



Uji Kinerja Turbin Pembangkit Listrik Arus Laut Lambung Ganda 10 Kilowatt Di Jembatan Suramadu

Afian Kasharjanto¹⁾, Daif Rahuna¹⁾, R. Bambang Aditya²⁾

¹⁾ Balai Teknologi Hidrodinamika - BPPT

Balai Teknologi Hidrodinamika, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Jl. Hidrodinamika, Kompleks ITS - Surabaya, 60112

²⁾ Balitbang Kelautan dan Perikanan – Kementerian Kelautan dan Perikanan
Kompleks Bina Samudra Timur, Jalan Pasir Putih I, Ancol – Jakarta 14430

diajukan pada : 16/08/17

direvisi pada : 16/10/17

diterima pada : 31/10/17

Abstrak

Melalui Program Pengembangan Teknologi Industri (PPTI) - Ristekdikti tahun 2016 telah dilakukan uji fungsi Turbin arus laut Twin Turbine -10 Kilowatt selama 1 (satu) bulan sejak 28 Nopember sampai dengan 30 Desember 2016. Turbin yang digunakan adalah turbin yang pernah diuji pada tahun 2015 dilokasi yang sama yaitu di bawah Jembatan Suramadu – Pile 56 tetapi rasio transmisi yang pada awalnya di buat 1 : 22,5 di turunkan menjadi 1: 12. Perubahan di lakukan karena putaran generator melebihi putaran maksimum yang diijinkan generator sehingga terjadi beban arus besar (melebihi kapasitas Inverter sehingga Inverter dapat terbakar. Tujuan dari kegiatan adalah untuk mengetahui daya listrik yang dapat dihasilkan oleh turbin tipe dua rotor (Twin Turbine) untuk operasional di bawah Jembatan. Melalui pengukuran langsung selama 30 hari siang dan malam, telah di dapat data daya listrik maksimal sebagai fungsi dari kecepatan arus laut dan ukuran rotor Tubin. Data kemudian diolah untuk mendapatkan nilai besaran daya listrik dan efisiensi. *Cutt-in speed* terjadi pada kecepatan arus 0,6 m/dt dan menghasilkan daya minimal pada masing – masing generator sebesar 480 Watt dan kecepatan arus maksimal terjadi pada 1,10 m/dt , menghasilkan daya maksimal 2,230 watt. Beban lampu didistribusikan bukan hanya di dalam turbin tetapi juga ditempelkan pada tiang (Pile) – 56 sebagai uji coba untuk penerangan di sepanjang jalan raya pada Pile-56 Jembatan Suramadu.

Copyright © 2017, **KAPAL**, 1829-8370 (p), 2301-9069(e)

Kata Kunci : Uji Fungsi Turbin, Jembatan Suramadu, Rasio Transmisi Mekanik, *Cutt-in speed*

1. PENDAHULUAN

Laut Indonesia menyediakan sumber energi baru dan terbarukan yang berkelanjutan dan melimpah. Sumber energi terbarukan dari laut terdiri dari : energi arus laut, energi pasang surut, energi perbedaan temperatur air laut (OTEC), dan energi ombak/gelombang. Dari sumber-sumber tersebut yang dalam sepuluh tahun ini sedang diteliti lebih intensif adalah *energi arus laut*.

Dalam hitungan di atas kertas diduga potensi arus laut di wilayah perairan Indonesia

menyimpan potensi energi listrik hingga 6.000 Megawatt. Untuk wilayah NTB dan NTT saja , terdapat sekitar 10 (sepuluh) selat yang diperkirakan dapat menghasilkan energi listrik hingga mencapai 3.000 Megawatt. Adapun kesepuluh Selat yang memiliki arus laut cukup kuat adalah Selat Alas, Selat Sape, Selat Linta, Selat Molo, Selat Flores, Selat Boleng, Selat Lamakera, Selat Pantar, dan Selat Alor. Bila dari satu Selat tadi dapat dipanen energi sebesar 300 Megawatt dengan dengan asumsi jumlah turbin 100 buah masing-masing sebesar 3 Megawatt (turbine farm), maka bisa dihasilkan energi listrik hingga 3.000 Megawatt.

