

**STUDI POTENSI ARUS LAUT PERAIRAN SELAT BALI SEBAGAI  
ALTERNATIF PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT  
MENGUNAKAN MIKE 21**

**SKRIPSI  
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN  
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

**OLEH:**

**DIO ADITYA MURTIANTO**

**NIM. 125080601111013**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2016**

**STUDI POTENSI ARUS LAUT PERAIRAN SELAT BALI SEBAGAI  
ALTERNATIF PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT  
MENGUNAKAN MIKE 21**

**LAPORAN SKRIPSI  
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN  
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan  
Di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Brawijaya**

**Oleh:**

**Dio Aditya Murtianto**

**NIM. 125080601111013**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2016**

SKRIPSI

STUDI POTENSI ARUS LAUT PERAIRAN SELAT BALI SEBAGAI ALTERNATIF  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT MENGGUNAKAN MIKE 21

Oleh:

DIO ADITYA MURTIANTO

NIM. 125080601111013

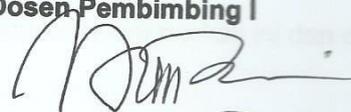
Dosen Penguji I

  
(Dr. H. Rudianto, MA)

NIP. 19570715 198603 1 024

Tanggal : 10 5 AUG 2016

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I

  
(Nurin Hidayati., S.T, M.Sc)

NIP. 19781102 200502 2 001

Tanggal : 0 5 AUG 2016

Dosen Penguji II

  
(Dhira Khurniawan S., S.Kel, M.Sc)

NIK. 2012018601151001

Tanggal : 0 5 AUG 2016

Dosen Pembimbing II

  
(Andik Isdianto, ST., MT.)

NIK. 2013098209281001

Tanggal : 0 5 AUG 2016

Mengetahui,

Ketua Jurusan PSPK



Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP

NIP. 19630608 198703 1 003

0 5 AUG 2016

**PERNYATAAN ORISINILITAS**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

**Nama : Dio Aditya Murtianto**

**NIM : 125080601111013**

**Prodi : Ilmu Kelautan**

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa dalam pembuatan laporan skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri yang dibimbing oleh dosen pembimbing skripsi. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya yang pernah ditulis, pendapat, atau dibentuk orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

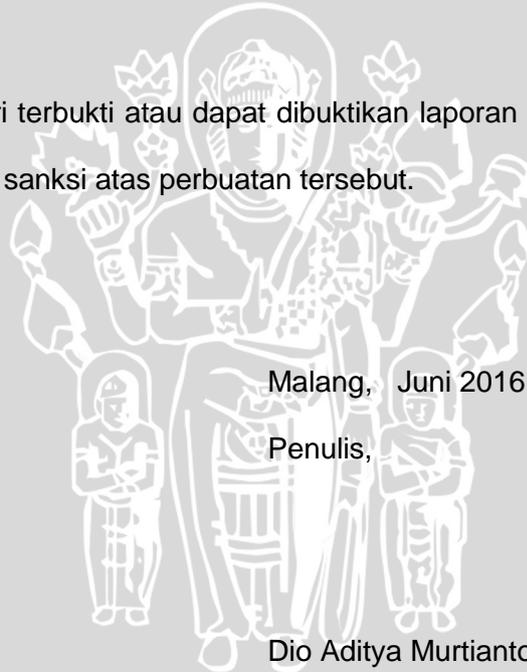
Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan ini adalah hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, Juni 2016

Penulis,

Dio Aditya Murtianto

NIM. 125080601111013



## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya laporan Skripsi ini, tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala nikmatnya dan Nabi Muhammad SAW atas petunjuknya
2. Heri Murtono, Siti Komariah, Marita M. Ariestyta dan keluarga yang selalu memberi dukungan, motivasi dan doa restu kepada penulis
3. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.
4. Nurin Hidayati., S.T, M.Sc., dan Andik Isdianto., S.T., M.T Selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II, yang dengan sabar telah memberi masukan, pengarahan, dan bimbingan selama penyelesaian laporan skripsi.
5. Dr. H. Rudianto, MA dan Dhira Kurniawan, S.Kel., M.Sc Selaku dosen penguji I dan dosen penguji II atas masukan dan saran yang diberikan guna penyempurnaan laporan skripsi ini
6. Oka Sudarmaja dan Reyhan Dwinusa yang selalu membantu dalam penelitian hingga penelitian ini sehingga bisa berjalan dengan baik
7. Lusiani, Syifa Harly, Chaiz, Fikri, Arif, Iis, Naning, Ammar, Roosita dan semua squad rumah kita yang telah memberikan bantuan serta suntikan semangat tanpa henti
8. Eksekutif Mahasiswa 2013, Eksekutif Mahasiswa 2014, Eksekutif Mahasiswa 2015, dan Eksekutif Mahasiswa 2016 yang selalu memberikan pelajaran selama hidup di dunia kampus.
9. Teman-teman Poseidon Ilmu Kelautan UB 2012 atas segala bantuan, semangat, motivasi, dan informasi.

Malang, Juni 2016

Penulis

Dio Aditya Murtianto

**ABSTRAK**

**DIO ADITYA MURTIANTO.** Skripsi dengan topik **Studi Potensi Arus Laut Perairan Selat Bali Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut Menggunakan Mike 21** (dibawah bimbingan **Nurin Hidayati., S.T, M.Sc, dan Andik Isdianto., S.T., M.T**)

---

Potensi arus laut yang besar yang terdapat di Indonesia merupakan satu faktor yang bisa dimanfaatkan untuk pengembangan energi alternatif baru yang ada di Indonesia. Arus laut yang ada di Indonesia sendiri dipengaruhi oleh kondisi oseanografi dan geografis Indonesia sendiri dimana terapat antara 2 Samudera yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik dan terletak diantara 3 lempeng yaitu lempeng pasifik, eurasia, dan Indo-Australia dimana pengaruh besar yang terjadi karena kondisi inilah yang membuat kondisi perairan di Indonesia beragam. Arus juga merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dikarenakan tiupan angin atau perbedaan densitas atau pergerakan gelombang panjang (Nontji, 1986).

Penelitian ini digunakan untuk mengetahui karakteristik arus laut serta implementasinya kedalam penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL) sebagai alternatif dari pembangkit listrik dengan menggunakan energi terbahrukan. Penelitian ini dilakukan karena penelitian terkait karakteristik arus laut serta implementasinya kedalam pembuatan pembangkit listrik di selat bali dengan menggunakan software Mike 21 masih belum dilakukan. Tingginya potensi arus laut yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu energi alternatif serta pengembangan pulau pulau kecil juga merupakan salah satu faktor pendukung penelitian ini. Penelitian ini digunakan untuk melihat karakteristik arus laut melalui proses permodelan oseanografi serta survey lapang untuk mendalami terkait karakteristik arus laut yang terdapat di perairan sekitar selat bali.

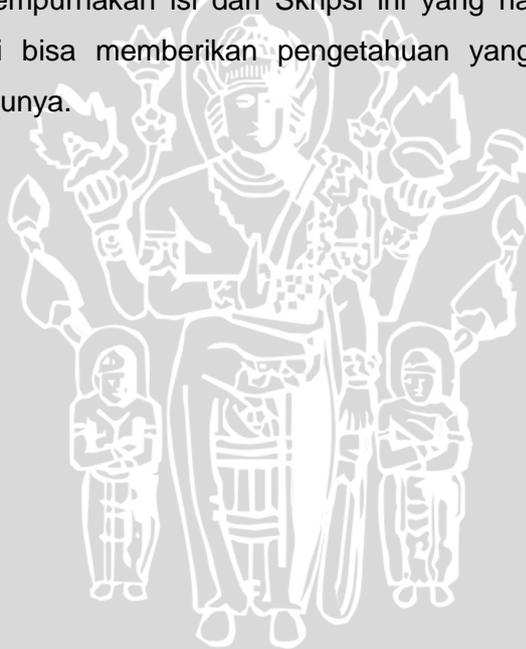
Hasil dari penelitian ini terdapat nilai konversi output daya yang dihasilkan dari beberapa turbin menunjukkan terdapat korelasi antara output daya dan kecepatan arus, kesimpulan ini diambil dengan melihat output dari masing masing turbin yang digunakan serta kecepatan arus hasil permodelan oseanografi mike 21. Dimana pada saat kecepatan maksimum pada musim peralihan 1 2016 untuk turbin gorlov daya yang dihasilkan rata-rata per hari sebesar 1357, 564 watt, turbin savonius 284,442 watt, turbin kobold 6804,834 watt, dan turbin wells 433,679 watt. Serta untuk daya yang dihasilkan masing-masing turbinnya selama waktu penelitian yaitu bulan Juni 2015-Mei 2016 adalah untuk turbin gorlov sebesar 359,379 kW, untuk turbin savonius 75,298 kW, untuk turbin kobold 1.801 kW, dan untuk turbin wells 114,749 kW.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah. Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, atas kelimpahan rahmat dan hidayahnya pada akhirnya Laporan Skripsi yang berjudul “Studi Potensi Arus Laut Perairan Selat Bali Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut Menggunakan Mike 21” dapat terselesaikan dengan baik, lancar dan tepat waktu.

Laporan ini secara umum akan menjelaskan mengenai penggunaan pengukuran arus laut di Selat Bali, konversi kecepatan arus menjadi energi listrik, perbandingan data yang diukur di lapang dengan data sekunder, serta pemilihan lokasi dan jenis turbin yang sesuai dengan karakteristik arus di wilayah Selat Bali

Sebagaimana telah disadari bahwa masih ada kekurangan dalam penulisan Laporan Skripsi ini. Oleh karena itu, saya sebagai penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dan dapat menyempurnakan isi dari Skripsi ini yang nantinya bermanfaat bagi pembaca. Semoga tulisan ini bisa memberikan pengetahuan yang bermanfaat dan bisa digunakan sebagaimana seperlunya.



Malang, Juni 2016

Dio Aditya Murtianto

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINILITAS.....	ii
UCAPAN TERIMAKASIH .....	iii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
1. Pendahuluan .....	1
1. 1. Latar Belakang.....	1
1. 2. Rumusan Masalah.....	5
1. 3. Tujuan Penelitian .....	5
1. 4. Manfaat Penelitian.....	5
1. 5. Waktu dan Tempat Penelitian.....	6
2. Tinjauan Pustaka .....	7
2. 1. Arus Laut.....	7
2. 2. Energi Arus Laut .....	11
2. 3. Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut.....	13
2. 4. Jenis Turbin .....	13
3. Metodologi .....	20
3. 1. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	20
3. 2. Penentuan Stasiun Penelitian.....	21
3. 3. Alat dan Bahan Penelitian .....	22
3. 5. Jenis dan Metode Pengambilan Data.....	24
3. 5. 1. Pengambilan Data Batimetri Gebco ( <i>General Bathymetric Chart Of The Ocean</i> )	24
3. 5. 2. Pengambilan Data Pasang Surut.....	25
3. 5. 3. Pembuatan Simulasi Model Arus Laut Menggunakan DHI Mike 21 .....	25
3. 5. 4. Uji Sensitivitas Simulasi Model.....	32
3. 5. 5. Pengambilan Data Lapang.....	32
3. 5. 6. Validasi Data Lapang dengan Data Simulasi.....	33
3. 5. 7. Pemilihan Jenis Turbin.....	34
3. 5. 8. Metode Analisis Data .....	34



4.	Hasil dan Pembahasan.....	36
4. 1.	Gambaran Lokasi Penelitian.....	36
4. 2.	Analisis Data Arus Hasil dari Mike 21 dan Observasi Lapang.....	36
4. 3. 1.	Karakteristik Daerah Potensial.....	40
4. 3. 2.	Hasil Permodelan Oseanografi Permusim.....	43
a.	Arah dan Kecepatan Arus Musim Timur 2015.....	43
b.	Arah dan Kecepatan Arus Musim Peralihan 2 2015.....	45
c.	Arah dan Kecepatan Arus Musim Barat 2015-2016.....	47
d.	Arah dan Kecepatan Arus Musim Peralihan 1 2016.....	49
4. 3. 3.	Hasil Permodelan Oseanografi Perbulan.....	51
a.	Arah dan Kecepatan Arus Bulan Juni 2015.....	51
b.	Arah Dan Kecepatan Arus Bulan Juli.....	53
c.	Arah dan Kecepatan Arus Bulan Agustus.....	55
d.	Arah dan Kecepatan Arus Bulan September 2015.....	57
e.	Arah dan Kecepatan Arus bulan Oktober 2015.....	59
f.	Arah dan Kecepatan Arus bulan November 2015.....	61
g.	Arah dan Kecepatan Arus bulan Desember 2015.....	63
h.	Arah dan Kecepatan Arus bulan Januari 2016.....	65
i.	Arah dan Kecepatan Arus bulan Februari 2016.....	67
j.	Arah dan Kecepatan Arus bulan Maret 2016.....	69
k.	Arah dan Kecepatan Arus bulan April 2016.....	71
l.	Arah dan Kecepatan Arus bulan Mei 2016.....	73
4.4.	Konversi Daya.....	75
4. 4. 1.	Konversi Daya Permusim.....	75
4. 4. 2.	Konversi Daya Pertahun.....	79
4.5.	Aplikasi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut.....	80
4.6.	Kendala dan Hambatan Selama Penelitian.....	81
5.	PENUTUP.....	82
5. 1.	Kesimpulan.....	82
5. 2.	Saran.....	83
	Daftar Pustaka.....	84
	LAMPIRAN.....	87



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Alat Untuk Penelitian ..... 22

