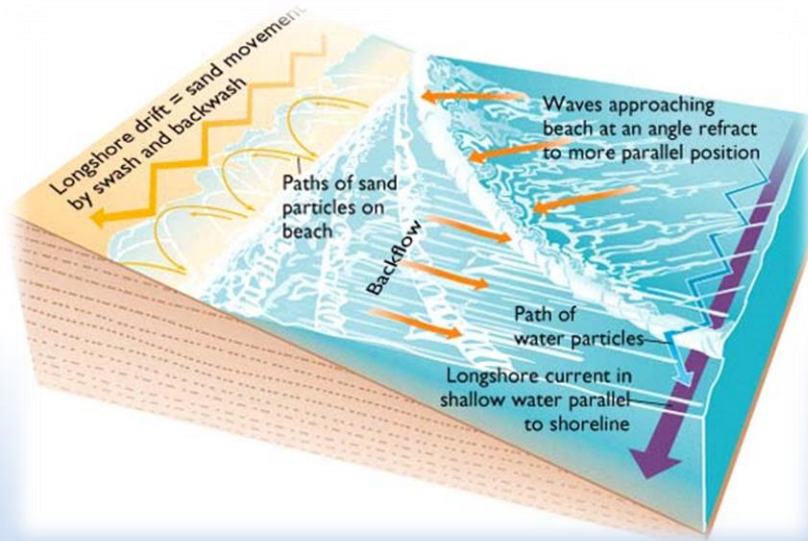


MATERI PRESENTASI





1. PENDAHULUAN



Menurut **Dean dan Dalrymple (2002)**, perputaran/sirkulasi arus di sekitar pantai dapat digolongkan dalam tiga jenis, yaitu: arus sepanjang pantai (*Longshore current*), arus seret (*Rip current*), dan aliran balik (*Back flows/cross-shore flows*). Sistem sirkulasi arus tersebut seringkali tidak seragam antara ketiganya bergantung kepada arah/sudut gelombang datang.

ENERGI GELOMBANG PANTAI

KONVERSI ENERGI

PERUMUSAN MASALAH

MAKSUD DAN TUJUAN

HIPOTESA





PERUMUSAN MASALAH

- seberapa besar pengaruh penerapan wells rotor dalam penyerapan energi gelombang yang beraturan (*regular wave*) jika dihubungkan dengan turbin type darrieus.

MAKSUD DAN TUJUAN

- FENOMENA dan KARAKTERISTIK turbin.
- PUTARAN, TORQUE, EFISIENSI dan POWER yang dihasilkan.
- KARAKTERISTIK GELOMBANG yang optimum.

MANFAAT DAN DAMPAK

- Pemanfaatan arus dan gelombang laut
- Adanya rancangan wells rotor
- Data-data yang mendasar dalam proses desain

HIPOTESA

- Bilah turbin yang berbentuk foil dapat merubah energi gelombang dan arus (gerak horisontal dan vertikal) menjadi putaran, kemudian diubah menjadi power listrik. (energi mekanik menjadi energi listrik)



2. KONSEP DASAR

➤ Gaya-gaya yang bekerja pada bilah turbin yang berbentuk foil

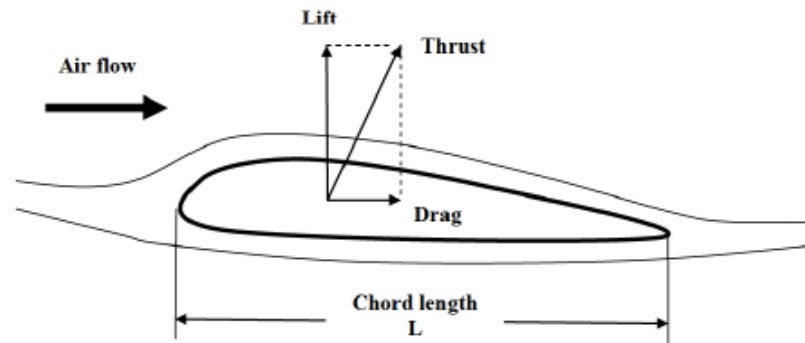
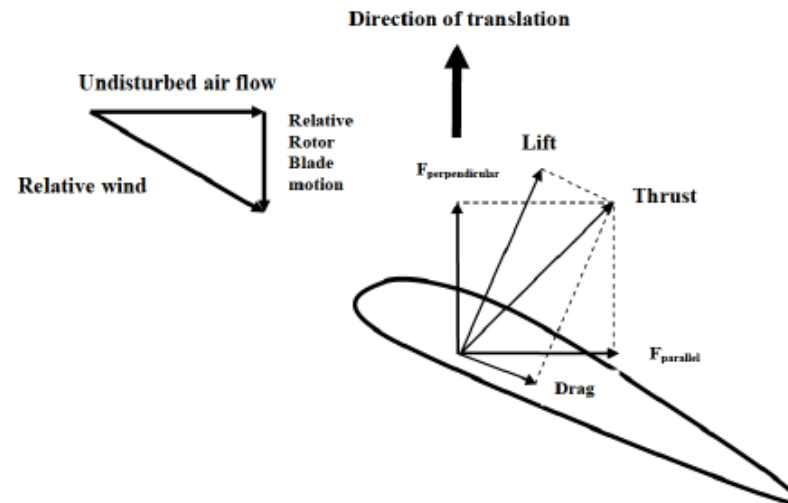


Figure 2. Forces on a stationary rotor blade in an air flow.