*) Penulis Korespondensi :

Email : afian.kasharjanto@gmail.com

Turbin yang sesuai untuk Indonesia adalah sistem terapan tipe Darrieus sumber vertikal, karena disamping mudah perakitan dan murah, sumbu vertikal juga tetap berputar dalam satu arah (berlawanan jarum jam) meskipun arah arus laut selalu berubah (sesuai kondisi pasang surut) [1].

Mengapa harus menggunakan sumber energi arus laut, alasannya adalah:

1. Karena energi tersebut ramah lingkungan, terbarukan, dan berkelanjutan.
2. Mempunyai intensitas energi yang tinggi dibandingkan energi terbarukan yang lain
3. *Predictability* (dapat di perkirakan di atas kertas), karena arus laut lebih bergantung pada interaksi bumi-bulan-matahari dibandingkan cuaca.
4. Kondisi fisik pada kedalaman tertentu di laut cenderung tenang dan dapat diperkirakan sehingga tidak perlu “*over engineering*” dibandingkan energi angin.
5. Harga listrik per Kilowatt-jam (kWh) masih dapat bersaing dengan harga listrik berbahan bakar fosil

Penelitian pengembangan energi laut di dunia sudah lama dilakukan seperti di Negara Inggris, Jepang, Korea, Amerika, Perancis dan lain-lain.

Tetapi di Indonesia belum banyak yang melakukan penelitian sampai ke tingkat uji prototipe. Hal ini yang menyebabkan perkembangan penelitian energi arus laut di Indonesia masih jauh ketinggalan di banding dengan Negara-Negara lain, padahal Indonesia adalah Negara Maritim dimana kita harusnya bisa memanfaatkan sumber energi dari laut se-optimal mungkin, agar dapat membantu dalam mengatasi permasalahan konsumsi Energi Nasional khususnya di Daerah-daerah terpencil dan terluar. Dengan potensi 13.466 Pulau besar dan kecil, luas 9.8 juta km² (81% adalah laut), panjang garis pantai 99.093 kilo meter seharusnya sumber-sumber Energi dari laut dapat di manfaatkan untuk kemandirian Bangsa.

BPPT telah berhasil melakukan desain dan uji coba beberapa tipe prototipe turbin arus laut dan berhasil dilakukan uji operasional di laut serta telah mendapatkan 2 (dua) buah Sertifikat Paten untuk desain Turbin arus laut. Dengan dukungan tersebut, seharusnya kita sudah siap untuk beralih ke tahap pemanfaatan (*explorasi*) hasil listrik untuk digunakan secara komersial. Perkembangan pengujian dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 1. Perkembangan Penelitian Turbin Arus Laut di BPPT

Mulai tahun 2015, BPPT telah beralih ke tahap kegiatan komersial dengan pembuatan dan pengujian turbin arus laut Lambung Ganda (Twin Hull) pesanan Puslitbang - KKP dan telah mendapatkan penilaian TRL (*Teknologi Readiness Level*): 8 (delapan) yang artinya sudah layak untuk dikembangkan ke arah komersial.

Dari sisi Program Pemerintah, melalui kantor Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), telah direncanakan program pengembangan sumber energi dari laut di Indonesia dalam jangka panjang. ESDM telah mengusulkan roadmap pada UU No 30 tahun 2007 tentang Energi, PP 79 tahun 2014 tentang KEN, RPJMN 2015-2019 serta RUPTL dan telah disusun RUEN (Rencana Umum Energi Nasional) sesuai Perpres No. 22 Tahun 2017 yang bertujuan untuk mewujudkan kemandirian energi serta mewujudkan ketahanan energi Nasional.