Tabel 2. Bahan Untuk Penelitian..... 23

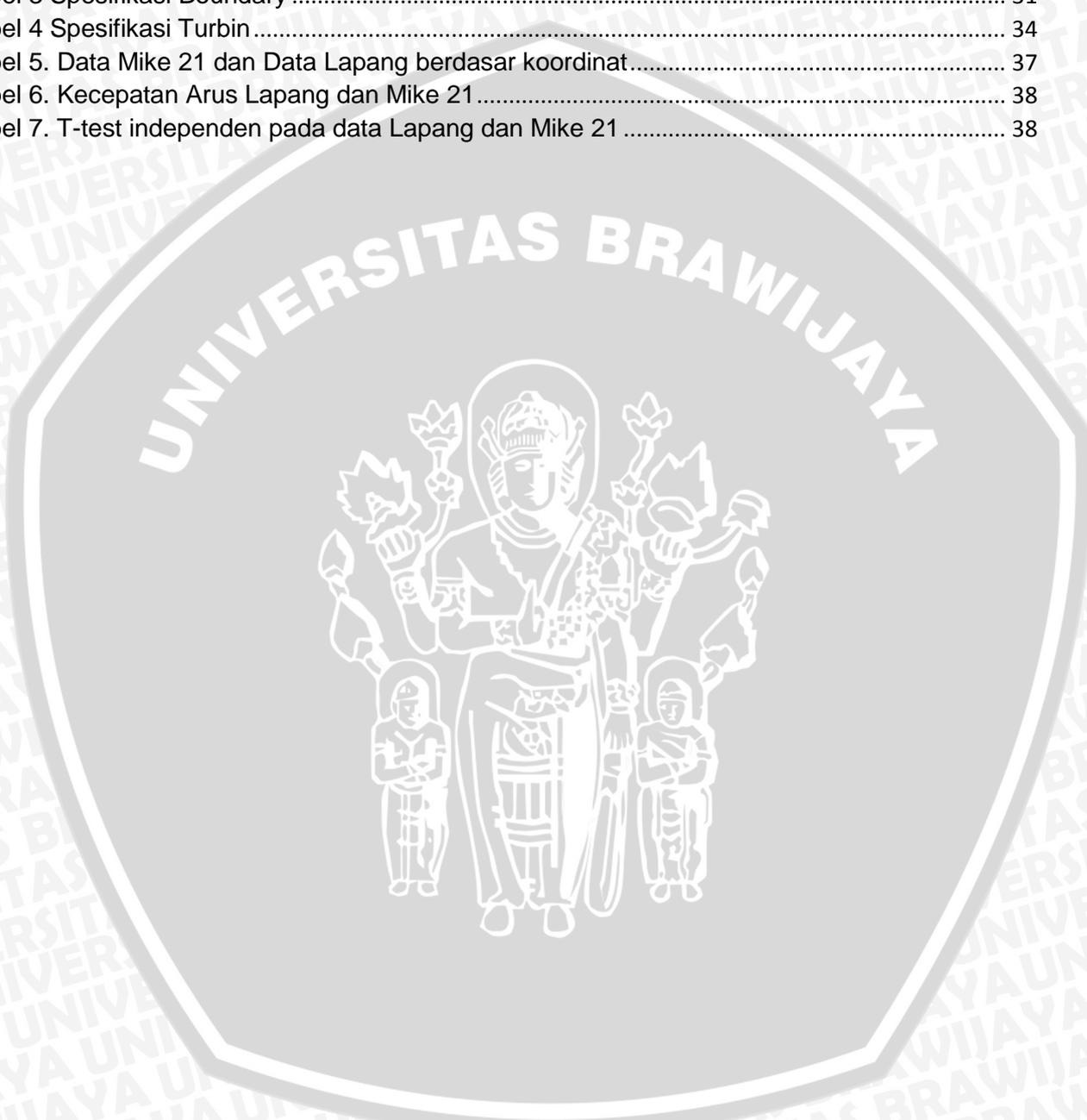
Tabel 3 Spesifikasi Boundary ..... 31

Tabel 4 Spesifikasi Turbin ..... 34

Tabel 5. Data Mike 21 dan Data Lapang berdasar koordinat..... 37

Tabel 6. Kecepatan Arus Lapang dan Mike 21 ..... 38

Tabel 7. T-test independen pada data Lapang dan Mike 21 ..... 38



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Spiral Ekman ..... 8

Gambar 2. Angin Monsun Timur ..... 10

Gambar 3. Angin Muson Barat ..... 10

Gambar 4. Turbin Gorlov ..... 15

Gambar 5. Turbin Savonius ..... 16

Gambar 6. Turbin Kobold ..... 17

Gambar 7. Turbin Wells tipe OWC ..... 18

Gambar 8. Peta Lokasi Penelitian ..... 20

Gambar 9. Lokasi Titik Pengambilan Sampel ..... 21

Gambar 10. Diagram alir cara pengambilan data batimetri Gebco ..... 24

Gambar 11. Diagram alir pengambilan data pasut menggunakan naotide ..... 25

Gambar 12. Diagram alir pembuatan simulasi model menggunakan Mike 21 ..... 30

Gambar 13. Tes Sensitivitas Model ..... 32

Gambar 14. Penelitian Lapangan ..... 33

Gambar 15. Batimetri Lokasi Penelitian ..... 36

Gambar 16. Grafik Rata-Rata Kecepatan Arus dengan Menggunakan Mike 21 dan Pengambilan data lapang ..... 37

Gambar 17. Peta Daerah Potensial ..... 40

Gambar 18. Peta Daerah Kecepatan Arus Potensial daerah Selat Bali A (Utara) ..... 41

Gambar 19. Peta Daerah Kecepatan Arus Potensial daerah Selat Bali B (Selatan) ..... 41

Gambar 20. Rata-Rata Kecepatan Arus Laut Tahun 2015-2016 ..... 42

Gambar 21. Arah dan Kecepatan Arus Musim Timur 2015 ..... 44

Gambar 22. Kecepatan Arus Laut Musim Timur 2015 ..... 45

Gambar 23. Arah dan Kecepatan Arus Musim Peralihan 2 2015 ..... 46

Gambar 24. Kecepatan Arus Musim Peralihan 2 2015 ..... 47

Gambar 25. Arah dan Kecepatan Arus Musim Barat 2015-2016 ..... 48

Gambar 26. Kecepatan Arus Musim Barat ..... 49

Gambar 27. Arah dan Kecepatan Arus Musim Peralihan 1 2016 ..... 50

Gambar 28. Kecepatan Arus Musim Peralihan 1 2016 ..... 51

Gambar 29. Arah dan Kecepatan Arus bulan Juni 2015 ..... 52

Gambar 30. Kecepatan Arus Bulan Juni 2015 ..... 53

Gambar 31. Arah dan Kecepatan Arus bulan Juli 2015 ..... 54

Gambar 32. Kecepatan Arus bulan Juli 2015 ..... 55

Gambar 33. Arah dan Kecepatan Arus bulan Agustus 2015 ..... 56

Gambar 34. Kecepatan Arus bulan Agustus 2015 ..... 57

Gambar 35. Arah dan Kecepatan Arus bulan September 2015 ..... 58

Gambar 36. Kecepatan Arus bulan September 2015 ..... 59

Gambar 37. Arah dan Kecepatan Arus bulan Oktober 2015 ..... 60

Gambar 38. Kecepatan Arus bulan Oktober 2015 ..... 61

Gambar 39. Arah dan Kecepatan Arus bulan November 2015 ..... 62

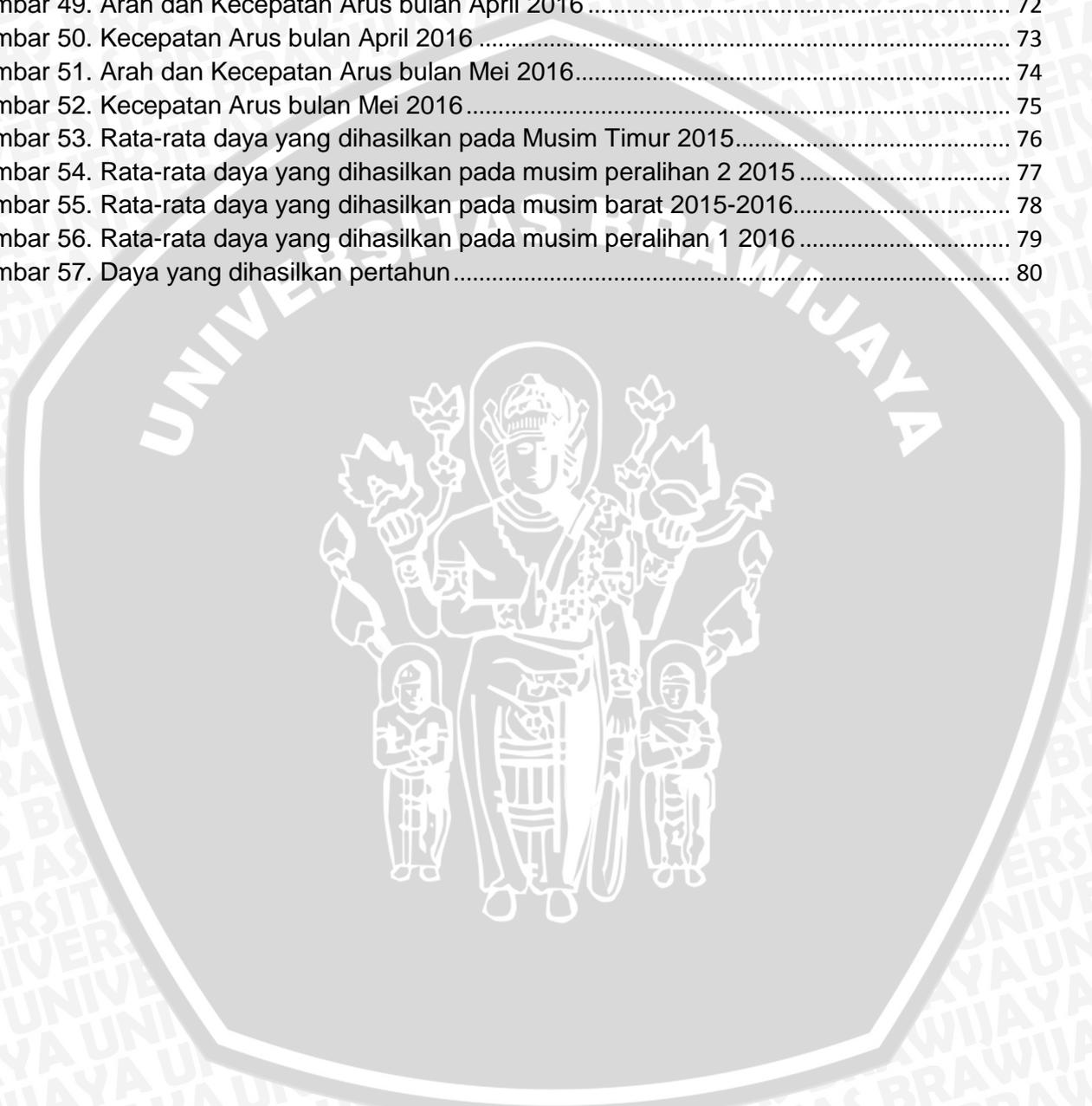
Gambar 40. Kecepatan Arus bulan November 2015 ..... 63

Gambar 41. Arah dan Kecepatan Arus bulan Desember 2015 ..... 64

Gambar 42. Kecepatan Arus bulan Desember 2015 ..... 65



Gambar 43. Arah dan Kecepatan Arus bulan Januari 2016.....	66
Gambar 44. Kecepatan Arus bulan Januari 2016 .....	67
Gambar 45. Arah dan Kecepatan Arus bulan Februari 2016 .....	68
Gambar 46. Kecepatan Arus bulan Februari 2016.....	69
Gambar 47. Arah dan Kecepatan Arus bulan Maret 2016.....	70
Gambar 48. Kecepatan Arus bulan Maret 2016 .....	71
Gambar 49. Arah dan Kecepatan Arus bulan April 2016 .....	72
Gambar 50. Kecepatan Arus bulan April 2016 .....	73
Gambar 51. Arah dan Kecepatan Arus bulan Mei 2016.....	74
Gambar 52. Kecepatan Arus bulan Mei 2016.....	75
Gambar 53. Rata-rata daya yang dihasilkan pada Musim Timur 2015.....	76
Gambar 54. Rata-rata daya yang dihasilkan pada musim peralihan 2 2015 .....	77
Gambar 55. Rata-rata daya yang dihasilkan pada musim barat 2015-2016.....	78
Gambar 56. Rata-rata daya yang dihasilkan pada musim peralihan 1 2016 .....	79
Gambar 57. Daya yang dihasilkan pertahun.....	80



## 1. Pendahuluan

### 1. 1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang begitu pesat dan juga kebutuhan manusia yang terus meningkat hakikatnya diimbangi dengan segala kebutuhan yang diharuskan ada. Semakin meningkatnya kebutuhan akan energi listrik saat ini dipengaruhi juga karena perkembangan ekonomi Indonesia yang sangat signifikan terlebih kebutuhan akan keberlangsungan hidup suatu insan di dunia. Pertambahan jumlah penduduk serta meningkatnya pertumbuhan ekonomi menyebabkan kebutuhan akan energi listrik sangat tinggi. Sayangnya kebutuhan ini tidak diimbangi dengan peningkatan penyediaan energi listrik yang ada di Indonesia. Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki beberapa tantangan salah satunya adalah dalam hal pemenuhan energi listrik di pulau-pulau. Potensi yang dimiliki Indonesia ini harusnya menjadi salah satu jalan keluar dari kurangnya kebutuhan energi listrik di pulau-pulau yang ada di Indonesia. Pemenuhan sumber energi alternatif terbahrukan merupakan salah satu jalan keluar dari permasalahan energi Indonesia. Kebutuhan energi dalam mendukung pembangunan nasional merupakan hal penting, pada tahun 2013 kapasitas total pembangkit listrik di Indonesia adalah sebesar 45 GW dan sebanyak 74% diantaranya berada di wilayah Jawa dan Bali, 15% di wilayah Sumatera, serta 3% di wilayah Kalimantan dan sisanya tersebar di pulau lainnya yaitu Maluku, NTB-NTT, dan Papua. Pembangkit listrik yang ada di Indonesia dilihat dari input bahan bakarnya yaitu batubara dan gas berturut-turut sebanyak 44% dan 26% dan bahan bakar minyak sebanyak 15% dan sisanya diisi oleh pembangkit listrik dengan menggunakan energi terbarukan. Belum termanfaatkan sumber energi terbarukan dan masih ketergantungan terhadap konsumsi energi fosil merupakan salah satu kelemahan dalam menerapkan pemerataan kebijakan energi Indonesia (Yuningsih, 2011).

Salah satu jalan keluar dari permasalahan energi Indonesia adalah pengelolaan dan pengadaan sumber daya energi terbarukan. Dengan Indonesia sebagai negara

kepulauan dan memiliki garis pantai terpanjang merupakan satu peluang Indonesia untuk memanfaatkan energi yang berasal dari laut untuk dapat digunakan sebagai pembangkit listrik pada pulau-pulau yang ada di Indonesia. Laut memiliki energi yang dapat digunakan seperti gelombang, angin, pasang surut, dan arus. Menurut Hutabarat dan Evans (1986), arus air laut adalah pergerakan massa air secara vertikal dan horisontal sehingga menuju keseimbangannya, atau gerakan air yang sangat luas yang terjadi di seluruh lautan dunia. Arus juga merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dikarenakan tiupan angin atau perbedaan densitas atau pergerakan gelombang panjang (Nontji, 1986). Potensi arus laut yang besar yang terdapat di Indonesia merupakan satu faktor yang bisa dimanfaatkan untuk pengembangan energi alternatif baru yang ada di Indonesia. Arus laut yang ada di Indonesia sendiri dipengaruhi oleh kondisi oseanografi dan geografis Indonesia sendiri dimana terapat antara 2 Samudera yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik dan terletak diantara 3 lempeng yaitu lempeng pasifik, eurasia, dan Indo-Australia dimana pengaruh besar yang terjadi karena kondisi inilah yang membuat kondisi perairan di Indonesia beragam.