Gaya yang bekerja pada bilah yang berbentuk airfoil.

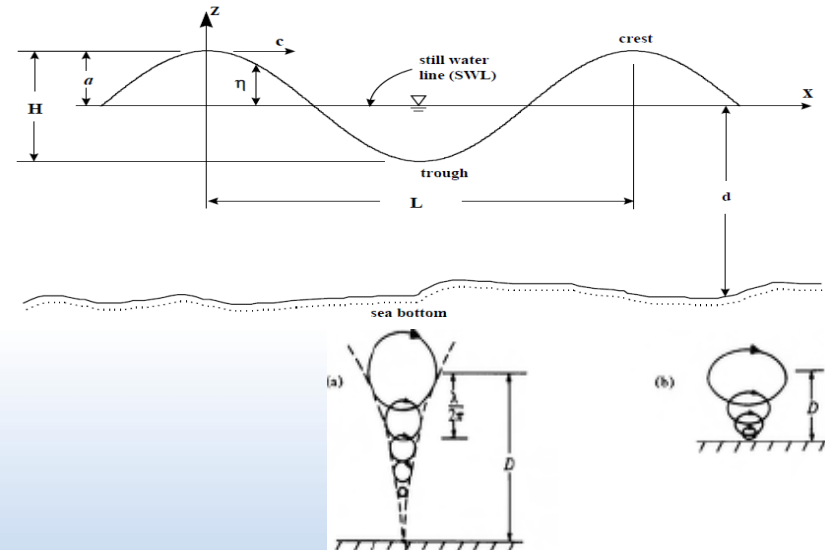
M. Ragheb, 2013



➤ Teori Gelombang

- Gelombang Reguler
- Formulasi gelombang

L	= panjang gelombang	m
a	= amplitudo, $a = H/2$	m
H	= tinggi gelombang	m
d	= kedalaman	m
f	= frequency, $f = 1/T$	$S^{-1} = \text{Hz}$
T	= periode	s
ω	= wave circular, $\omega = 2\pi f$	rad/s
c	= kec. gelombang, $c = L/T$	m/s
c_g	= Wave group velocity	m/s
k	= Wave number, $k = 2\pi/L$	m^{-1}
u	= Kec. Partikel air horisontal	m/s
w	= Kec. Partikel air vertikal	m/s
a_x	= Percepatan partikel air horisontal	m/s^2
a_z	= Percepatan partikel air vertikal	m/s^2
η	= Wave displacement	m



Gerakan partikel gelombang air, a. Deep water, b. Shallow water, J. Twidell, T. Weir, 2006

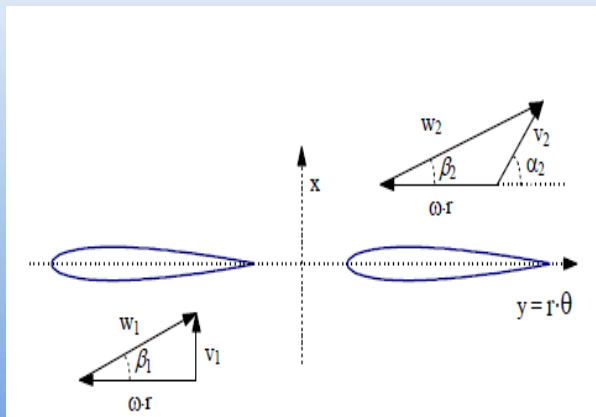
Sifat periodik pada gelombang laut merupakan gerakan yang relatif dalam osilasi dan memiliki rentang frekwensi 3-30 siklus per menit. Hal ini jauh dari kebutuhan besarnya putaran/menit yang digunakan untuk pembangkit listrik konvensional. (Toshiaki Setoguchi, 2001)



➤ Teori Bilah turbin Aerofoil jenis NACA

- Geometri bilah foil
- Distribusi kecepatan

Bentuk bilah/blade yang digambarkan menggunakan NACA mempunyai distribusi ketebalan seri, yang mana ditentukan oleh dua rumusan, *Abbott and Doenhoff, 1959*.