Untuk merealisasikan tujuan tersebut, ada 2 (dua) strategi yang akan di laksanakan, yaitu [2]:

- Pemasangan Turbin skala besar untuk memenuhi kebutuhan energi secara umum dalam rangka bauran energi, serta
- Skala kecil untuk memperluas akses ke *remote area*, wilayah perbatasan dan pulau pulau kecil

Tetapi sebagai Negara Kepulauan dengan banyak Selat yang relatif sempit tidak terlalu dalam, Indonesia lebih cocok untuk mengembangkan turbin skala kecil tetapi dalam jumlah yang banyak (*small many*)

Kapasitas 10 Kilowatt adalah kapasitas yang dianggap ideal untuk dimanfaatkan di Indonesia karena kondisi perairan di Indonesia lebih cocok untuk pemasangan turbin skala kecil / menengah, karena [3]:

1. Sebaran penduduk di pulau-pulau kecil cenderung tidak merata (dalam jumlah sedikit tetapi menyebar)

2. Sifat kebanyakan kecepatan arus laut rata-rata 2 m/dt (meskipun ada beberapa yang di atas kecepatan rata-rata)
3. Infrastruktur Daerah untuk perakitan PLTAL minim sehingga sulit untuk pemasangan turbin skala besar.
4. Fasilitas alat pendukung (*crane, barge, berth, dll*) sangat minim .
5. Industri pendukung di Daerah tidak ada / sedikit.
6. Standarisasi dan regulasi Energi arus laut belum ada
7. Sertifikasi untuk alat, personil, maupun prosedur belum ada.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui gambaran kinerja turbin apabila dioperasikan di bawah Jembatan sehingga luaran daya listrik dapat di manfaatkan sebagai sumber penerangan dan kebutuhan listrik di sekitar Jembatan sebagai pengganti /tambahan sumber listrik dari PLN.

Alasan pemilihan lokasi di Jembatan Suramadu karena :

1. Jembatan Suramadu adalah Jembatan terpanjang dan menjadi ikon di Indonesia.
2. Lokasi Jembatan Suramadu relatif dekat dengan lokasi kegiatan (Kawasan ITS - Sukolilo, Surabaya), sehingga dapat menghemat biaya operasional selama proses uji coba berlangsung.
3. Meskipun kecepatan arus laut tidak terlalu besar jika di banding dengan kawasan Indonesia Timur, tetapi sudah cukup memadai untuk bisa menggerakkan rotor turbin berputar.
4. Aman dan nyaman, karena tempat kegiatan berada pada pos pantauan keamanan TNI - AL.

Diharapkan manfaat yang didapat dari uji coba ini, yaitu:

1. Sebagai tahap awal untuk di gunakan sebagai masukan pihak lain dalam melakukan penelitian di bidang energi Arus Laut.
2. Dapat digunakan sebagai sumber utama kebutuhan listrik di sekitar Jembatan karena sumber arus laut di bawah Jembatan selalu ada dan dapat di prediksi besaran tenaga yang di hasilkan setiap bulan-nya.
3. Mengurangi polusi, karena sumber listrik yang di gunakan dari sumber energi terbarukan dan bersih yang tidak akan pernah habis sampai kapan-pun.
4. Dapat menghemat konsumsi listrik dari PLN apabila sumber ini sudah dapat

diaplikasikan di semua Jembatan di Indonesia.

2. METODE

Metodologi yang digunakan adalah melalui pengukuran dan pengamatan langsung pengujian turbin di Pile-56 Jembatan Suramadu dimana kecepatan arus laut yang terjadi setiap hari adalah merupakan akibat dari kondisi pasang surut pengaruh gaya gravitasi hubungan antara bumi - bulan dan matahari. Pengukuran berlangsung selama 1 (satu) bulan sejak 28 Nopember sampai dengan 30 Desember 2016.

Turbin di tempatkan menempel langsung pada dinding tiang jembatan (Pile-56) dengan kedalaman sarat air 50 centimeter (sarat Ponton) sejajar dengan arah arus laut. Putaran rotor akan selalu tetap ke arah berlawanan jarum jam (meskipun arah arus selalu berubah).