Energi laut juga merupakan salah satu energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai alternatif kebutuhan energi saat ini di Indonesia. Menurut Zhang (2014) energi laut sendiri diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yaitu energi gelombang (*Wave Energy*), energi pasang surut (*Tidal Energy*), energi panas laut (*Ocean Thermal Energy*), energi arus laut (*Tidal Current Energy*), dan energi salinitas (*Salinity Gradient Energy*). Dalam perkembangannya di Indonesia, saat ini yang baru dilakukan pengembangan adalah terkait energi arus laut. Ini dikarenakan letak Indonesia yang sangat strategis yaitu berada di antara Samudera Hindia, Samudera Pasifik, Laut Cina Selatan dan Laut Jepang yang berpengaruh pada kondisi perairan Indonesia. Kondisi perairan Indonesia yang memiliki arus laut cukup cepat dan memiliki kontur laut yang beragam menjadikan pemanfaatan arus laut sebagai sumber energi terbarukan menjadi sangat

terbuka. Cadangan batu bara yang semakin berkurang juga mendorong, penggunaan energi terbarukan sebagai salah satu komoditas utama sebagai pembangkit listrik yang ada di Indonesia.

Arus laut sendiri didefinisikan sebagai suatu pergerakan massa air laut dari suatu tempat ke tempat yang lain secara vertikal dan horizontal atau bisa juga didefinisikan sebagai pergerakan massa air secara global di seluruh lautan dunia. Hasil dari pergerakan massa air ini lah yang menghasilkan vektor yang memiliki kecepatan dan arah. Arus laut berdasarkan letaknya juga dibagi kedalam dua jenis yaitu arus dipermukaan yang dibangkitkan oleh tiupan angin yang melintas di lintang yang berbeda lalu menyebabkan pergerakan massa air secara horizontal dan arus di kedalaman yang dipengaruhi oleh densitas dua massa air laut yang berdampingan lalu menyebabkan pergerakan massa air secara vertikal yang selanjutnya gerakan massa air laut di dalam ini sering dikenal dengan sirkulasi termohalin karena densitas dipengaruhi perbedaan temperatur dan salinitas air laut. Pergerakan massa air laut inilah yang dimanfaatkan sebagai pembangkit turbin yang akan dijalankan untuk mengkonversi energi kinetik menjadi energi listrik (Mahaganti *dkk*, 2014).

Arus geostropik merupakan arus yang dibangkitkan oleh gaya akibat adanya kesetimbangan gaya gradien tekanan dan gaya coriolis. Dimana yang dimaksud gaya gradien tekanan yaitu terjadinya gaya perbedaan tekanan yang disebabkan oleh perbedaan densitas air laut dan slope permukaan laut yang menyebabkan pergerakan massa air di daerah tekanan tinggi ke tekanan rendah. Densitas air laut juga dipengaruhi oleh suhu dan salinitas dalam suatu kolom perairan yang mengakibatkan terdapat perbedaan ketinggian permukaan laut di tiap tiap daerahnya. Arus geostropik dibangkitkan karena perbedaan elevasi permukaan laut dimana gerakan air pada belahan bumi bagian utara dibelokkan ke kanan dan pada belahan bumi bagian selatan dibelokkan ke kiri (Azis, 2006).

Permodelan menggunakan DHI Mike 21 modul hidrodinamik merupakan jenis simulasi permodelan yang saat ini sudah banyak digunakan. Penggunaan dari DHI Mike 21 yang terbilang mudah serta dengan interface yang baik mendorong pemakainya untuk melakukan pengembangan dalam sisi permodelan hidrodinamika yang ada seperti permodelan transport sedimen, melihat besarnya gelombang spektral dan lain lain. Dhi Mike 21 bisa digunakan untuk desain dari struktur pantai ataupun lautan, membuat gambaran dari permodelan pelabuhan yang akan dibangun, analisis arus air dingin dan sirkulasinya, menganalisis dampak lingkungan dari kejadian di lautan, dan lain lain (DHI, 2015). Surface Water Modelling System (SMS) merupakan software yang dirancang untuk mensimulasikan kondisi oseanografi yang terjadi di alam ke dalam sebuah model 2 dimensi dengan finite element method (metode elemen hingga). Permodelan dalam program SMS ada beberapa macam, salah satunya adalah permodelan yang digunakan untuk menampilkan simulasi pergerakan arus yang terjadi dengan menggunakan modul ADCIRC (Utomo dkk, 2010).

Penelitian ini digunakan untuk mengetahui karakteristik arus laut serta implementasinya kedalam penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL) sebagai alternatif dari pembangkit listrik dengan menggunakan energi terbarukan. Penelitian ini dilakukan karena penelitian terkait karakteristik arus laut serta implementasinya kedalam pembuatan pembangkit listrik di selat bali dengan menggunakan software Mike 21 masih belum dilakukan. Tingginya potensi arus laut yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu energi alternatif serta pengembangan pulau pulau kecil juga merupakan salah satu faktor pendukung penelitian ini. Penelitian ini digunakan untuk melihat karakteristik arus laut melalui proses permodelan oseanografi serta survey lapang untuk mendalami terkait karakteristik arus laut yang terdapat di perairan sekitar selat bali. Arus laut merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat dikembangkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut yang digunakan sebagai sumber energi listrik untuk penduduk Pulau Jawa-Bali dan

sekitarnya yang hingga saat ini masih mengandalkan Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang dimana menggunakan batu bara sebagai bahan bakunya.

### 1. 2. Rumusan Masalah

Kebutuhan energi dalam pembangunan nasional merupakan hal penting, energi terbarukan merupakan salah satu jalan keluar dari permasalahan energi yang ada di Indonesia. Arus laut merupakan faktor yang mempengaruhi kondisi perairan di suatu tempat dan memiliki banyak fungsi salah satunya adalah pengembangan dari karakteristik arus untuk menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL).

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana karakteristik arus laut perairan sekitar Selat Bali?
2. Berapa hasil konversi energi arus laut yang dihasilkan dari beberapa jenis turbin di wilayah Selat Bali?
3. Dimana lokasi potensial dan mengetahui jenis serta spesifikasi turbin yang bisa menghasilkan daya optimal yang dapat digunakan di Selat Bali?

### 1. 3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui karakteristik arus laut perairan sekitar Selat Bali
2. Untuk mengetahui nilai hasil konversi energi arus laut dari beberapa jenis turbin yang digunakan sebagai rujukan
3. Untuk mengetahui lokasi potensial dan spesifikasi jenis turbin yang bisa optimal menghasilkan daya listrik di wilayah Selat Bali

### 1. 4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bisa memberikan suatu informasi mengenai karakteristik arus laut serta pengembangannya sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL) yang berguna untuk berbagai pihak baik secara langsung maupun

tidak langsung. Diharapkan dari adanya penelitian ini masyarakat luas bisa lebih mengerti untuk menjaga keberlangsungan penggunaan Listrik yang menggunakan bahan bakar dari tambang, serta beralih ke energi alternatif. Diharapkan pula pasca penelitian ini masyarakat, akademisi, dan berbagai lini lainnya bisa lebih memahami terkait potensi arus yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga arus laut (PLTAL).

### **1. 5. Waktu dan Tempat Penelitian**

Rangkaian kegiatan dalam pelaksanaan penelitian ini terdiri dari penyusunan proposal, pembuatan simulasi model arus, pengambilan data lapang, validasi data lapang dan data simulasi, pengolahan analisis data, dan penyusunan laporan. Waktu penelitian yaitu selama 4 bulan terhitung dari bulan Februari hingga Mei 2016, dengan rincian pengambilan data di Selat Bali, sedangkan pembuatan simulasi model arus, validasi data lapang dan data simulasi, pengolahan serta analisis data, dan penyusunan laporan dilakukan di Fakultas Perikanan dan ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang. Untuk gambaran mengenai proses kegiatan penelitian terdapat pada Lampiran 1.

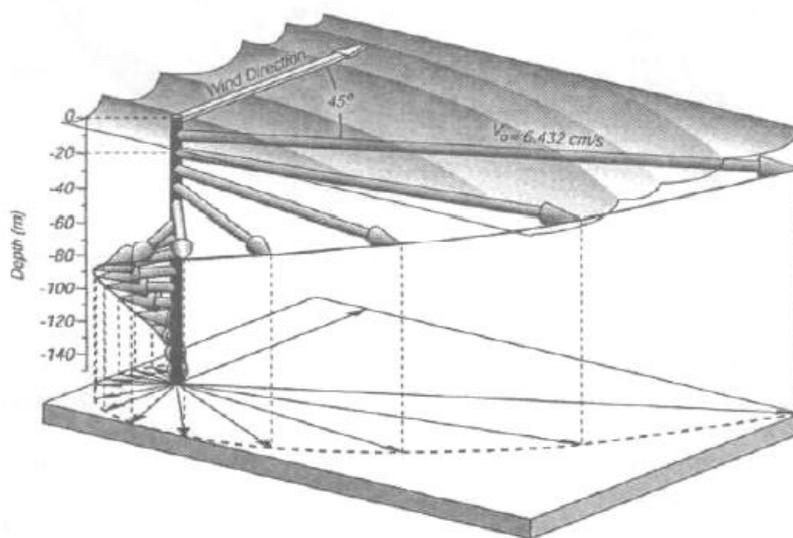
## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Arus Laut

Arus laut merupakan gerakan massa air dari satu tempat ke tempat yang lain dengan daerah kejadian yang besar. Arus laut juga merupakan gerakan massa air secara horizontal dan vertical menuju kestabilan yang terjadi secara terus menerus. Ada 2 jenis gaya yang bekerja pada arus laut yaitu gaya eksternal yang diantaranya adalah gaya tarik bulan dan matahari yang dipengaruhi oleh gaya coriolis, tekanan udara, gaya gravitasi dan tektonik serta gaya internal yang diantaranya adalah gradien densitas air laut, gradien tekanan mendatar serta gesekan lapisan air (Gross, 1990).

Menurut Nining (2002), sirkulasi pada arus laut terbagi menjadi dua bagian yaitu sirkulasi permukaan (*Surface circulation*) dan sirkulasi dalam (*Intermediate or deep circulation*). Perbedaannya adalah terletak pada pembangkit dari arus itu sendiri dimana arus sirkulasi permukaan dipengaruhi oleh angin sedangkan arus sirkulasi dalam dipengaruhi oleh lapisan termohalin. Sirkulasi yang digerakkan oleh angin terbatas pada sirkulasi permukaan berbeda dengan sirkulasi yang disebabkan oleh termohalin yang dapat menggerakkan sirkulasi secara vertikal dan membuat pergerakan pencampuran massa air.

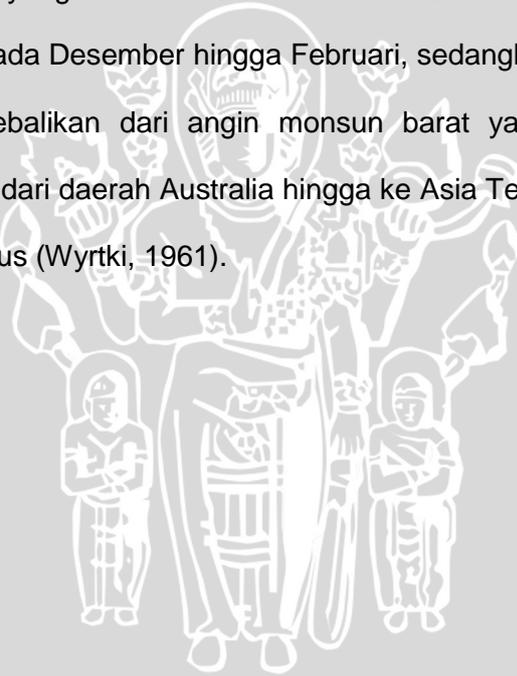
Arus laut permukaan dibangkitkan oleh stress angin yang berhembus tetapi karena terdapat pengaruh rotasi bumi yang menyebabkan terjadinya gaya *coriolis*, arus tidak bergerak searah dengan arah angin tetapi dibelokkan ke arah kanan di bagian selatan utara dan dibelokkan ke kiri di bagian bumi selatan. Gaya *coriolis* sendiri disebabkan rotasi bumi dan penentuan arah rotasi dari massa air yang mengakibatkan arus berputar searah jarum jam di bagian bumi selatan dan berlawanan arah jarum jam di bagian bumi selatan (Cahyana, 2010). Arus yang dibangkitkan angin ini kecepatannya berkurang dengan bertambahnya kedalaman dan arah datangnya berlawanan dengan arah arus.

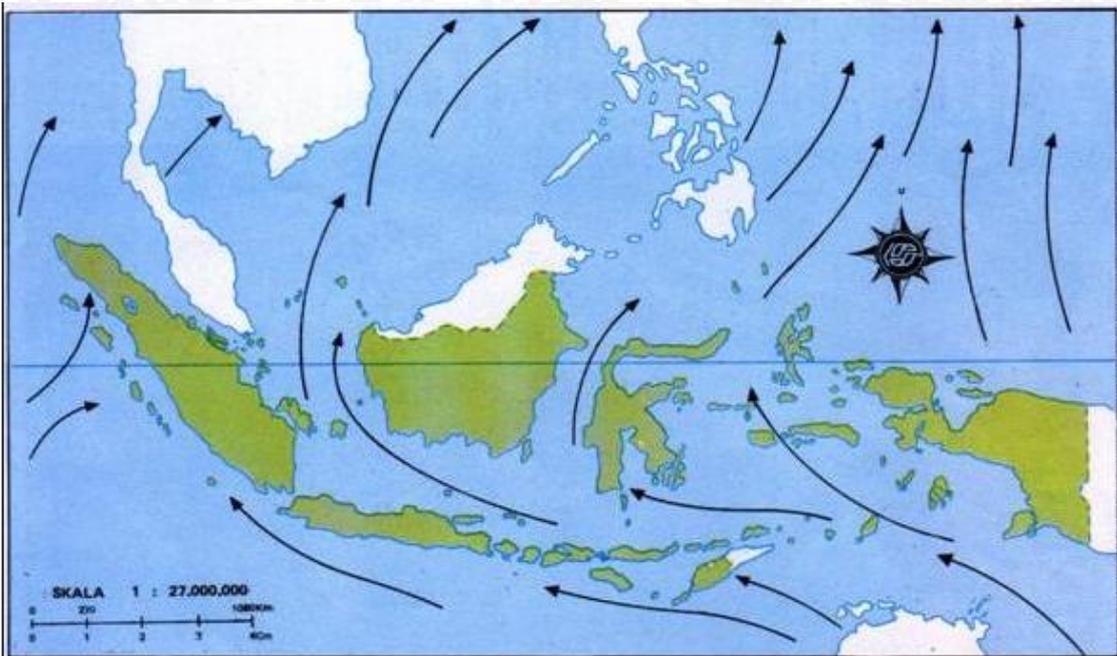


Gambar 1. Spiral Ekman (Azis, 2006)