ketebalan maksimum	$y_t(m^+) = \pm 0,5 t$; $y'_1(m^+) = 0$ $y_t(m^-) = \pm 0,5 t$; $y'_1(m^-) = 0$
trailing edge angle	$y'_1(1) = -f(m, t)$
trailing edge thickness	$y_t(1) = 0,01t$
leading edge radius	$r_t = 0,5 a_0^2$
radius kurva R pada titik ketebalan maksimum	$R = (2d_2 + 6d_3(1 - m))^{-1}$
Dimana $f(m, t)$, nilai interpolasi polynominal yang direkomendasikan NACA $f(m, t) = t (-12,5m^3 + 35,83m^2 + 2,517m + 0,775)$	
Batasan dari radius leading edge r_t , dan ketebalan maksimum m $0,01 \leq r_t \leq 0,06$ $0,06 \leq m \leq 0,6$	

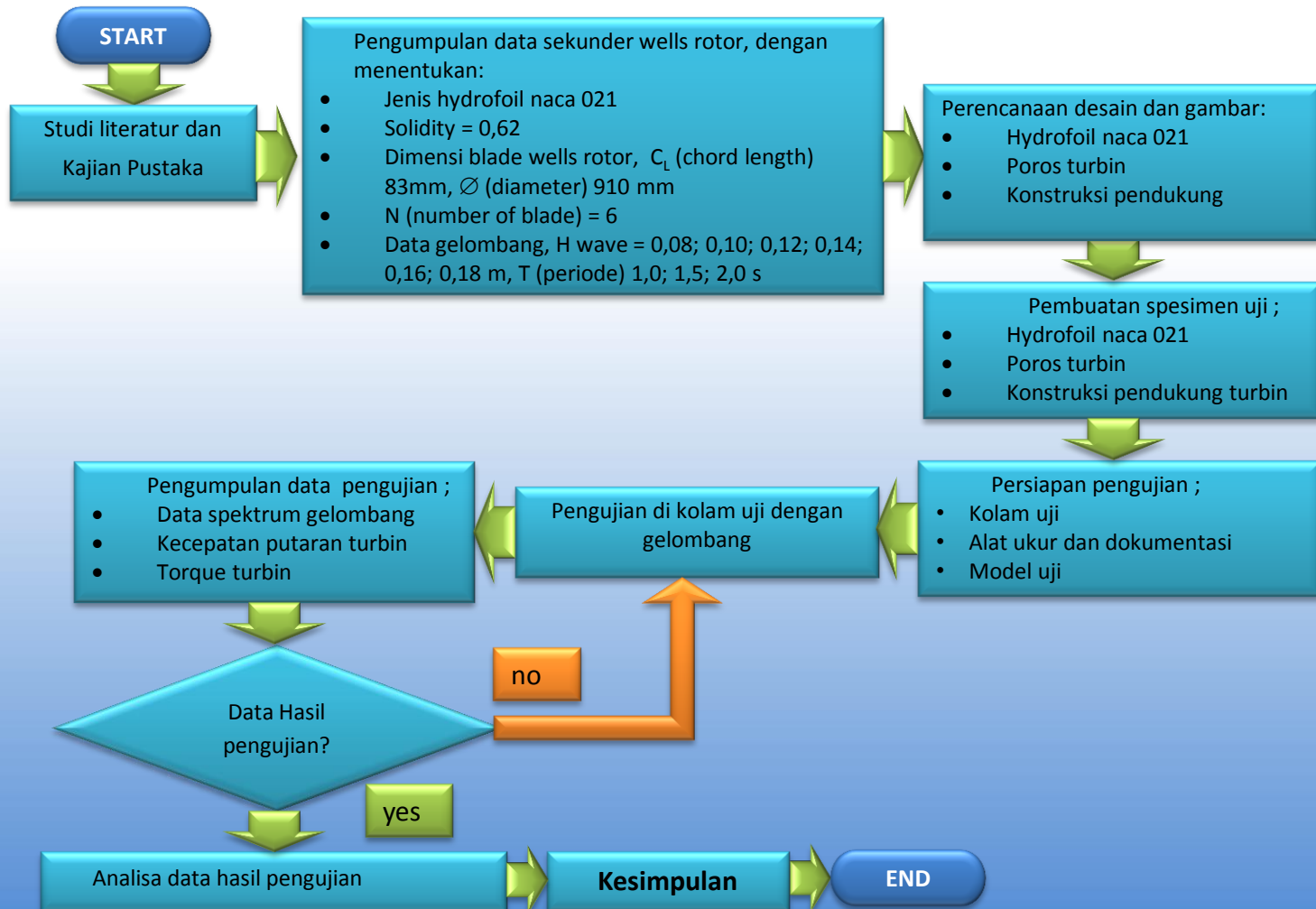
Gato, Henriques

Wells turbin adalah turbin aliran aksial yang pada dasarnya terdiri dari rotor dengan blade airfoil penampang simetris radial diatur pada sudut stagger $\lambda = 90^\circ$ (*Raghunathan dan Tan, 1983a; Raghunathan, 1995; Gato dan Falcão, 1984; 1988*)