Gambar 2. Posisi peletakan Turbin di Laut

Paramater yang di ukur / diamati adalah :

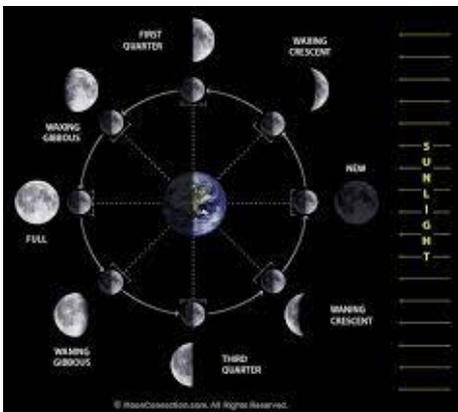
1. Arah dan kecepatan arus laut setiap interval 1 (satu) jam sekali selama 24(dua puluh empat jam) terus menerus.
2. Putaran rotor turbin (RPM)
3. Putaran Generator
4. Tegangan (V), Voltase (Volt), arus listrik (A) yang dihasilkan Inverter sebagai fungsi dari putaran generator.

Setiap hari dilakukan pengamatan di lokasi mulai 08.00 – 18.00 (shift 1) dan 18.00 sampai 08.00 (shift 2) untuk mencatat parameter-paramater di atas. Dari *data base* hasil pengamatan dapat dihitung daya listrik dan efisiensi rata-rata sebagai fungsi dari putaran generator serta data tegangan Inverter. Karena menggunakan 3 (tiga) buah generator 3500 watt, maka inverter yang digunakan juga sebanyak 3 (tiga) buah yang masing-masing untuk mengukur 1 (satu) generator.



Gambar 3. Inverter Listrik

Kecepatan arus laut setiap harinya bergantung pada siklus posisi bulan terhadap bumi (*neap tide dan spring tide*). Saat bulan, bumi dan matahari berada pada satu garis lurus (sejajar) maka akan terjadi bulan penuh, sedangkan disaat bumi, bulan dan matahari tegak lurus akan terjadi bulan bulan setengah (baru). Pada saat penuh itulah terjadi gaya gravitasi bulan paling besar dan terjadinya momen inersia akibat putaran bumi sehingga terjadi pasang semi (*spring tide*). Sedangkan pada saat posisi bulan tegak lurus dengan bumi maka terjadi bulan setengah (*half moon*), dan disaat itu akan terjadi pasang perbani (*neap tide*). Kondisi ini yang menyebabkan besaran kecepatan arus berubah-ubah karena pengaruh pasang surut akibat posisi Bumi-Bulan dan matahari [4].



Gambar 4. Fase Posisi Bulan Mengelilingi Bumi selama satu bulan

Dibandingkan dengan Energi angin yang tergantung pada cuaca, Energi matahari tergantung pada mendung atau hujan, Energi arus laut hanya tergantung pada keberadaan dan posisi bumi terhadap bulan dan matahari dimana hal tersebut terjadi secara berulang dan dapat di perkirakan

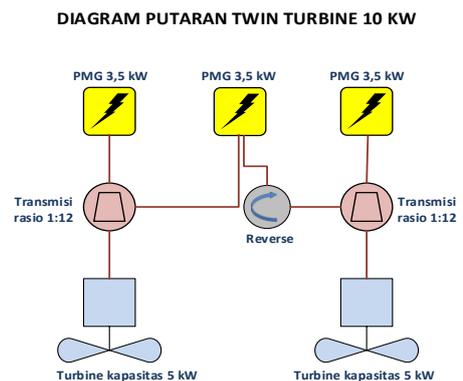
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Model Turbin

Penulisan tabel dimulai dari 1 hingga selesai dan tidak dikaitkan dengan Bab atau Sub bab. Misal Tabel 1. Dan bukan Tabel 3.1. Nama judul tabel ditulis dengan huruf kapital di awal kata. Posisi tabel beserta judul tabel *center*, dan berada di atas tabel tersebut.