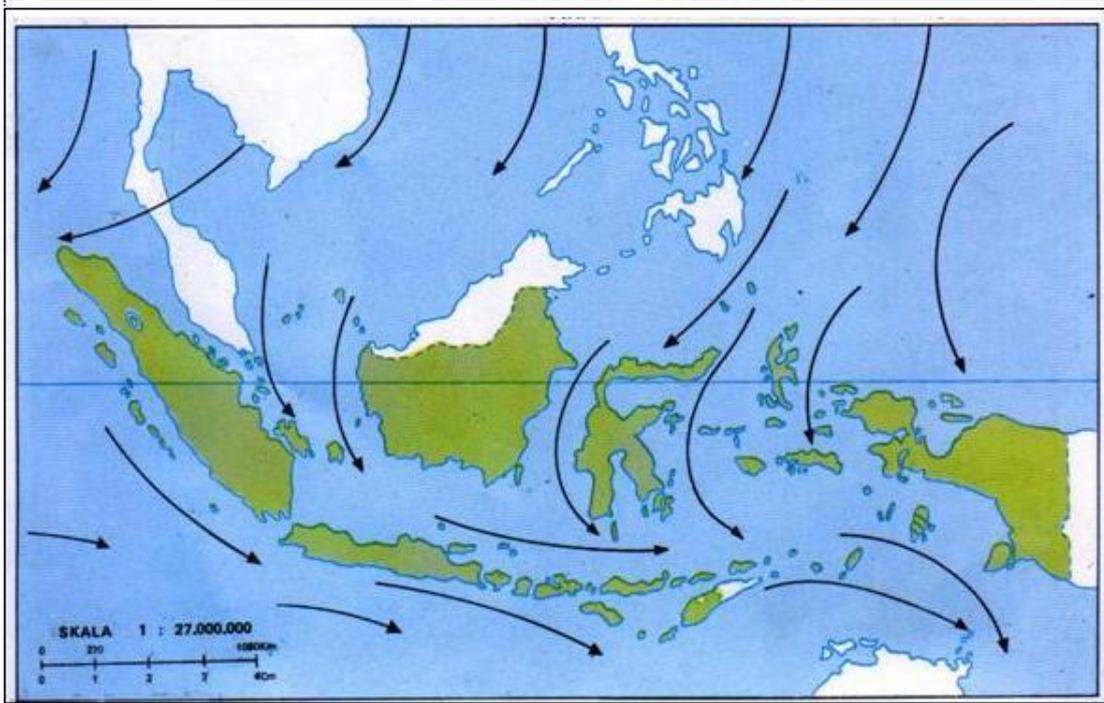
Selain dibangkitkan oleh angin faktor pembangkit arus laut juga terjadi akibat terdapatnya perbedaan tekanan antara satu tempat dengan tempat yang lain. Perbedaan tekanan ini bisa terjadi dikarenakan adanya variasi dari densitas air laut dalam satu tempat yang dipengaruhi oleh slope permukaan laut. Densitas air laut ini dikarenakan variasi suhu dan salinitas yang terjadi di lapisan air laut. Perairan yang memiliki densitas rendah memiliki permukaan laut yang lebih tinggi sehingga terdapat slope antara daerah dengan permukaan laut tinggi dengan permukaan laut rendah yang menyebabkan arus laut terjadi. Selain itu arus yang bergerak di lapisan dalam air laut disebabkan oleh sirkulasi termohalin yang menyebabkan arus di lapisan dalam bergerak lebih lambat ini dikarenakan densitas air yang makin meningkat, namun arus ini sangat berpengaruh dikarenakan sirkulasi yang terjadi menyebabkan pertukaran massa air laut, arus dingin bercampur dengan arus hangat. Sirkulasi air laut ini juga merupakan pembawa oksigen dimana oksigen ini berfungsi sebagai “paru-paru laut” karena sirkulasi ini menyebabkan pembaharuan kandungan oksigen lapisan dalam (Azis, 2006).

Angin monsun disebabkan oleh terjadinya pemanasan yang berlebih didaerah Australia yang dimana pemanasan ini lebih besar bila dibandingkan dengan yang diterima di Asia Tenggara dan laut Cina selatan. Pemanasan ini pula yang menyebabkan terjadinya perbedaan tekanan udara di Australia dan Asia Tenggara dimana dibagian Australia memiliki tekanan udara yang lebih rendah dibandingkan dengan di Asia Tenggara. Perbedaan tekanan udara inilah yang menyebabkan arah angin diatas khatulistiwa bergerak kearah timur laut, dan pada bagian selatan khatulistiwa bergerak kearah barat laut. Angin monsun sendiri terbagi menjadi dua yaitu angin monsun barat dan angin monsun timur. Angin monsun barat sendiri merupakan hembusan angin yang berhembus dari laut Cina Selatan menuju Australia dan biasanya berlangsung pada Desember hingga Februari, sedangkan Angin monsun timur sendiri merupakan kebalikan dari angin monsun barat yang dimana angin monsun timur ini berhembus dari daerah Australia hingga ke Asia Tenggara dan terjadi pada bulan juni hingga agustus (Wyrcki, 1961).





Gambar 2. Angin Monsun Timur (Azis, 2006)



Gambar 3. Angin Muson Barat (Azis, 2006)

Fenomena angin monsun yang terjadi di Indonesia berpengaruh juga terhadap pola arus laut yang terjadi di Indonesia. Biasanya dikenal dengan Arus Monsun Indonesia (ARMONDO). Arus Monsun Indonesia bergerak dari Laut Cina Selatan masuk ke Laut Natuna, lalu ke Laut Jawa dan ke arah timur ke perairan Laut Flores

dan Laut Banda. Sesuai dengan pembangkitnya arus monsun Indonesia ini juga melawan arah dari arus laut itu sendiri dikarenakan gaya coriolis yang terjadi (Wyrkti dalam Birowo dkk, 1975).

## 2. 2. Energi Arus Laut

Indonesia merupakan negara kepulauan dimana terdapat 13,466 pulau yang terdaftar dan berkoordinat (BIG, 2014) dan dengan garis pantai terpanjang di dunia, merupakan salah satu tantangan yang harus dimanfaatkan dengan semaksimal mungkin segala sumberdaya alam yang ada di Indonesia. Semakin tingginya kebutuhan warga Indonesia akan teknologi serta dengan pertumbuhan ekonomi yang baik, sudah menjadi keharusan negara mengembangkan penggunaan energi yang terdapat dalam suatu negaranya. Pemerataan listrik di semua daerah pelosok merupakan salah satu keharusan untuk menunjang pertumbuhan serta pengembangan dari suatu kelompok masyarakat yang ada di suatu daerah. Masih tingginya penggunaan minyak bumi (51%) dan gas alam (28%) yang digunakan sebagai pembangkit listrik di Indonesia merupakan cerminan bahwa sumber daya alam yang digunakan sekarang akan habis dikemudian harinya. Dalam UU No. 30/2007 disebutkan bahwa pengadaan energi baru dan terbarukan merupakan suatu kewajiban yang harus ditingkatkan oleh pemerintah dan pemerintah daerah. Beberapa diantara energi terbarukan yang dapat diterapkan di Indonesia adalah bioethanol sebagai pengganti bahan bakar bensin, biodiesel sebagai pengganti bahan bakar solar, tenaga panas bumi, mikrohidro, tenaga surya, tenaga angin, dan lain lain (Setyo, 2005).

Energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari sumber daya alam yang terbarukan yang didapat dari proses alam yang berkelanjutan. Upaya diversifikasi ini dimaksudkan untuk mengurangi energi yang tidak terbarukan (*non-renewable energy*) dan dialihkan ke energi terbarukan (*renewable energy*) yang dilakukan melalui penggantian sumber sumber energi tidak terbarukan ke terbarukan dengan contoh

mengurangi pembangkit listrik BBM dan mengalihkannya ke pembangkit listrik non-BBM. Penggunaan energi terbarukan ini bisa melalui konservasi energi serta diversifikasi energi. Konservasi energi yaitu peningkatan efisiensi dari penggunaan energi tidak terbarukan serta pembatasan pada sektor industri, rumah tangga dan lain lain. Diversifikasi energi yaitu peningkatan pangsa energi terbarukan untuk menunjang suplai energi yang sudah berjalan (Lubis, 2007).

Salah satu sumberdaya terbarukan yaitu berasal dari laut. Laut menyimpan energi yang dapat digunakan sebagai energi terbarukan yaitu gelombang, angin, pasang surut, dan arus. Energi laut ini dikonversikan dengan melihat panjang garis pantai yang ada di Indonesia yaitu sepanjang 81,000 km yang di konversikan kedalam perkiraan potensi energi listrik yang akan didapat dengan garis pantai sepanjang 81.000 km. Konversi energi ini diasumsikan 1% dari pantai indonesia bisa menghasilkan 16 GWatt atau bila di konversikan untuk seluruh Indonesia hasil yang didapat dari konversi energi ini adalah 2-3 Terra Watt. Energi yang berasal dari laut ini umumnya juga berasal dari energi arus laut yang cara kerjanya hampir menyerupai turbin angin, yaitu dengan memanfaatkan konversi energi arus laut menjadi energi listrik (Lubis, 2007).

Energi arus laut sendiri merupakan energi terbarukan yang sangat baik karena dalam energi laut sendiri terdapat energi kinetik yang dimana bisa di konversikan menjadi energi listrik. Besarnya daya listrik yang dihasilkan tergantung pada densitas fluida, lebar penampang aliran, serta kecepatan alirannya (Saputra dkk, 2015). Energi arus laut sendiri yang bisa digunakan sebagai konversi energi arus laut menjadi energi listrik bisa berupa arus pasang surut, dimana arus pasang surut merujuk pada pernyataan Poebandono dan Djunarsjah (2005) yaitu arus pasang surut memiliki arah sifat bergerak berlawanan dari arah datangnya ke pantai serta bergerak menjauhi pantai yang berakibat pada kenaikan muka permukaan laut secara meninggi dan merendah.

### 2. 3. Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut

Di beberapa negara maju listrik dibangkitkan dengan sumberdaya yang dapat diperbahruai, berbeda dengan Indonesia yang kemajuan ketahanan energinya masih berfokus pada Pembangkit Listrik dengan bahan baku mineral ataupun minyak dan gas. Beberapa negara maju telah berhasil menerapkan konversi energi arus laut sehingga mendapatkan energi listrik dari bahan dasar sumberdaya alam yang dapat terbahruai. Energi arus dan pasang surut ini dikonversi ke energi listrik melalui penggunaan turbin yang bersifat prototype hingga turbin yang berkapasitas 1,2 MW yang berada di beberapa negara maju yaitu Skotlandia, Swedia, Prancis, Amerika Serikat, dan lain lain. Kecepatan arus pasang surut di Indonesia juga berkisar pada kecepatan 1,5 m/detik, dan di selat selat yang berada di antara pulau Bali dan Lombok serta Nusa Tenggara Timur bisa mencapai kecepatan 2 – 3 m/detik. Pengembangan teknologi ekstraksi energi laut ini mengadopsi prinsip dari teknologi energi angin, namun di lapangan energi laut jauh lebih menjanjikan ini dikarenakan daya yang dihasilkan oleh turbin arus laut jauh lebih besar dikarenakan rapat massa air laut hampir 800 kali rapat massa udara (Lubis, 2010).

### 2. 4. Jenis Turbin

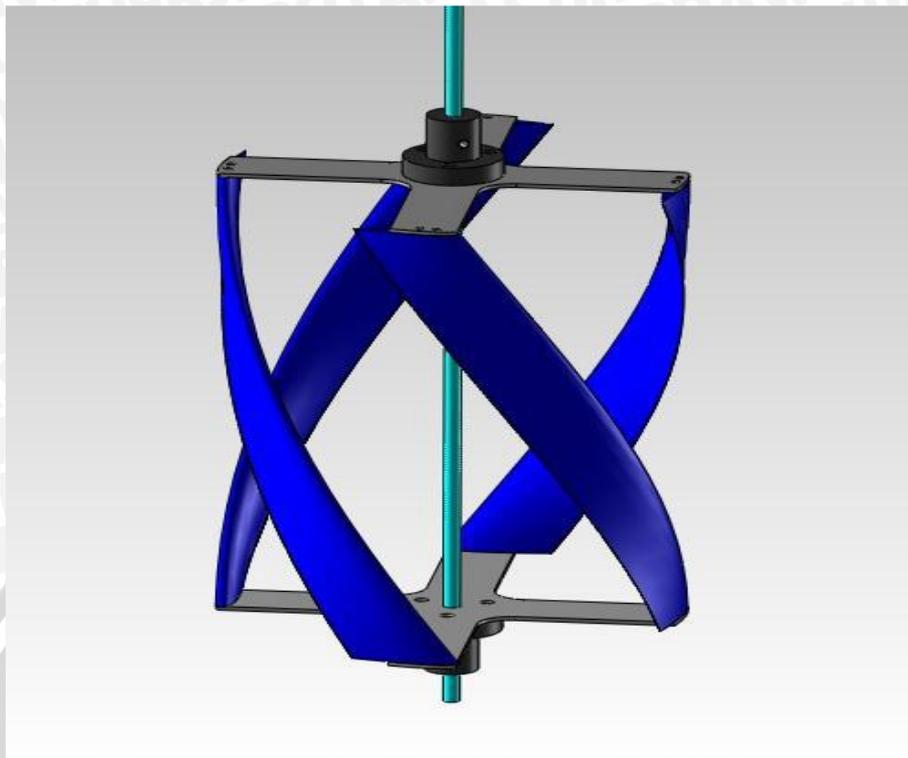
Pemilihan jenis turbin juga sangat bergantung pada keadaan tempat kajian serta pola arus yang ada di sekitaran tempat kajian. Penggunaan turbin Gorlov merupakan salah satu alternatif jalan keluar dalam pemilihan jenis turbin yang akan digunakan sebagai pembangkit listrik pada selat selat yang ada di Indonesia. Turbin Gorlov bisa mengkonversikan energi yang dihasilkan arus laut menjadi energi listrik dengan kecepatan arus berkisar 50 cm/detik. Namun ini tidak bisa dijadikan acuan sebagai pemilihan turbin, dikarenakan tidak semua daerah di Indonesia yang memiliki selat terdapat arus dengan kecepatan 50 cm/detik. Mengingat banyaknya perairan

selat di Indonesia yang tidak memiliki kecepatan hingga 50 cm/detik terutama di perairan tengah di sekitar perairan laut jawa (AdamTheoyana, 2015).

Pemilihan turbin juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik dari perairan tersebut salah satunya adalah arah arus dan kondisi pasang surut yang terjadi. Jenis turbin yang biasanya digunakan adalah turbin Gorlov dan Darrieus. Kedua turbin ini sudah digunakan sebagai pembangkit generator listrik dengan skala kecil maupun skala besar, turbin darrieus dan gorlov juga memiliki satu keuntungan yaitu memiliki efisiensi yang rendah dibandingkan dengan turbin jenis peloton dan francis yang digunakan untuk kondisi head tinggi, dan untuk mendapatkan daya yang besar pada turbin ini bisa disesuaikan dengan ukuran dimensi turbin yang diperbesar atau bisa pula dengan memasang turbin yang banyak untuk meningkatkan efisiensi serta mendapat daya yang besar (Kaprawi, 2015).