Dalam memenuhi sensitivitas dari wells rotor ada beberapa cara, antara lain dengan menentukan fixed-pitch pada aliran tinggi dan menentukan sudut harus disesuaikan sehingga bisa meningkatkan efisiensi wells rotor, dan jika tidak sesuai akan menimbulkan lifting rendah dan drag, (*Gato, Henriques, 1994*)



3. METODOLOGI





4. PROSES

Desain, Fabrikasi Turbin Dan Persiapan Uji

Desain

- Perhitungan
- Gambar kerja

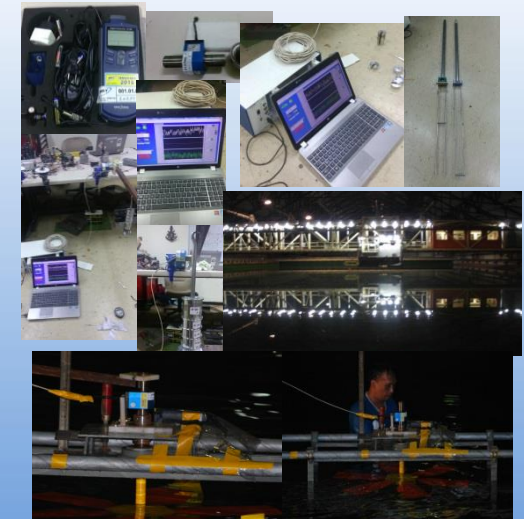
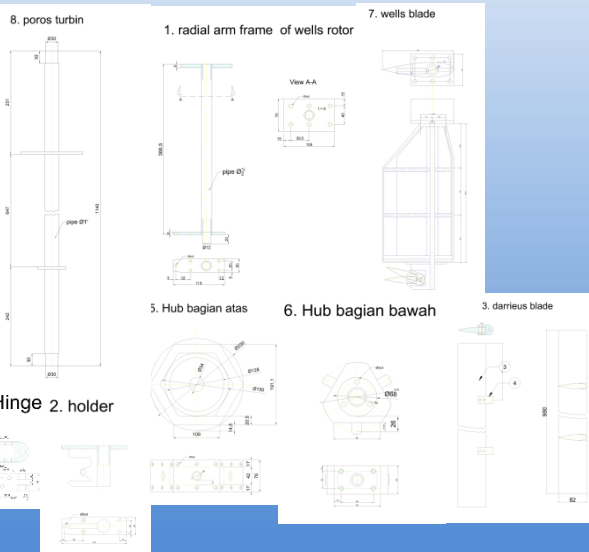
Fabrikasi Turbin

- Bilah turbin
- Hub
- Poros
- Lengan
- Frame

Persiapan Pengujian

- Kolam uji
- Alat ukur
- Dokumentasi
- Kalibrasi alat ukur
- Model uji (turbin)

jari-jari	r_t	0,45	m
chord length	C_l	0,18	m
length	L	0,365	m
jumlah blade	N	6	
solidity	s	0,62	



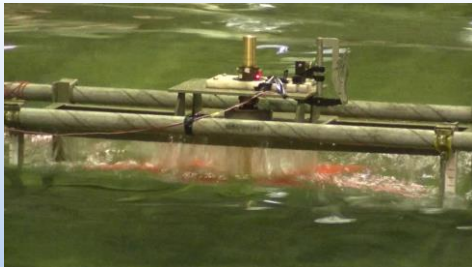


5. PENGUJIAN

uji turbin dengan gelombang buatan dan pengambilan data



Kombinasi wells rotor dan turbin darrieus



Uji Wells rotor



Uji turbin darrieus

Tabel hasil pengukuran gelombang

gelombang	Data Input			Hasil pengukuran	
	Tinggi, H (m)	Periode, T (s)	Faktor	Tinggi, H (m)	Periode, T (s)
1	0,080	1,5	0,75	0,081	1,5
2a	0,100	1,0	0,75	0,102	1,0
2b	0,100	1,5	0,75	0,104	1,5
2c	0,100	2,0	0,75	0,100	2,0
3a	0,120	1,0	0,75	0,124	1,0
3b	0,120	1,5	0,75	0,123	1,5
3c	0,120	2,0	0,75	0,119	2,0
4a	0,140	1,0	0,75	0,143	1,0
4b	0,140	1,5	0,75	0,141	1,5
4c	0,140	2,0	0,75	0,141	2,0
5	0,160	1,5	0,75	0,163	1,5
6	0,180	1,5	0,75	0,182	1,5