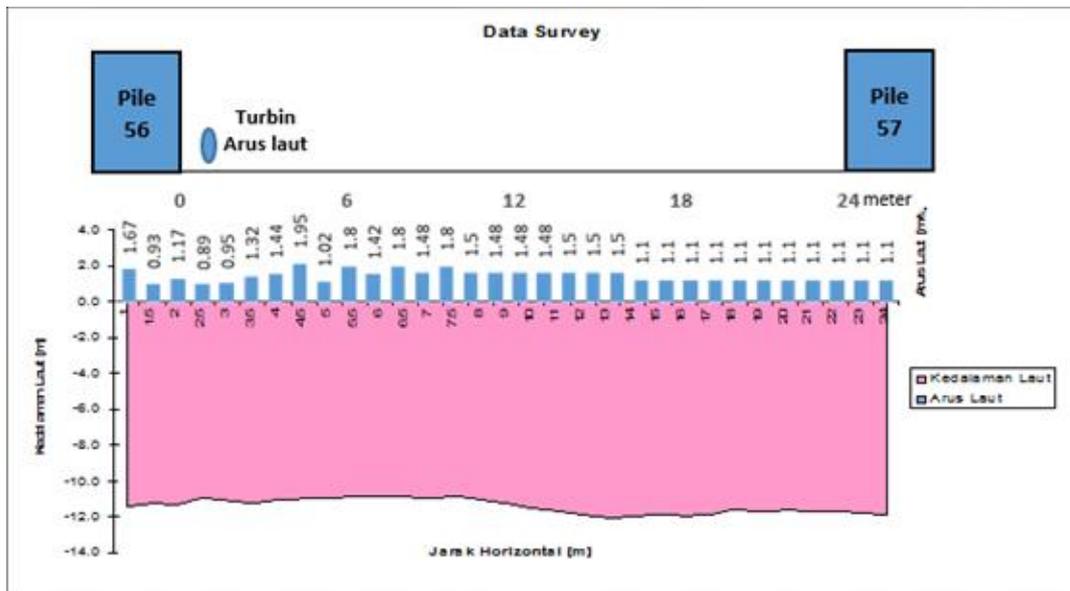
Dari desain awal telah ditentukan bahwa turbin menggunakan 3 (tiga) buah Generator dengan masing-masing kapasitas sebesar 3500 Watt. Diameter turbin 1.850 meter, panjang (span) bilah adalah (C_{Length}) 2.83 meter dan lebar chord ($C_{breadth}$) 1.86 meter. Rasio gear box sebesar 1 : 12 di gunakan untuk meneruskan gaya putaran dari rotor menuju generator. Besarnya daya listrik yang di dihasilkan bergantung pada densitas air laut, penampang aliran, dan kecepatan alirannya [3].

Secara umum skema kerja turbin adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Skema Kerja Turbin

Data kedalaman dan kecepatan arus laut dapat di lihat seperti pada Gambar 6 [5].



Gambar 6. Data Kedalaman dan Kecepatan Arus di Sekitar Pile-56 Suramadu

3.2. Data Pengujian Turbin

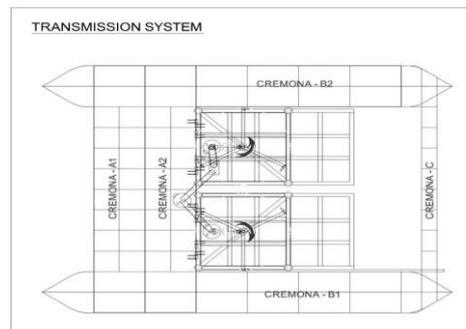
Gambar desain sistem kerja Turbin dapat di lihat seperti pada Gambar 7 dan 8 [6] :

Ukuran turbin :

- Panjang : 8.0 meter
- Lebar : 6.0 meter
- Tinggi : 1.0 meter
- Sarat : 0.5 meter
- Displacement : 8000 kilogram
- Jumlah rotor : 2 buah
- Bilah Turbin : 2.183 x 0.186 meter (3 buah / rotor)
- Material : Fibreglass (ponton) Aluminium (bilah turbin)