#### 2. 4. 1. Turbin Gorlov

Turbin Gorlov merupakan turbin *low head* yang memanfaatkan turbin helical dengan tiga sudut. Turbin gorlov memiliki prinsip kerja yaitu turbin dapat berputar ketika kecepatan arus mencapai 0.6 m/s. Kelebihan dari turbin gorlov jenis turbin vertikal ini yaitu dapat berputar pada arah yang sama meskipun arus datang dari arah lainnya. Desain gorlov yang memiliki blade pada propeller berbentuk heliks dengan sudut turbin hidrofil (Novrinaldi, 2013).



Gambar 4. Turbin Gorlov (Niblick, 2012)

#### 2. 4. 2. Turbin Savonius

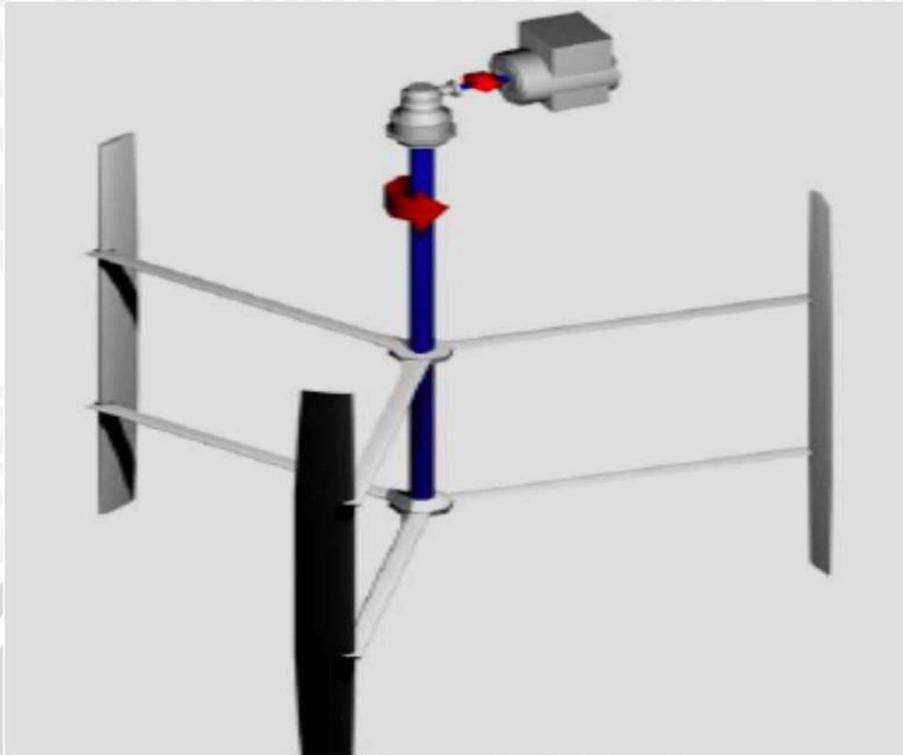
Turbin Savonius merupakan tipe turbin vertikal yang memiliki bentuk sangat ergonomis. Turbin savonius menggunakan gaya gesekan serta dorongan dari air sebagai pemutar propeller dari turbin tersebut. Turbin savonius merupakan turbin termudah untuk dibuat ini dikarenakan bentuknya yang mudah untuk dibuat serta bisa beroperasi dengan kecepatan arus yang rendah, serta dapat memproduksi *torque* sangat besar (Niblick, 2012).



Gambar 5. Turbin Savonius (Alam dkk, 2009)

#### 2. 4. 3. Turbin Kobold

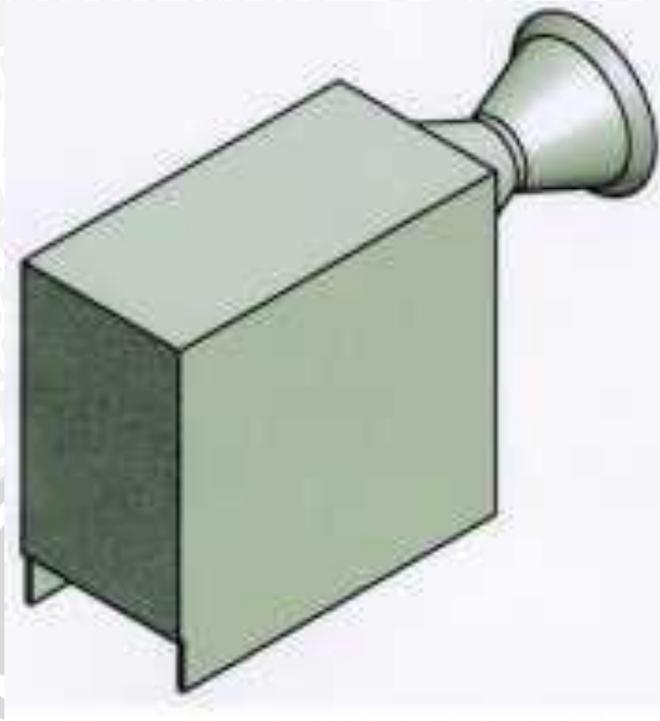
Turbin Kobold merupakan turbin air yang diadopsi dari turbin angin. Turbin kobold merupakan turbin vertikal dengan pergerakan dari blades yang tidak dibatasi . turbin jenis kobold ini memiliki *torque* yang tinggi pada saat pertama di gunakan di daerah kajiannya. Energi kinetik yang di konversikan ke energi listrik dari turbin kobold ini mengikuti aliran arus. Serta peralatan penting lainnya tidak ditaruh di bawah perairan melainkan mengambang dalam satu alat yang mengambang diatas permukaan laut (Kracht, 2012).



Gambar 6. Turbin Kobold(Kracht, 2012)

#### 2. 4. 4. Turbin Wells Metode *Oscillating Water Column*

Turbin wells merupakan turbin yang menggunakan gaya angkat dan gaya hambat secara bersamaan. Turbin jenis ini memanfaatkan gaya angkat dan gaya hambatnya untuk mengkonversi energi kinetik menjadi energi listrik. Lalu maksud dari *Oscillating Water Column* yaitu turbin jenis ini menangkap energi yang dihasilkan oleh arus laut yang mengenai lubang kolom osilasi sehingga terjadi fluktuasi dan pergerakan air dalam ruang kolom osilasi. Lalu pergerakan masa air dalam kolom osilasi ini menggerakkan baling baling turbin yang dihubungkan ke generator untuk menghasilkan listrik (Tae, 2015)



Gambar 7. Turbin Wells tipe OWC (Tae,2015)

## 2. 5. Software DHI Mike 21

Permodelan oseanografi juga bisa berupa permodelan 2D dan 3D dengan menggunakan beberapa software yang digunakan untuk permodelan hidrodinamika. Namun dalam penerapannya permodelan oseanografi yang telah digunakan harus melalui verifikasi data yaitu dengan menyamakan data hasil permodelan dengan data hasil pengukuran lapang untuk melihat *error* pada jalannya permodelan yang ada (Nugraha, 2009).

Permodelan menggunakan DHI Mike 21 modul hidrodinamik merupakan jenis simulasi permodelan yang saat ini sudah banyak digunakan. Penggunaan dari DHI Mike 21 yang terbilang mudah serta dengan interface yang baik mendorong pemakainya untuk melakukan pengembangan dalam sisi permodelan hidrodinamika yang ada seperti permodelan transport sedimen, melihat besarnya gelombang spektral dan lain lain. Dhi Mike 21 bisa digunakan untuk desain dari struktur pantai ataupun lautan, membuat gambaran dari permodelan pelabuhan yang akan dibangun, analisis

arus air dingin dan sirkulasinya, menganalisis dampak lingkungan dari kejadian di lautan, dan lain lain (DHI, 2015).

## 2. 6. Data Batimetri GEBCO

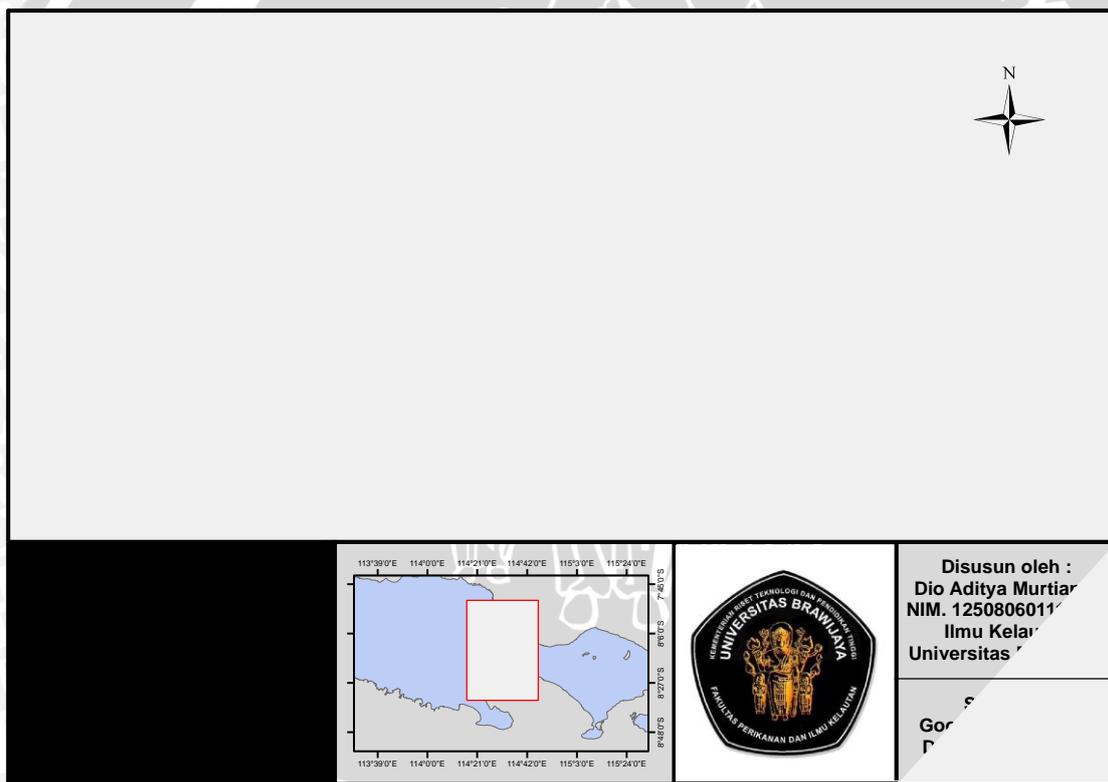
Data batimetri GEBCO merupakan data muka bumi yang dikumpulkan secara berkala melalui sounding batimetri maupun dengan penggunaan interpolasi data dengan menggunakan satelit yang kemudian dihimpun oleh *International Hydrographic Organization* (IHO) dan selanjutnya dimuat di *General Bathymetry Chart Of The Ocean* (GEBCO). Data batimetri ini merupakan campuran dari data hasil *sounding*, interpolasi data dengan satelit serta dengan menggunakan data topografi grid yang dikeluarkan oleh Smith dan Sandwell. Data batimetri GEBCO yang digunakan pada penelitian ini menggunakan resolusi spasial 30 arc detik.



### 3. Metodologi

#### 3. 1. Waktu dan Lokasi Penelitian

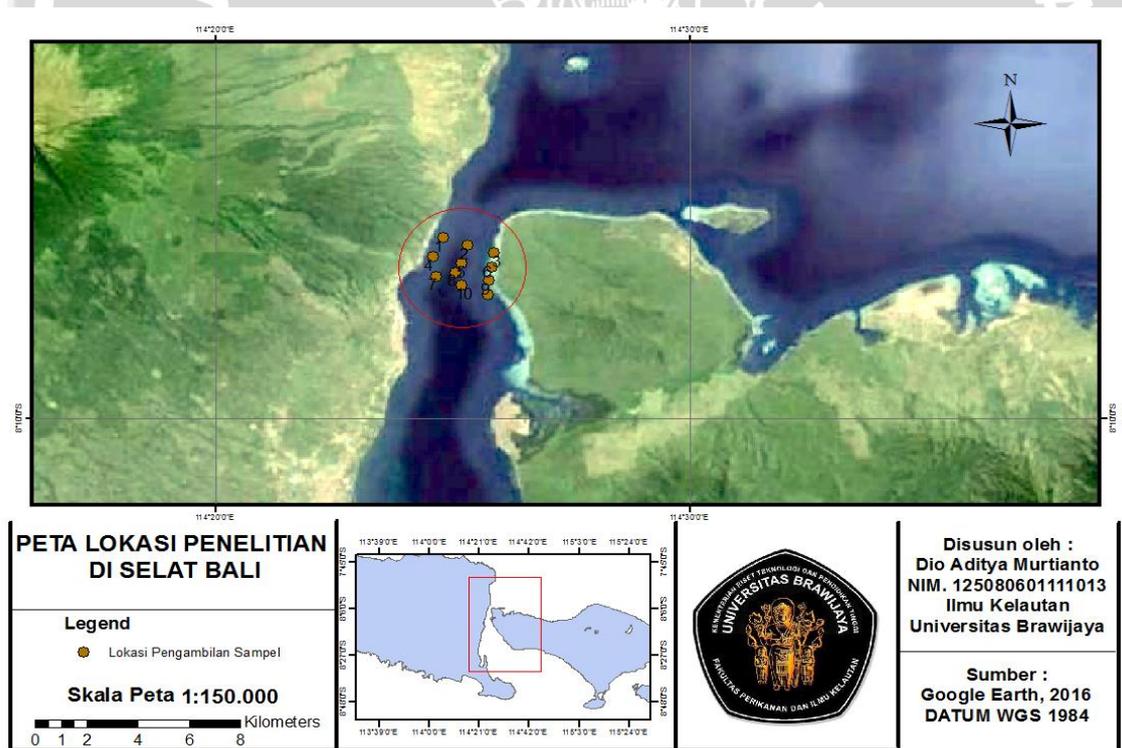
Waktu penelitian ini dilakukan dimulai dari bulan Juni 2015 hingga bulan Mei 2016 dengan pengambilan sampel lapang dilakukan pada bulan Mei 2016. Selat Bali merupakan selat yang menghubungkan antara Pulau Bali dan Pulau Jawa. Daerah Selat Bali ini memiliki iklim tropis dengan empat musim yang berbeda sepanjang tahun yaitu Munson Timur pada bulan Juni hingga Agustus dan Munson Barat pada bulan Desember Hingga Februari dan Musim Peralihan 1 dan 2 masing masing yaitu pada bulan Maret hingga Mei dan September hingga November (Wahyudi et al., 2016).