Tabel data periode dan putaran turbin

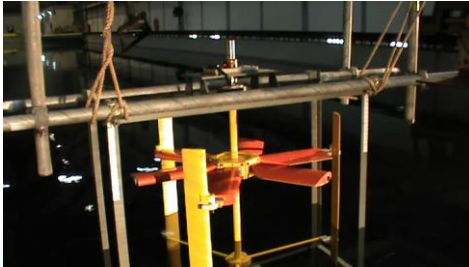
Tinggi, H (m)	Periode, T (s)	Putaran, n (rpm)
0,102	1,0	1,8
0,104	1,5	5,6
0,100	2,0	0
0,124	1,0	4,1
0,123	1,5	8,6
0,119	2,0	0
0,143	1,0	5,3
0,141	1,5	10,0
0,141	2,0	0

Tabel data putaran dan torsi turbin pada periode 1,5 s

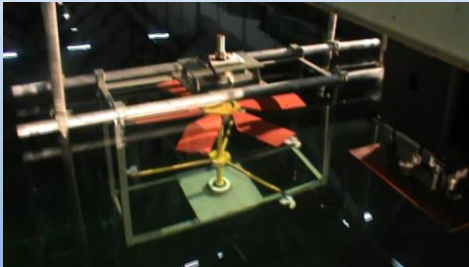
Tinggi, H (m)	putaran, n (rpm)		Torque, t (Nm)	
	Kombinasi	wells	kombinasi	wells
0,081	3,6	4,4	0,5	0,4
0,104	5,6	8,3	0,93	0,77
0,123	8,6	10,7	1,28	1,07
0,141	10	11,4	1,48	1,32
0,163	11,2	12,3	1,64	1,45
0,182	12	13	1,76	1,61



Validasi uji turbin dengan arus dan pengambilan data



Uji kombinasi wells rotor dan turbin darrieus terhadap arus



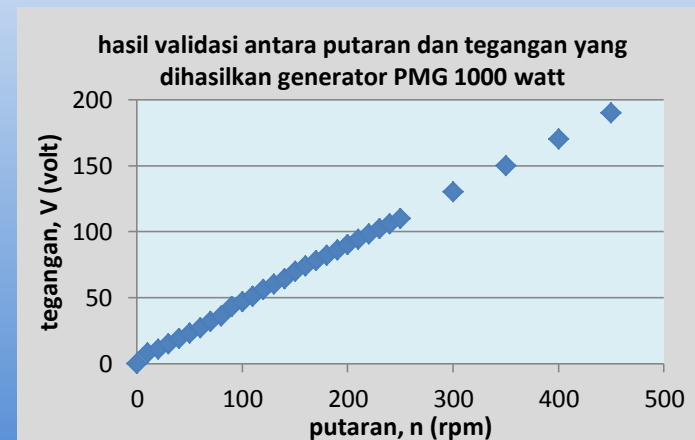
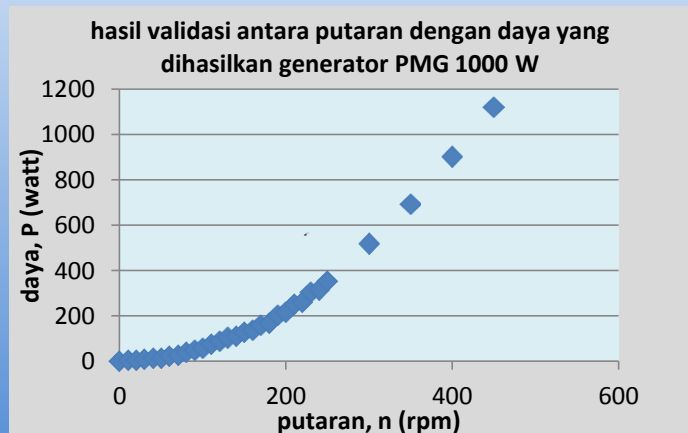
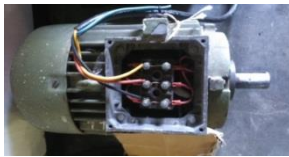
Uji kombinasi wells rotor terhadap arus

Tabel data putaran dan torsi turbin terhadap arus

kec. arus, v (m)	putaran, n (rpm)		Torque, t (Nm)	
	kombinasi	darrieus	kombinasi	darrieus
0,2	1,7	2,3	1,77	1,29
0,4	6,4	14,5	3,84	1,76
0,6	20,8	27,3	4,38	3,25
0,8	31,8	37,8	6,94	5,52
1,0	41,5	47,2	9,85	8,76
1,2	49,1	56,1	14,31	12,62
1,4	58,7	64,3	18,32	16,91