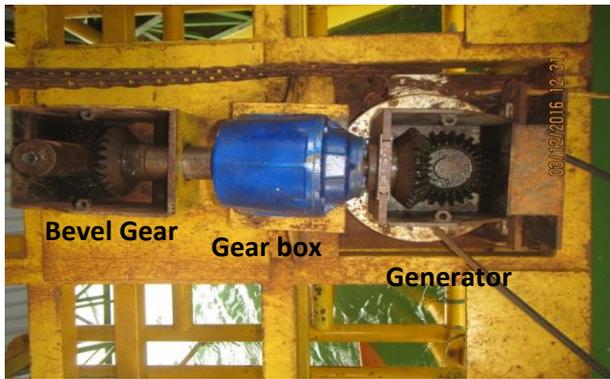
Gambar 7. Bilah Turbin



Gambar 8. Desain Turbin

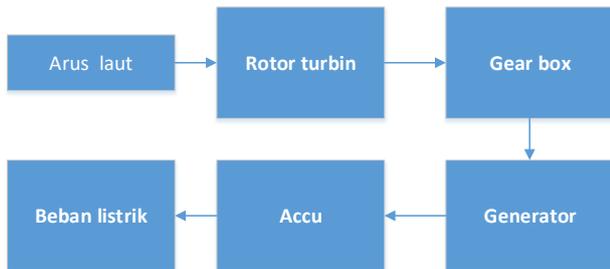
Mekanisme kerja dari Turbin adalah berawal dari kecepatan arus laut (di ukur dengan *digital flow-meter*) di gunakan untuk memutar 2 (dua) buah rotor Turbin. Selanjutnya melalui sistem transmisi mekanik (*bevel gear dan gear box*), putaran tersebut di teruskan untuk memutar 3 (tiga) buah Generator. Putaran Generator kemudian akan di rubah menjadi Energi listrik. Putaran Rotor-1 di hubungkan ke Generator-1, putaran Rotor-2 di hubungkan ke Generator-2. Kemudian masing-masing generator-1 dan 2 di hubungkan ke Generator-3 menggunakan mekanisme sambungan *Pulley* sehingga ketiga generator dapat berputar bersamaan.

Hasil listrik kemudian akan di teruskan ke beban lampu serta kelebihan daya lainnya akan di simpan pada Accu 12 Volt 220 Ah *deep cycle* (Power bank). Desain besaran rasio putaran sistem transmisi bergantung pada kecepatan arus rata-rata yang di terima serta putaran minimum yang di butuhkan Generator untuk dapat menghasilkan listrik.



Gambar 9. Sistem Transmisi Putaran Rotor

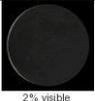
Lokasi uji turbin berada di bawah Jembatan Suramadu sisi utara (pile 56), pada posisi LS 7°09'50.4" – LS 7°10'03.48" dan LE 112°47'3.84" – LE 112°46'50.84", dengan kedalaman perairan antara 10 m sampai dengan 12 m [7]



Gambar 10. Proses Kerja Menghasilkan Listrik

Selama proses uji coba, setiap hari dilakukan pengukuran kecepatan arus laut (mulai 28 Nopember sampai dengan 30 Desember 2016) seperti pada Tabel 1 [8].

Tabel 1. Hubungan Fase Lunar Dengan Besaran Kecepatan Arus

No.	Tgl.	Fase Lunar	V _{Arus} (m/dt)		Durasi (Jam)	Freq
			Min	Max		
1	28 Nov	 2% visible	0,6	1,0	9,5	2
2	29 Nov	 New moon	0,6	1,0	10,5	2
3	30 Nov	 1% visible	0,6	1,1	10,5	2
4	1 Des	 2% visible	0,6	1,0	9,5	2

5	2 Des	 6% visible	0,6	0,9	7,5	2
6	3 Des	 11% visible	0,6	0,9	6,5	2
7	4 Des	 18% visible	0,6	0,8	5,5	2
8	5 Des	 26% visible	0,6	0,7	6	2
9	6 Des	 36% visible	0,6	0,7	5	2
10	7 Des	 First quarter	0,6	0,7	4	2
11	8 Des	 57% visible	0,6	0,7	5,5	2
12	9 Des	 68% visible	0,6	0,8	4	2
13	10 Des	 78% visible	0,6	0,8	4,5	2
14	11 Des	 87% visible	0,6	0,9	4	2
15	12 Des	 94% visible	0,6	1,0	7,5	2
16	13 Des	 Full moon	0,6	1,0	8,5	2
17	14 Des	 99% visible	0,6	1,1	8,5	2
18	15 Des	 96% visible	0,6	0,9	10	2
19	16 Des	 94% visible	0,6	0,8	10,5	2
20	17 Des	 88% visible	0,6	0,7	9,5	2
21	18 Des	 80% visible	0,6	0,8	8,5	2