Gambar 8. Peta Lokasi Penelitian

### 3. 2. Penentuan Stasiun Penelitian

Penentuan titik penelitian berdasarkan pengukuran kecepatan arus dari penelitian pendahulu dan berdasarkan hasil dari observasi simulasi model dengan menggunakan software permodelan DHI Mike 21 yang dapat dilihat pada Gambar 9 serta melihat berdasar pada kecepatan arus maksimum sebagai data verifikasi kecepatan arus laut dan jarak antara lokasi penelitian dan daerah daratan. Ini dikarenakan untuk membuat efisiensi dari daya yang dihasilkan serta mempermudah dalam pengambilan data lapangan. Jarak dari selat bali bagian utara yang sempit memungkinkan arus yang berada di daerah stasiun penelitian tertentu menjadi lebih kencang dan kontur batimetri yang mendukung membuat penempatan lokasi stasiun penelitian menjadi lebih baik.



Gambar 9. Lokasi Titik Pengambilan Sampel

### 3. 3. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan selama penelitian meliputi alat yang digunakan di lapangan serta pada saat interpretasi data. Alat di lapangan digunakan untuk mengukur arus laut, serta mengukur batimetri, dan mengambil dokumentasi dari setiap proses di lapangan serta melakukan wawancara kepada penduduk sekitar. Sedangkan alat yang digunakan untuk interpretasi data digunakan untuk permodelan oseanografi dan verifikasi data. Adapun alat yang digunakan disajikan pada tabel 2.

Tabel 1. Alat Untuk Penelitian

No	Nama Alat	Fungsi Alat
1	GPS map 550	Menandai koordinat lokasi
2	Kamera digital	Mendokumentasikan kegiatan di lapangan dan laboratorium
3	Garmin GPS map 178c Sounder	Untuk mengukur batimetri
4	Current Meter	Mengukur arus laut
5	Alat tulis	Mencatat selama penelitian
6	Besi siku	Menempelkan <i>Garmin Echosounder</i> pada kapal

Sedangkan bahan yang digunakan untuk mendukung penelitian ini dari tahap pengambilan data hingga pengolahan data disajikan pada tabel 3.

Tabel 2. Bahan Untuk Penelitian

No	Nama Bahan	Fungsi
1	Data batimetri GEBCO ( <i>General Bathymetric Chart of The Ocean</i> ) 30-arc second interval	Untuk data batimetri dari permodelan yang akan dibuat
2	Software DHI Mike 21	Untuk simulasi arus laut
3	Software Global Mapper	Untuk <i>Cropping</i> data batimetri
4	Software Qgis	Untuk digitasi garis pantai
5	Software Surfer	Untuk plotting data arus dan batimetri

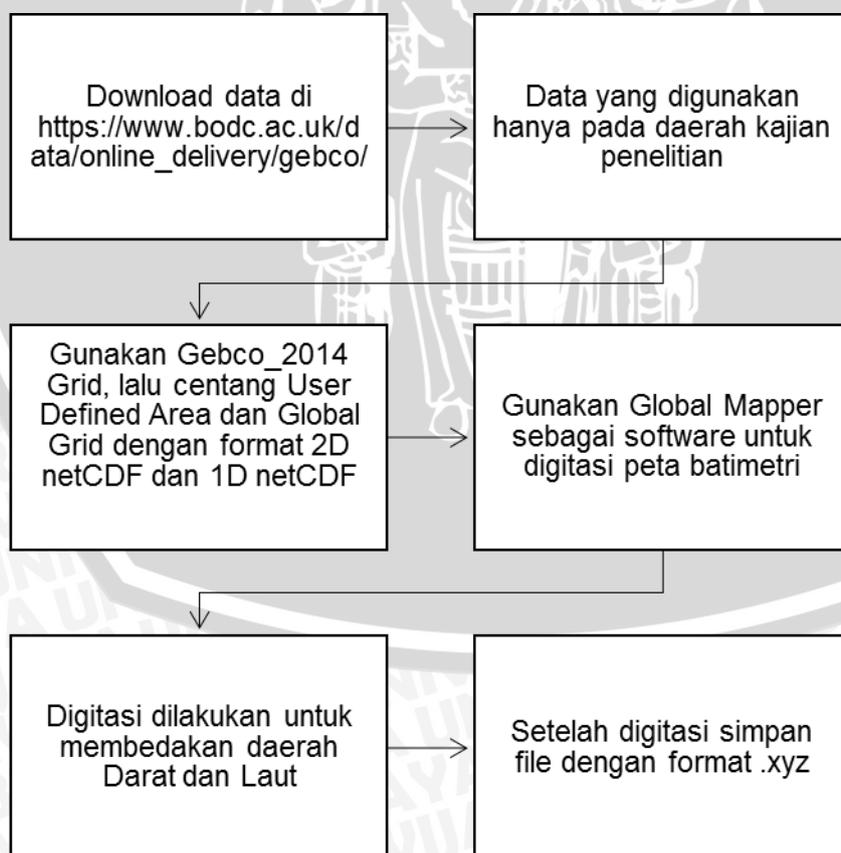
### 3. 4. Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode eksploratif dan deskriptif analitis. Maksud dari metode eksploratif yaitu mencari tahu pola dan kecepatan arus yang ada di Selat Bali dengan menggunakan hasil permodelan oseanografi menggunakan software DHI Mike 21 dengan modul hidrodinamika yang dibandingkan dengan data BMKG serta data hasil analisis lapang. Metode deskriptif analitis yaitu menggambarkan hasil dari permodelan oseanografi dari software DHI Mike 21 kedalam data grafik dan plot untuk arah dan kecepatan arus menggunakan software *Surfer* yang kemudian di deskripsikan terkait arah dan kecepatan arus yang terjadi di Selat Bali. Serta mengkonversikan nilai kecepatan arus yang terdapat pada titik potensial yang didapat melalui analisis menggunakan permodelan oseanografi, nilai kecepatan dan arah arus pada titik potensial tersebut dikonversikan menjadi daya yang dihasilkan oleh suatu turbin mengacu pada efisiensi dan ukuran dari turbin tersebut. Pelaksanaan penelitian ini secara umum dibagi atas 3 tahapan besar yaitu pengambilan dan pengumpulan data, pengolahan data melalui permodelan oseanografi dan analisis data, dan yang terakhir yaitu verifikasi dan penarikan kesimpulan.

### 3. 5. Jenis dan Metode Pengambilan Data

#### 3. 5. 1. Pengambilan Data Batimetri Gebco (*General Bathymetric Chart Of The Ocean*)

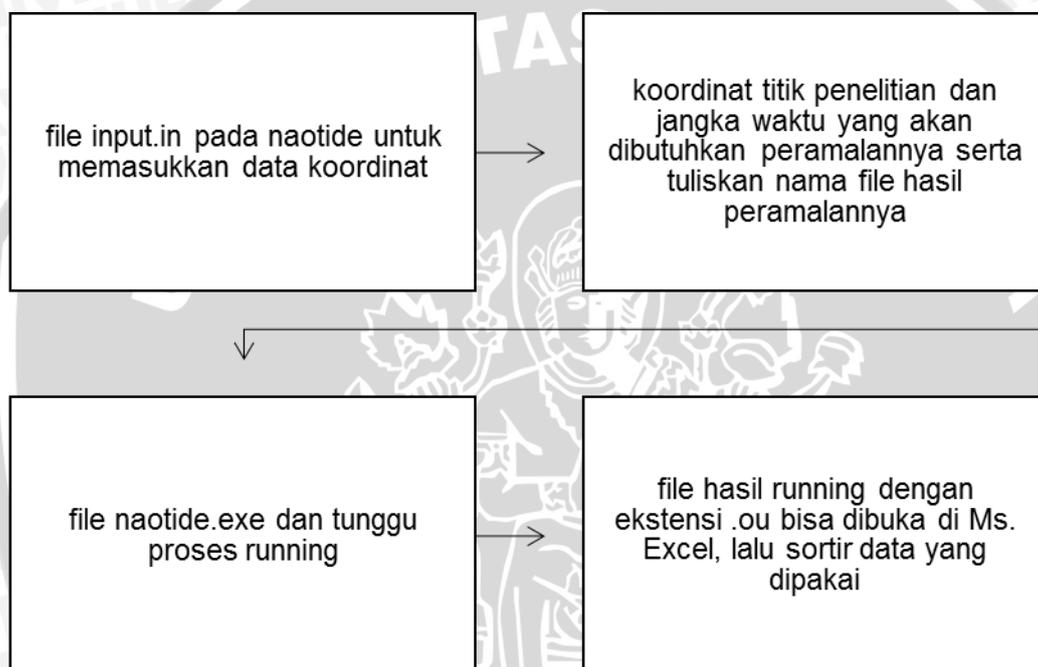
Pengambilan data batimetri yang akan digunakan untuk membuat simulasi model menggunakan data batimetri hasil survey secara global. Data batimetri ini memiliki resolusi spasial 30 arc-detik dari survey kapal dan hasil interpolasi dengan data satelit. Data barimetri Gebco (*General Bathymetric Chart Of The Ocean*) didapatkan dari website resmi Gebco di [https://www.bodc.ac.uk/data/online\\_delivery/gebco/](https://www.bodc.ac.uk/data/online_delivery/gebco/) dengan memotong daerah kajian yang akan digunakan. Setelah mendownload data dari *website* resmi Gebco lalu data dengan ekstensi .nc diolah di software *Global Mapper* yaitu di digitasi untuk daerah yang akan digunakan yaitu daerah laut saja, untuk data daerah daratan tidak di digitasi.



Gambar 10. Diagram alir cara pengambilan data batimetri Gebco

### 3. 5. 2. Pengambilan Data Pasang Surut

Data pasang surut yang digunakan untuk permodelan oseanografi menggunakan data pasang surut dari *software naotide* merupakan data ramalan yang merupakan simulasi global tide yang digunakan untuk simulasi pasang surut di laut. Data naotide ini digunakan sebagai masukan untuk membangkitkan pergerakan arus di Mike 21. Data *naotide* yang diambil adalah data pasang surut selama masa penelitian yaitu dari bulan Juni 2015 sampai Mei 2016 dengan interval 1 jam.



Gambar 11. Diagram alir pengambilan data pasut menggunakan naotide

### 3. 5. 3. Pembuatan Simulasi Model Arus Laut Menggunakan DHI Mike 21

Permodelan yang dilakukan diperlukan untuk meramalkan keadaan yang akan datang serta dapat mempermudah dalam proses verifikasi yang akan dilakukan di lapangan. Permodelan oseanografi juga dilakukan untuk mempelajari perilaku laut secara lebih mudah. Permodelan oseanografi juga membantu analisis fenomena fenomena yang terjadi. Pada penelitian ini permodelan hidrooseanografi dilakukan dengan menggunakan software DHI Mike 21 dengan modul hidrodinamik. Persamaan yang digunakan dalam proses permodelan hidrooseanografi berikut :

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \quad (1)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{c^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial x} (\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (\tau_{xy}) \right] - \Omega q - fV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{c^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial y} (\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (\tau_{xy}) \right] - \Omega p - fV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0 \quad (3)$$

Dimana:

- $h_{x,y,t}$  = kedalaman air (=  $\zeta - d$ , m)
- $d_{x,y,t}$  = kedalaman air dalam berbagai waktu (m)
- $\zeta_{x,y,t}$  = elevasi permukaan (m)
- $p, q_{x,y,t}$  = *flux density* dalam arah x dan y ( $m^3/s/m$ ) = ( $u, v$ ); ( $u, v$ ) = *depth averaged velocity* dalam arah x dan y
- $C_{x,y}$  = tahanan Chezy ( $m^{1/2}/s$ )
- $g$  = kecepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
- $f(V)$  = faktor gesekan angin
- $V, V_x, V_y_{x,y,t}$  = kecepatan angin dalam arah x dan y ( $m/s$ )
- $\Omega_{x,y}$  = parameter Coriolis ( $s^{-1}$ )
- $p_a_{x,y,t}$  = tekanan atmosfer ( $kg/m^2$ )
- $\rho_w$  = berat jenis air ( $kg/m^3$ )
- $x, y$  = koordinat ruang (m)
- $t$  = waktu (s)
- $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$  = komponen *effective shear stress*

Dari persamaan diatas didapatkan simulasi model arus laut yang komprehensif dengan arus pasang surut sebagai pembangkit dari simulasi model arus laut yang dibuat. Arus geostropik yaitu arus yang dibangkitkan karena pengaruh gaya *coriolis*



serta dipengaruhi oleh kemiringan permukaan laut, gaya tekanan mendatar yang mempengaruhi pergerakan arus laut serta gaya *coriolis* yang dibangkitkan oleh rotasi bumi. Jadi bisa diambil kesimpulan bahwa arus laut yang dihasilkan dari simulasi model merupakan arus pasang surut yang terjadi di permukaan laut dan tidak dipengaruhi oleh pergerakan massa angin tetapi dibangkitkan oleh perbedaan kemiringan permukaan laut serta gaya *coriolis*.