Validasi uji generator *Permanent Magnet Generator PMG 1000 watt*



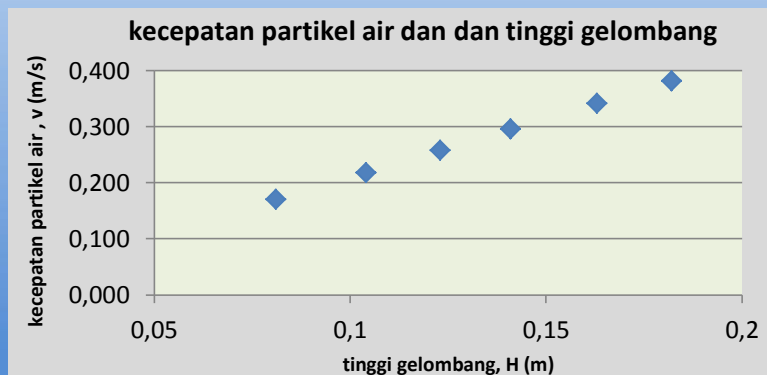
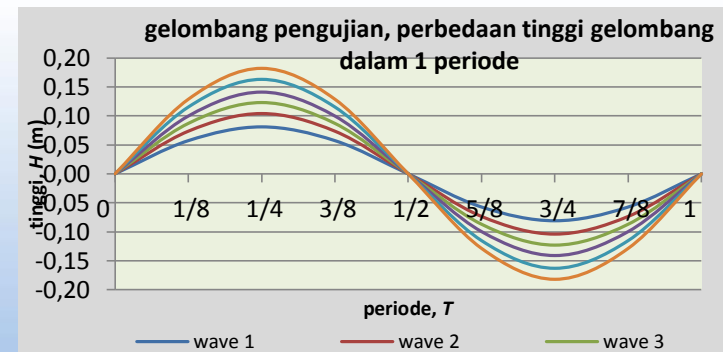
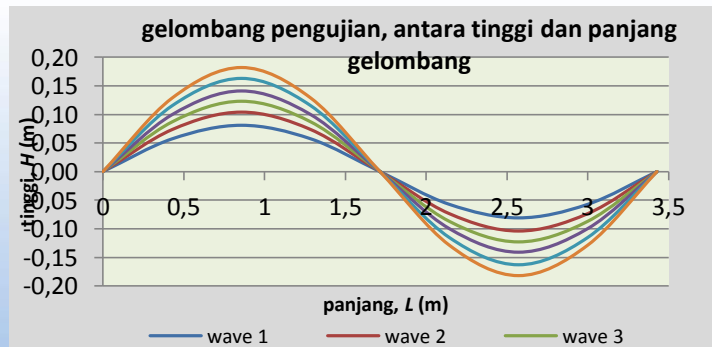


6. ANALISA

➤ Analisa gelombang uji

data hasil perhitungan dengan data utama hasil pengukuran gelombang adalah sebagai berikut:

Tinggi, H : 0,081m; 0,104m; 0,123m; 0,141m; 0,163m; 0,182m
Periode, T : 1,5 s
Kedalaman, d : 1,2 m
Panjang gelombang, L : 3,429 m
Kecepatan rambat, C : 2,286 m/s
Frekwensi, σ : 0,667 /s
Wave number, k : 1,831 /m