19	Des		0,6	0,7	6	2
20	Des		0,6	0,7	5	2
21	Des		0,6	0,7	4	2
22	Des		0,6	0,8	4,5	2
23	Des		0,6	0,7	4	2
24	Des		0,6	0,7	4,5	2
25	Des		0,6	0,8	6,5	2
26	Des		0,6	0,9	9,5	2
27	Des		0,6	1,0	9,5	2
28	Des		0,6	1,0	10	2
29	Des		0,6	1,0	9,5	2
30	Des		0,6	0,9	9	2
31	Des		0,6	0,9	9	2

Gambar 11. Grafik Sebaran Kecepatan Arus (m/dt) Selama 30 Hari Uji Coba

Berdasarkan rumus [9]:

$$P \text{ (Watt)} = \frac{1}{2} \rho AV^3 \eta \quad (1)$$

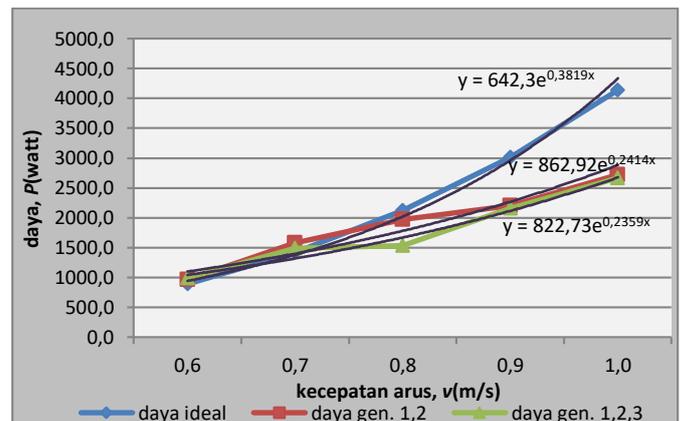
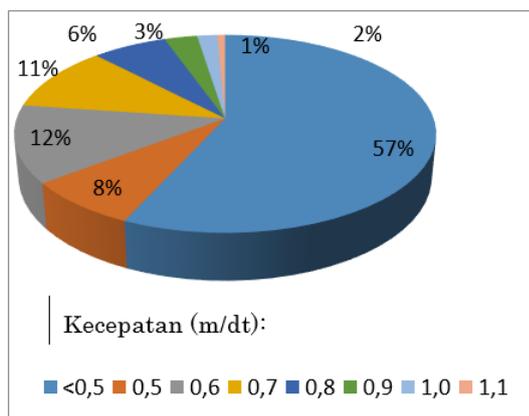
dimana P adalah daya listrik dalam Watt, ρ adalah densitas air laut dalam kg/m^3 , A adalah luasan penampang melintang rotor turbin dalam m^2 , V adalah kecepatan arus laut dalam m/det , dan η adalah efisiensi. Maka dari persamaan (1) kita dapat mengetahui besaran daya operasional Turbin dari hasil pengukuran kecepatan arus laut, putaran turbin dan putaran Generator. Data putaran sebagai fungsi dari kecepatan arus laut selama 1(satu) bulan (mulai 28 Nopember 2016 sampai dengan 28 Desember 2016).