Pembuatan simulasi model arus laut menggunakan software DHI Mike 21 dimulai dengan pembuatan domain model yang dipakai sebagai dasar dari simulasi model yang akan dibuat. Pembuatan domain model dimulai dengan mendefinisikan batimetri pada daerah kajian yang dimulai dengan memasukkan data garis pantai sebagai pembatas daerah kajian serta untuk mendefinisikan antara daratan dan laut. Lalu setelah garis pantai, selanjutnya dimasukkan data bathymetry pada daerah kajian, data bathymetry diambil dari GEBCO (*General Bathymetric Chart Of The Ocean*) dengan interval 30arc-detik yang sudah di digitasi dengan menggunakan software *Global Mapper*. Pembuatan domain model menggunakan modul Mike 21 mesh generator, setelah data garis pantai dan bathymetry dimasukkan lalu proses selanjutnya adalah memberi batasan daerah kajian agar proses meshing terfokus pada daerah kajian saja. Lalu proses meshing di mulai dengan mendefinisikan mesh dilanjutkan proses *smooth mesh* dan interpolasi mesh untuk mendefinisikan bathymetry dan daerah kajian. Setelah proses meshing domain model lalu dilanjutkan dengan membuat input data pasang surut yang didapat dari *naotide* ke stasiun yang telah dibuat dari batasan yang ada di domain model, ini berguna sebagai data input model untuk membangkitkan arus di simulasi model. Setelah sudah jadi input untuk simulasi model menggunakan data input pasang surut, lalu selanjutnya membuat simulasi model dengan menggunakan modul *Mike 21 flow model HD (hidrodinamic)*. Di modul *mike 21 flow model HD* ini hal yang perlu dilakukan adalah menyamakan waktu yang

digunakan untuk simulasi dengan waktu dari input data pasang surut, selanjutnya yaitu mendefinisikan beberapa parameter yang digunakan dalam simulasi yaitu :

a. *Critical CFL number*

Parameter CFL (Courant-Friedrichs-Lewy) merupakan parameter yang digunakan untuk menyelesaikan hasil dari persamaan parsial yang ada dalam suatu permodelan oseanografi. Dimana *CFL number* bergantung pada nilai panjang dari tiap-tiap elemen yang dibuat serta berpengaruh pada keadaan batimetri yang ada, nilai CFL pada tiap permodelan tidak lebih dari 1.

b. *Flood and Dry*

Parameter Flood and Dry merupakan parameter yang menunjukkan perhitungan dari jumlah elemen yang ada serta pengaruhnya terhadap model yang dibuat. Dimana apabila daerah tiap elemen terlalu kecil maka simulasi model akan terhenti karena perhitungan akan error. Dimana nilai *flood and dry* bisa dimaksimalkan dengan nilai yang di atur di :  $h_{dry} = 0.005$  m,  $h_{flood} = 0.05$  m,  $h_{wet} = 0.1$  m.

c. *Density*

Parameter *density* ini merupakan parameter yang dipengaruhi oleh suhu dan salinitas, yang berpengaruh pada kerapatan massa air atau densitas. Ada beberapa tipe densitas yang bisa dipilih dalam simulasi permodelan yang dibuat yaitu :

- *Barotropic mode* : dimana pada tipe ini densitas di buat konstan, kondisi suhu dan salinitas konstan
- *Baroclinic mode* : pada tipe densitas ini maka pemilihan suhu dan salinitas bisa dihitung sesuai dengan data lapangan yang ada, ini dimaksudkan untuk membuat simulasi seperti keadaan lapang.

d. *Eddy Viscosity*

Parameter viskositas eddy ini menunjukkan pergerakan dari gesekan massa air di dalam kolom air yang disebabkan oleh pertukaran molekul molekul yang ada dalam

kolom air. Nilai viskositas eddy bisa bernilai antara 0.25 sampai 1.0 . Ada beberapa tipe viskositas eddy yang ada di dalam simulasi ini yaitu :

- *No eddy* : ini dimaksudkan bahwa viskositas eddy tidak dihiraukan dan tidak mempengaruhi keadaan dari simulasi yang ada
- *Constant eddy formulation* : ini dimaksudkan bahwa nilai viskositas eddy konstan di tiap tiap kolom air dalam suatu simulasi yang sama
- *Smagorinsky formulation* : ini dimaksudkan penghitungan dari nilai viskositas eddy ini bisa dihitung dengan menambahkan koefisien smagorinsky, serta memberikan batas maksimal dan minimal dari nilai viskositas eddy.

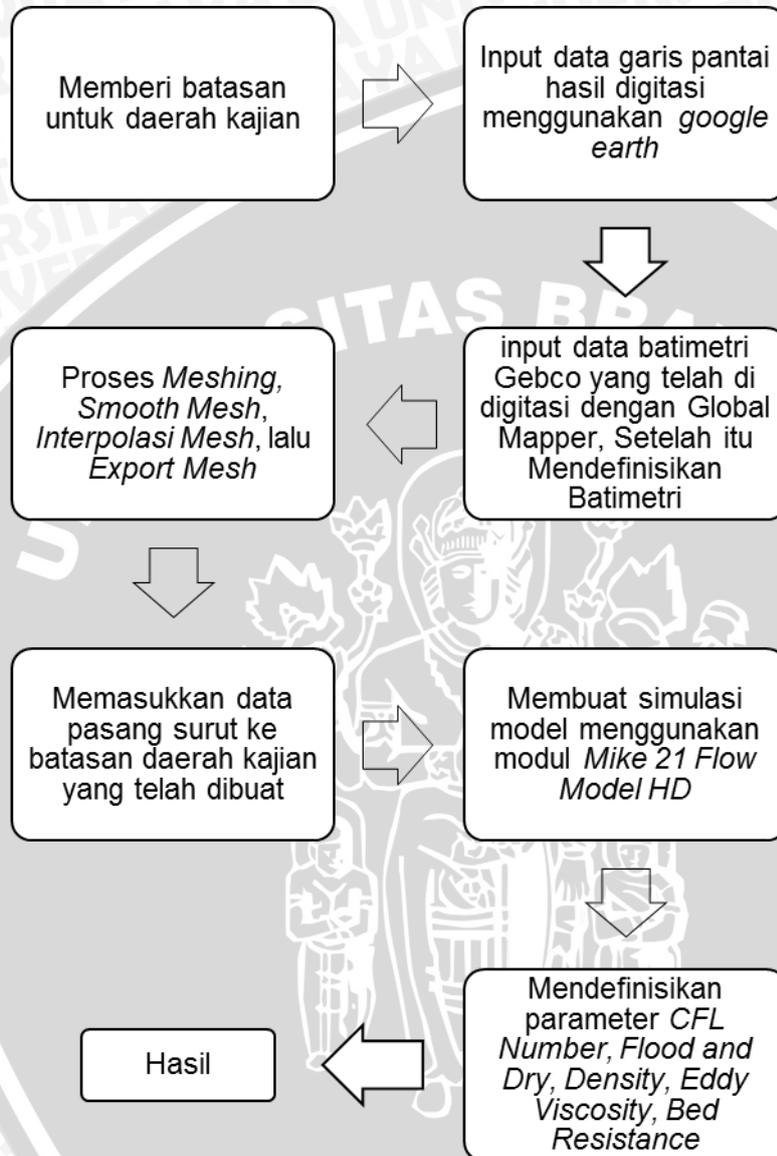
e. *Bed Resistance*

Parameter bed resistance menunjukkan nilai dari keadaan batimetri dari suatu simulasi yang dibuat. Nilai *bed resistance* untuk penggunaannya di simulasi laut adalah berkisar pada 30-50 m<sup>1/3</sup>/s atau apabila data yang dimiliki tidak lengkap maka bisa menggunakan nilai 32 m<sup>1/3</sup>/s. Nilai ini bisa ditentukan dalam beberapa cara yaitu :

- *No bed resistance* menunjukkan bahwa nilai dari keadaan batimetri dan kondisi dasar laut tidak mempengaruhi proses simulasi
- *Chezy Number* menunjukkan bahwa nilai dari keadaan batimetri dan kondisi dasar laut dihitung dengan chezy formula  $v = C\sqrt{Ri}$ , dan dihitung dengan melihat dari keadaan lapang yang ada
- *Manning number* menunjukkan bahwa nilai dari keadaan batimetri dan kondisi dasar laut dihitung dengan manning formula yang berguna untuk melihat rata rata dari kecepatan suatu massa air yang tidak bisa dipecahkan

Setelah semua parameter sudah dicocokkan dengan beberapa batasan yang digunakan selanjutnya buatlah output dari simulasi model untuk beberapa data yang dibutuhkan yaitu data pasang surut, kecepatan arus, arah arus, dan kondisi bathymetry, selanjutnya simulasi model bisa mulai dijalankan dan memakan waktu

hingga 22 jam untuk tiap 3 bulan data yang didasarkan pada musim barat, musim timur, musim peralihan 1, musim peralihan 2. Proses pembuatan model bisa dilihat pada Gambar 6



Gambar 12. Diagram alir pembuatan simulasi model menggunakan Mike 21

Hasil dari permodelan menggunakan *software DHI Mike 21* menghasilkan beberapa parameter yaitu :

- Kecepatan dan Arah Arus ini didapatkan dengan melalui permodelan oseanografi dengan *Mike 21* dimana arus yang dibangkitkan adalah arus pasang surut.
- Elevasi Muka air laut yang sangat berpengaruh terhadap kecepatan dan arah arus, karena permodelan menggunakan *Mike 21* dibangkitkan dengan arus pasang surut yang dipengaruhi oleh elevasi muka air laut dan pasang surut air laut.

Nilai CFL (Courant-Friedrichs Law) yang berbeda pada tiap tiap lokasi kordinatnya dan dipengaruhi oleh kondisi batimetri yang ada pada daerah kajian.

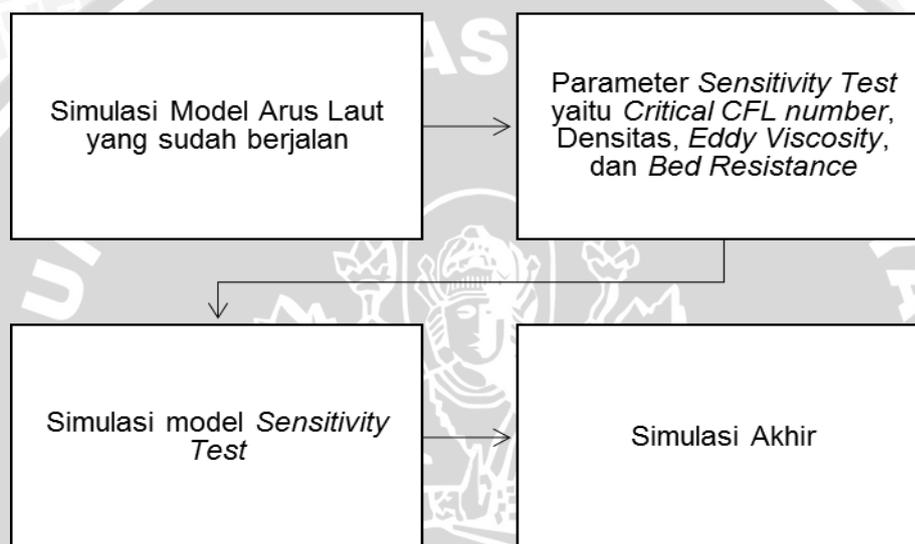
Daerah penelitian dibatasi dengan 4 *boundary*, yang selanjutnya 4 *boundary* ini terdiri dari 6 titik koordinat yang membentuk *boundary* sebagai pembangkit dari arus pasang surut sendiri. Berikut merupakan spesifikasi dari domain model yang dibuat sebagai pembangkit permodelan oseanografi yang tersedia pada tabel 4.

Tabel 3 Spesifikasi *Boundary*

Parameters	Detail	Longitude	Latitude
<i>Maximum element area</i>	0.003 deg	-	-
<i>Smallest allowable angle</i>	30	-	-
<i>Maximum number of nodes</i>	100000	-	-
<i>Number of element</i>	2058	-	-
<i>Number of node</i>	1284	-	-
<i>Boundary</i>	ST 1	114.43	-8.02
	ST 2	114.76	-8.03
	ST 3	114.77	-8.17
	ST 4	114.77	-8.40
	ST 5	114.76	-8.41
	ST 6	114.34	-8.41
<i>Coverage Area</i>	+/- 1571,6 km <sup>2</sup>	-	-

### 3. 5. 4. Uji Sensitivitas Simulasi Model

Uji sensitivitas model dilakukan untuk menguji kestabilan dari simulasi model arus laut yang digunakan, hal ini berguna untuk melihat apakah simulasi model bisa berjalan dengan data input lain dan dengan kondisi parameter *Critical CFL number*, Densitas, *Eddy Viscosity*, dan *Bed Resistance* yang berubah atau menyesuaikan. Uji sensitivitas simulasi model digunakan dengan merubah nilai untuk beberapa parameter.

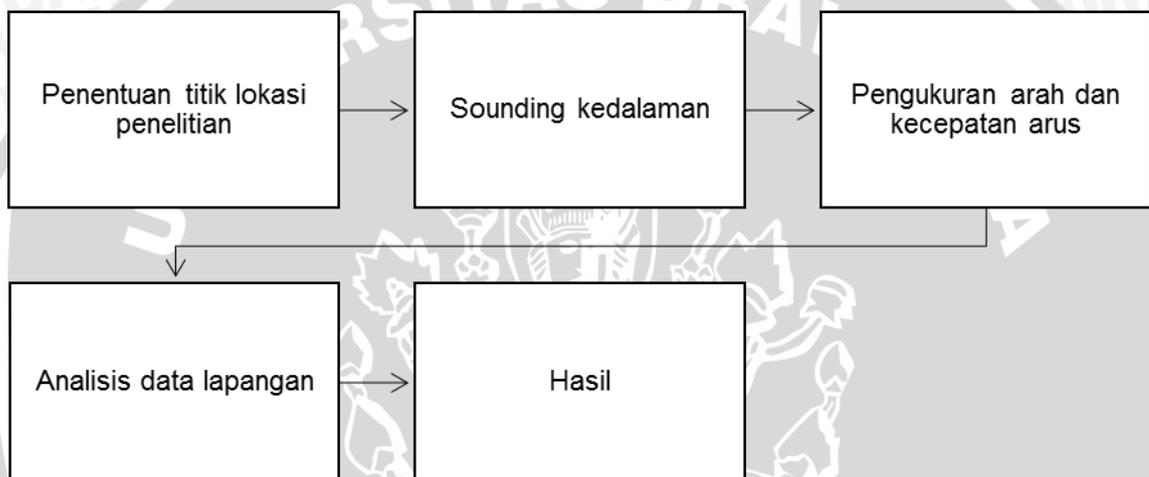


Gambar 13. Tes Sensitivitas Model

### 3. 5. 5. Pengambilan Data Lapangan

Metode pengambilan data arus di lapangan yaitu perairan Selat Bali pada bulan Mei 2016. Cara pengambilan data menggunakan beberapa alat yaitu *Current Metter*, *Echosounder*, dan *Global Positioning System (GPS)*. Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan lokasi pengambilan data, pada penelitian ini diambil 11 titik pengambilan data untuk mewakili seluruh perairan potensial berdasarkan dari koordinat yang tercatat pada *Global Positioning System (GPS)*. Langkah selanjutnya yaitu pengukuran kedalaman menggunakan *echosounder* yang terdiri dari *Transducer* yang dimasukkan kedalam perairan untuk merekam kedalaman dengan sensor suara, *display* sebagai alat untuk melihat kedalaman serta lokasi penelitian, dan *antenna*

sebagai penerima lokasi satelit. Kedalaman direkam dengan *transducer* dan dilihat di display, lalu *current meter* diturunkan dengan kedalaman 0,2d; 0,6d; dan 0,8d yang dimaksudkan dari d adalah kedalaman hasil pengukuran menggunakan *echosounder*. Nilai yang keluar dari *current meter* dicatat dan dilakukan pengulangan tiap kedalamannya 3 kali. Metode pengukuran dari *current meter* yaitu dengan mengukur kecepatan baling baling dari *propeller* yang berputar.



Gambar 14. Penelitian Lapangan

### 3. 5. 6. Validasi Data Lapang dengan Data Simulasi

Setelah proses permodelan oseanografi dan pengambilan data lapangan diperlukan verifikasi data untuk melihat *margin error* serta melihat perbedaan data yang terdapat di permodelan oseanografi serta data lapangan yang ada. Verifikasi data dilakukan dengan metode T-test independen dan Uji Korelasi. T-test independent dimaksudkan untuk menguji perbedaan antara rata-rata dari dua jenis grup yang ada pada penelitian ini. T-test independen menguji keragaman dari rata-rata dari suatu grup dengan grup lainnya.