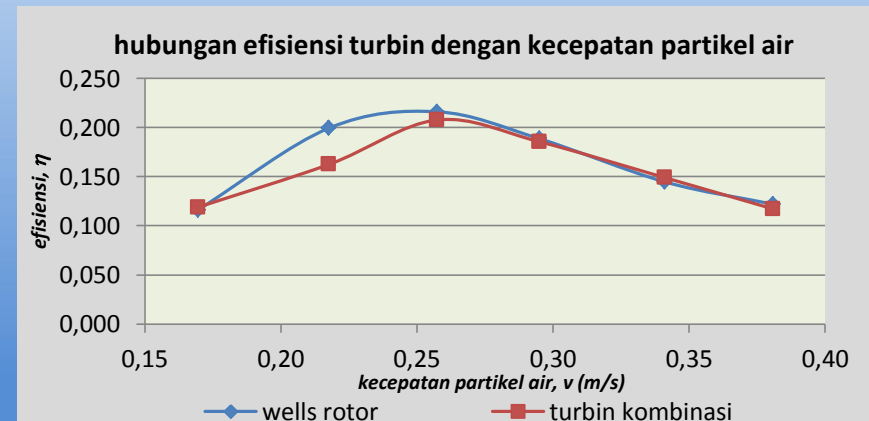
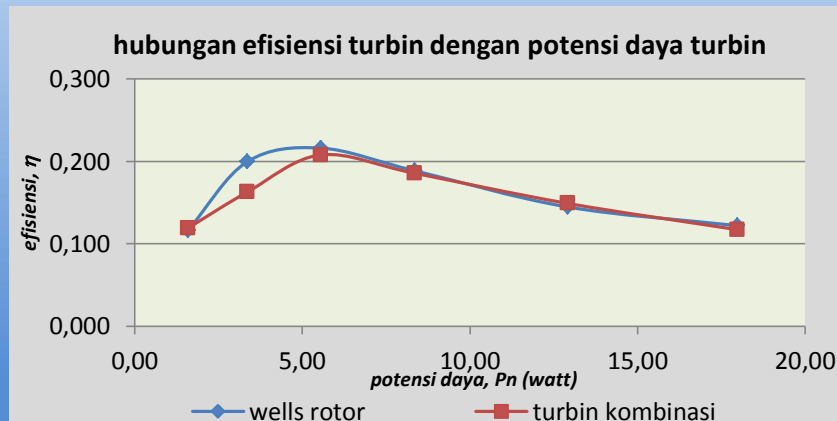
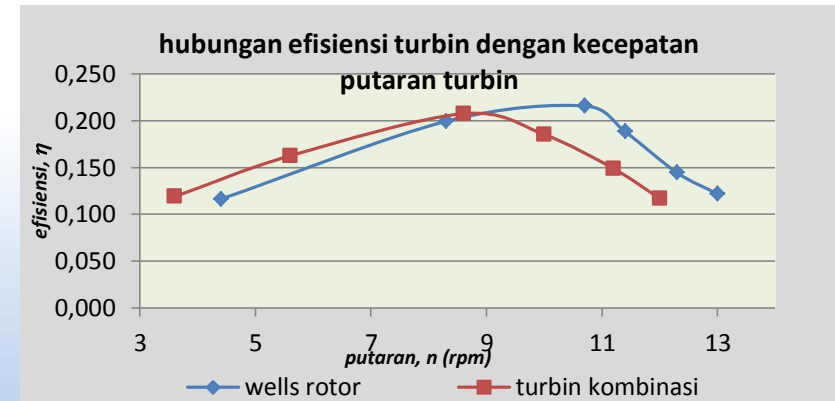
Tinggi gelombang, H (m)	kec. partikel, v (m/s)
0,081	0,17
0,104	0,22
0,123	0,26
0,141	0,30
0,163	0,34
0,182	0,38



➤ Analisa putaran, daya dan efisiensi yang dihasilkan

Tinggi gelombang, H (m)	kec. partikel, v (m/s)	potensi daya, Pn(watt)	daya turbin, Pt (watt)	efisiensi wells, h
0,081	0,17	1,58	0,18	0,116
0,104	0,22	3,35	0,67	0,199
0,123	0,26	5,55	1,20	0,216
0,141	0,30	8,36	1,58	0,188
0,163	0,34	12,91	1,87	0,145
0,182	0,38	17,97	2,19	0,122

Tinggi gelombang, H (m)	kec. partikel, v (m/s)	potensi daya, Pn(watt)	daya turbin, Pt (watt)	Efisiensi turbin, h
0,081	0,17	1,58	0,19	0,119
0,104	0,22	3,35	0,55	0,163
0,123	0,26	5,55	1,15	0,208
0,141	0,30	8,36	1,55	0,185
0,163	0,34	12,91	1,92	0,149
0,182	0,38	17,97	2,10	0,117