Perbandingan daya listrik antara daya teoritis dari formula dengan realitas pada generator untuk mengetahui efisiensi listrik sebagai fungsi kecepatan air dapat dilihat pada Gambar 12 [10]:

Tabel.2. Pengukuran Kecepatan Arus, Putaran Rotor dan Generator

kecepatan arus, V (m/dt)		putaran turbin, n_t (rpm)		putaran generator, n_{pmg} (rpm)	
V_{in}	V_{out}	1	2	1	2
0,6	0,4	7,4	7,4	88,8	88,8
0,7	0,4	9,3	9,3	111,6	111,6
0,8	0,5	10,4	10,4	124,8	124,8
0,9	0,6	11,2	11,2	134,4	134,4
1,0	0,6	12,4	12,4	148,8	148,8

Secara grafis, perbandingan prosentase besaran masing-masing kecepatan arus laut selama periode satu bulan adalah :



Gambar 12. Grafik Perbandingan Besaran Daya Dengan Daya yang Dihasilkan Generator

4. KESIMPULAN

Uji coba ini hanya untuk membuktikan bahwa potensi arus laut di bawah Jembatan dapat di manfaatkan untuk menghasilkan listrik. Di Indonesia terdapat banyak jembatan yang menghubungkan 2 (dua) Selat. Pengukuran arus laut di lakukan secara langsung pada dua posisi, yaitu di depan (sebelum melewati putaran rotor) dan sesudah melewati putaran rotor. Potensi kecepatan arus memungkinkan untuk diperbesar, karena konstruksi tiang Jembatan dapat berfungsi sebagai pemercepat aliran (*ducted*) sehingga aliran yang melalui antara tiang Jembatan akan di percepat . Efisiensi maksimum terjadi pada saat 2 (dua) generator bekerja, dimana masing -masing generator di hubungkan langsung pada masing-masing Rotor. Efisiensi dapat menghasilkan 37 %. Sedangkan pada saat generator ke-3 di gabung pada 2 (dua) generator sebelumnya, efisiensi ternyata turun menjadi 19,8 %. Hal ini terjadi karena untuk menggabungkan Generator ke-1 dan 2 menuju generator ke-3 (tiga) masih menggunakan mekanisme sambungan *belt* yang menyebabkan tambahan gaya gesek (*friction /slip*) sehingga dapat menurunkan efisiensi system.

Secara prinsip berdasarkan hasil uji coba, listrik telah berhasil menyala baik dengan beban lampu yang di pasang pada turbin maupun di luar turbin (sekitar tiang/*pile* Jembatan). Jumlah total beban lampu 42 buah x 25 watt

Untuk mengetahui daya tahan peralatan kelistrikan dan mekanik terhadap karat karena air laut maupun angin selama beroperasi di laut, perlu dilanjutkan dengan melakukan uji ketahanan (*indurance test*) dalam jangka waktu yang agak lama (sekitar 6 -12 bulan operasional di laut)

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada personil mitra Balitbang-KKP atas dukungan yang di berikan sehingga kegiatan pengujian dapat terlaksana sampai selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Erwandi, Kasharjanto, A., Mintarso, C.S.J., Marta,E., Ali, B., 2013, Some Researches on Marine Renewable Energy in Indonesian Hydrodynamic Laboratory BPPT, Indian Ocean and Pacific Conference, APEC 2013, Bali Indonesia, June 18-22, 2013
- [2] Roadmap pembangunan di bidang energi laut, ESDM, Bogor, 16 Juni 2017
- [3] ([http : // pltal.wordpress.com/](http://pltal.wordpress.com/)), 2010

- [4] <http://bukukita1.blogspot.co.id/2012/12/pengertian-pasng-surut-air-laut.html>
- [5] Stephen P.Radzevich,” Dudley’s handbook of practical gear design and manufacture”, 2012
- [6] A.Syafiul “Hasil survey tim BPPT di Suramadu”, 2015
- [7] Afian.K, Proposal PPTI “Pemasangan dan uji kinerja pembangkit listrik arus laut kapasitas 10 Kilowatt di Depo Pertamina-Tanjung wangi – Banyuwangi, 2016
- [8] Software moonphase.exe, Free download, <http://moonphase.en.softonic.com/>, 2016
- [9] <https://miskardi.wordpress.com/2010/08/28/menghitung-energi-dari-kincir-angin/>
- [10] Laporan akhir PPTI,” Pemasangan dan uji coba fungsi pembangkit listrik tenaga arus laut (PLTAL) Twin Turbine – 10