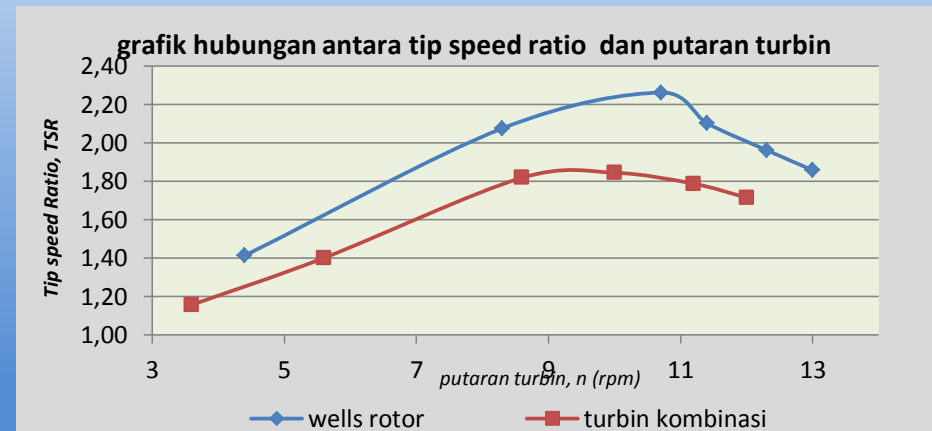
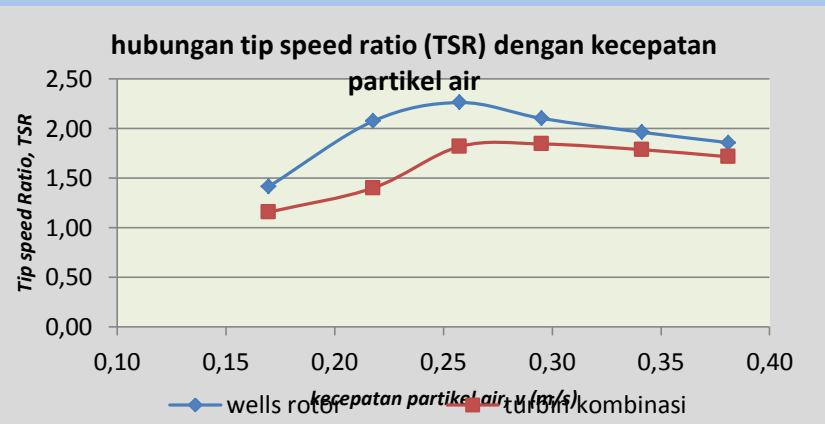
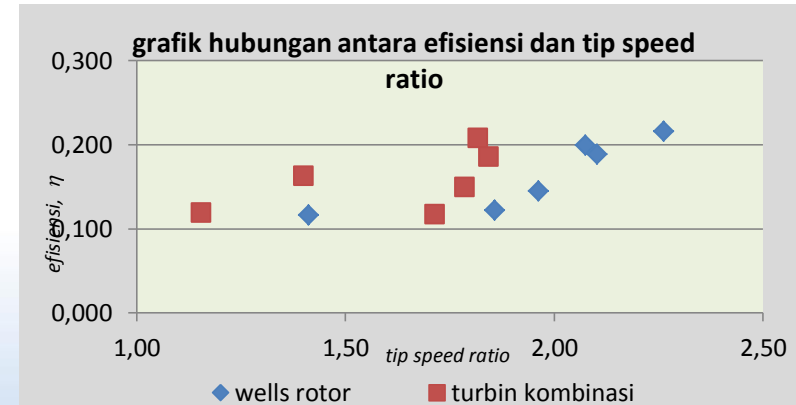




➤ Analisa Tip Speed Ratio (TSR) Turbin yang dihasilkan

tinggi gel. H (m)	putaran, n (rpm)	kecepatan, v (m/s)	jari-jari, r (m)	TSR
0,081	4,4	0,17	0,52	1,41
0,104	8,3	0,22	0,52	2,08
0,123	10,7	0,26	0,52	2,26
0,141	11,4	0,30	0,52	2,10
0,163	12,3	0,34	0,52	1,96
0,182	13	0,38	0,52	1,86

tinggi gel. H (m)	putaran, n (rpm)	kecepatan, v (m/s)	jari-jari, r (m)	TSR
0,081	3,6	0,17	0,52	1,16
0,104	5,6	0,22	0,52	1,40
0,123	8,6	0,26	0,52	1,82
0,141	10	0,30	0,52	1,84
0,163	11,2	0,34	0,52	1,79
0,182	12	0,38	0,52	1,71





7. KESIMPULAN dan SARAN

➤ Kesimpulan

1. Wells rotor yang terpasang horisontal hanya mampu menerima energi gelombang akibat adanya gerakan orbital dari partikel-partikel air dan tidak efektif dalam menerima energi arus air karena sejajar dengan arah aliran partikel air, sedangkan turbin darrieus yang terpasang vertikal sangat efektif dalam menerima energi arus dan tidak efektif dalam menerima energi gelombang. Sehingga penggunaan turbin kombinasi wells dan darrieus sangat efektif dalam menyerap kedua energi baik gelombang maupun energi arus.
2. Pada tinggi gelombang lebih tinggi akan menghasilkan energi yang lebih besar pada periode yang sama. Pada turbin kombinasi dan wells rotor pada pengujian ini dihasilkan putaran turbin yang maksimal pada periode gelombang sebesar 1,5s. Efisiensi maksimal yang diperoleh dari turbin kombinasi wells dan darrieus adalah sebesar 21,6% dan pada wells rotor sebesar 20,8% dengan ketinggian gelombang 0,123 m.
3. Dengan perbedaan tinggi gelombang, putaran turbin yang dihasilkan dan kecepatan partikel air maka diketahui hasil *tip speed ratio* (TSR) pada turbin kombinasi wells rotor dan darrieus sebesar 1,84 dan pada wells rotor sebesar 2,26.

➤ Saran-Saran

1. Perlu adanya pengembangan yang lebih lanjut dalam penelitian tentang turbin kombinasi antara wells dan darrieus untuk mendapatkan efisiensi yang lebih baik.
2. Lebih banyak inovasi pada sisi aerofoil dengan penambahan sudut serang untuk meningkatkan tekanan pada bilah turbin sehingga dapat meningkatkan penyerapan energi yang lebih baik.



TERIMA KASIH