### 3. 5. 7. Pemilihan Jenis Turbin

Pemilihan jenis turbin didasarkan pada beberapa kriteria yaitu tipe turbin, bentuk turbin, efisiensi turbin dalam menghasilkan daya, harga yang diperlukan untuk membuat turbin, luas penampang dari turbin, serta penggunaan di Indonesia. Dari beberapa kriteria yang telah disebutkan diatas maka dipilih 4 (empat) jenis turbin yang diantaranya memiliki kelebihan serta keunggulan dari masing masing jenisnya. Spesifikasi dari 4 (empat) turbin yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 4 Spesifikasi Turbin**

No	Kriteria	Gorlov (USA)	Savonius (Finlandia)	Kobold (Italia)	OWC (Turbin Wells) (UK)
1	Tipe	Horisontal	Vertikal	Vertikal	Vertikal
2	Efisiensi daya	35 %	19 %	50%	24,5 %
3	Luas Penampang	11.2 m <sup>2</sup>	4,4 m <sup>2</sup>	40m <sup>2</sup>	5,2 m <sup>2</sup>
4	Penggunaan	Sudah di Uji coba di Selat Nusa Penida	Belum di Uji Coba di Indonesia	Sudah di Uji Coba di Indonesia	Belum di Uji Coba di Indonesia (Konversi Turbin Angin ke Turbin Arus Laut

### 3. 5. 8. Metode Analisis Data

Metode analisis yang digunakan adalah dengan mengkonversi data kecepatan arus hasil permodelan menjadi energi listrik yang dihasilkan. Nilai konversi ini digunakan untuk melihat beberapa daerah yang potensial sebagai pembangkit listrik



tenaga arus laut (PLTAL). Konversi kecepatan arus menjadi energi listrik ini digunakan dengan persamaan Fraenkel (2001) dalam AdamTheoyana (2015) :

$$P = C_p \times \rho \times 0.5 \times A \times V^3$$

Dimana :

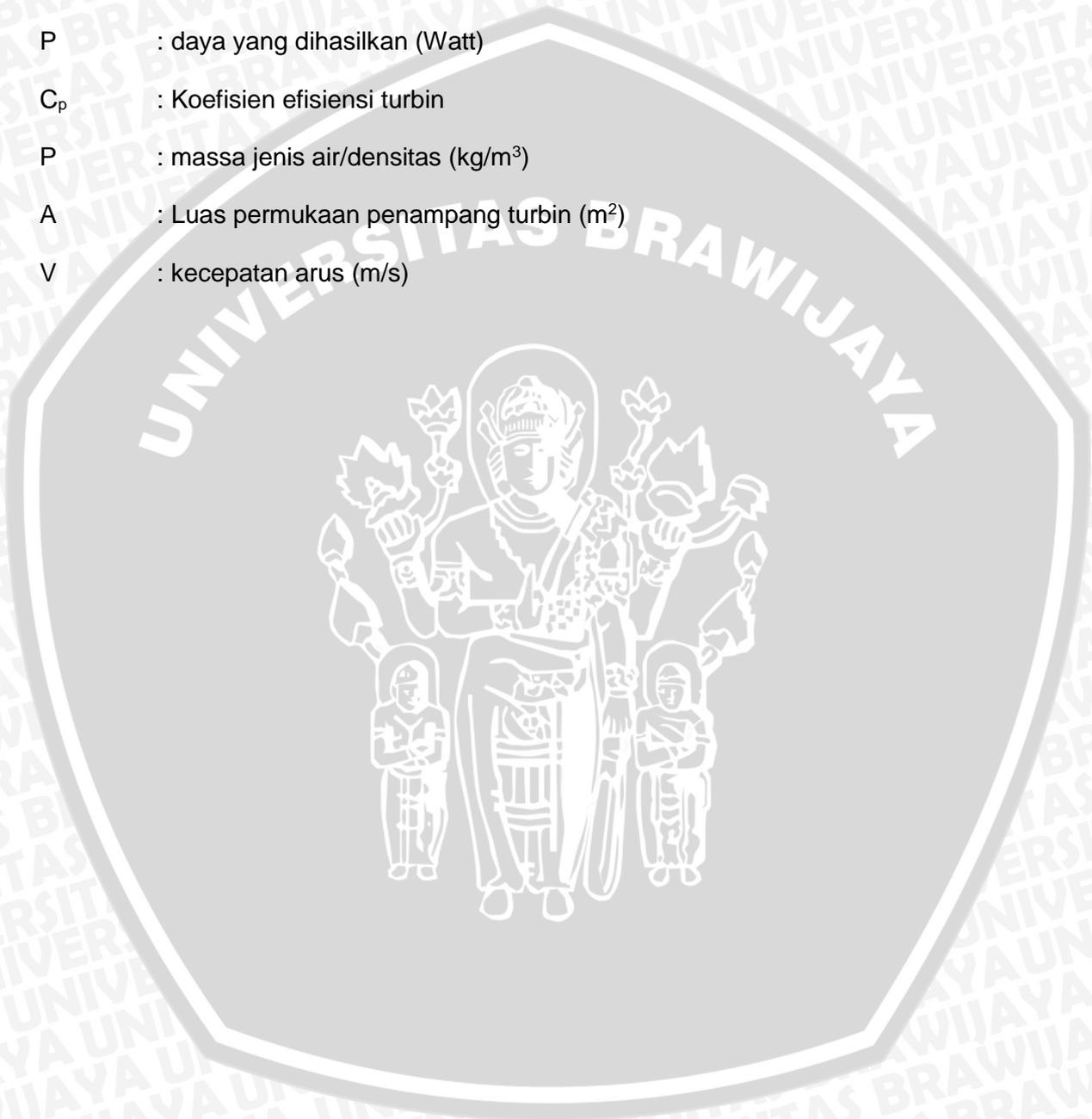
P : daya yang dihasilkan (Watt)

$C_p$  : Koefisien efisiensi turbin

$\rho$  : massa jenis air/densitas ( $\text{kg/m}^3$ )

A : Luas permukaan penampang turbin ( $\text{m}^2$ )

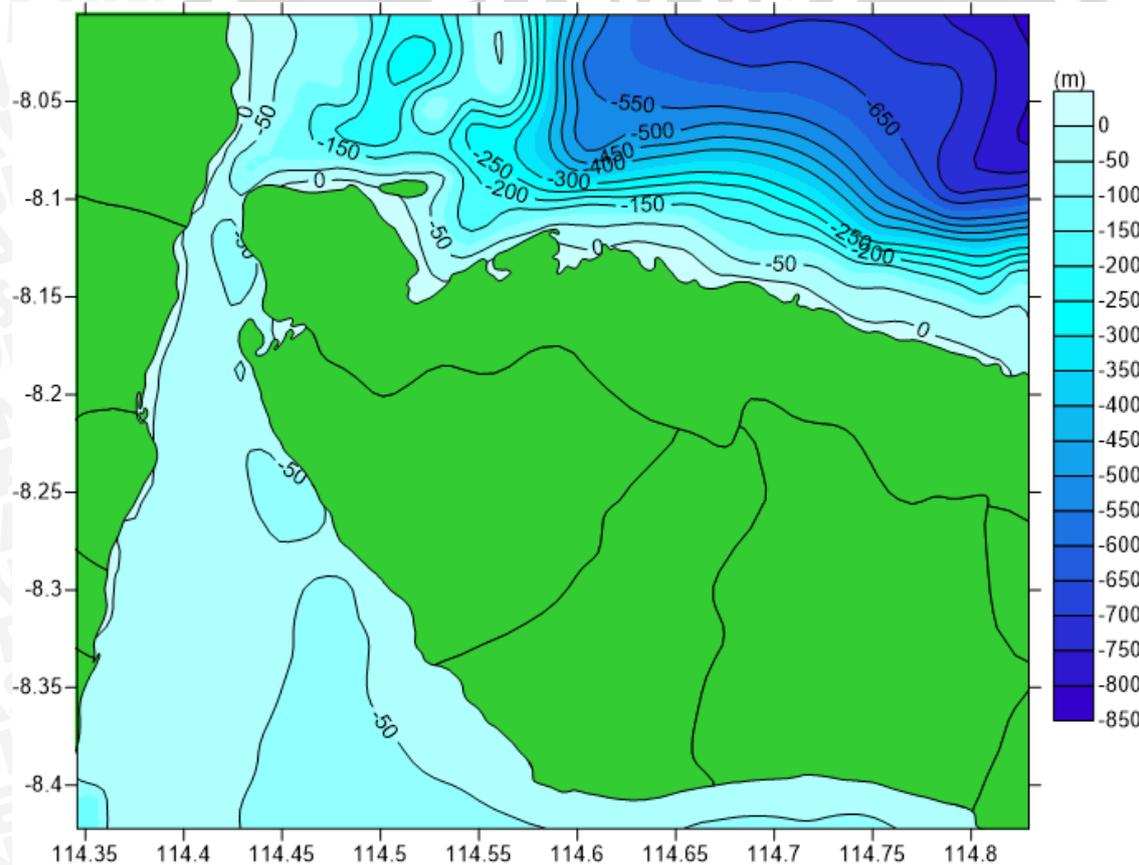
V : kecepatan arus (m/s)



## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Gambaran Lokasi Penelitian

Selat Bali merupakan perairan semi tertutup yang ada di Indonesia, terletak di antara pulau Jawa dan pulau Bali serta menghubungkan dua perairan besar yaitu Laut Jawa di perairan bagian utara dan Samudera Hindia di bagian selatan. Secara geografis Selat Bali terletak di 8.05 °S sampai 8.77 °S dan 114.33 °E sampai 115.17 °E. Berikut gambaran lokasi penelitian untuk daerah Selat Bali.



Gambar 15. Batimetri Lokasi Penelitian

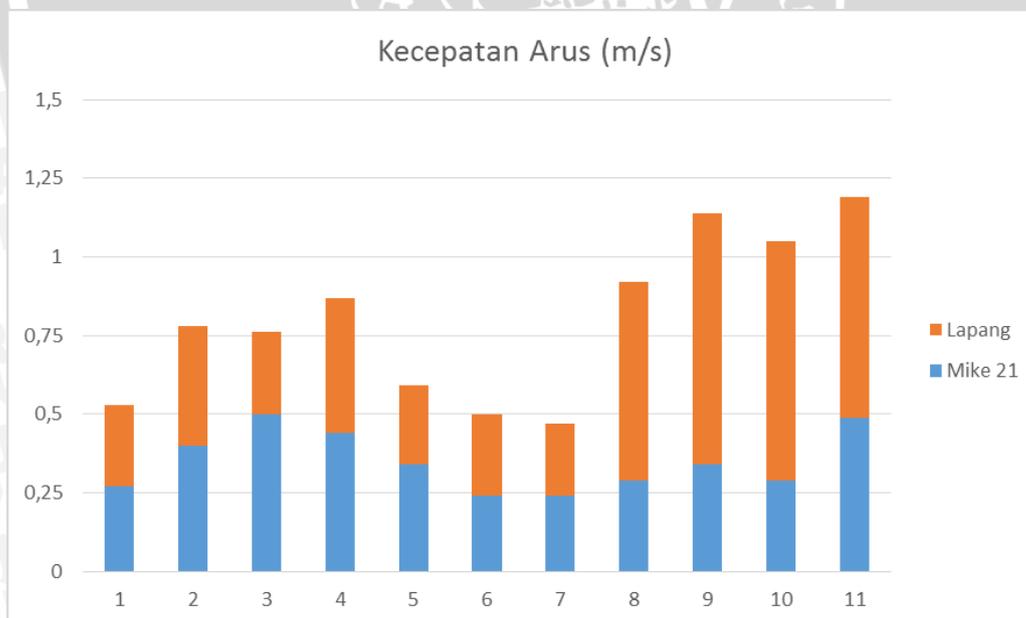
### 4.2. Analisis Data Arus Hasil dari Mike 21 dan Observasi Lapang

Analisis statistik digunakan untuk memverifikasi data hasil permodelan oseanografi menggunakan software Mike 21 HD dengan hasil observasi lapang. Tujuan dari verifikasi ini adalah untuk melihat keakuratan dari data hasil permodelan

oseanografi yang selanjutnya digunakan analisis statistik dengan uji T-independen dan Uji korelasi. Pengujian yang dilakukan antara data hasil Mike 21 dan Observasi Lapang merujuk dari koordinat. Berikut Tabel perbandingan data verifikasi antara Mike 21 dan data Observasi lapang.

**Tabel 5. Data Mike 21 dan Data Lapang berdasar koordinat**

No	Longitude	Latitude	Kecepatan Arus (m/s)	
			Mike 21	Lapang
1	114.41	8.09	0.27	0.26
2	114.42	8.10	0.40	0.38
3	114.43	8.10	0.50	0.26
4	114.43	8.10	0.44	0.43
5	114.42	8.11	0.34	0.25
6	114.42	8.12	0.24	0.26
7	114.41	8.11	0.24	0.23
8	114.41	8.11	0.29	0.63
9	114.41	8.10	0.34	0.80
10	114.41	8.11	0.29	0.76
11	114.40	8.10	0.49	0.70
Rata-Rata			0.35	0.45



**Gambar 16. Grafik Rata-Rata Kecepatan Arus dengan Menggunakan Mike 21 dan Pengambilan data lapang**

Berdasarkan data pada tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai hasil permodelan oseanografi dengan menggunakan Mike 21 serta data yang diambil pada saat observasi lapang tidak memiliki perbedaan yang signifikan yaitu 0.35 dan 0.45. Uji T independen dan uji korelasi dilakukan untuk mengetahui koreksi dari data yang dimiliki. Uji T independen dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 6. Kecepatan Arus Lapang dan Mike 21

Data		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Kecepatan	Mike21	.35	11	.09	.02
Arus	Lapang	.45	11	.22	.06

Rata-rata kecepatan arus yang dihasilkan oleh permodelan oseanografi Mike 21 adalah 0.35 dan yang didapatkan dari observasi lapang adalah 0.45. Nilai *Standard Error* antara permodelan oseanografi mike 21 dengan observasi lapang berturut-turut yaitu 0.02 dan 0.06. Apabila data *Standard Error Mean* masih berada dalam batas dari 0.4 (40%), maka data masih bisa diterima, tetapi apabila diatas 0.4 maka data yang didapat telah mengalami bias

Tabel 7. T-test independen pada data Lapang dan Mike 21

**Independent Samples Test**

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Nilai	14.03	.001	-1.35	20	.192	-.09	.07	-.25	.05
				13.474	.199	-.09	.07	-.25	.05

Uji F

H0: varian nilai mike dan nilai lapang sama,  $>0.05$

H1: varian nilai mike dan nilai lapang berbeda,  $<0.05$

Dari data diatas didapatkan nilai F adalah sebesar 14.030 dan memiliki signifikansi 0.001 yang artinya tolak H0 dimana tidak terdapat varian antara nilai mike dan lapang yang sama.

Uji T

H0: rata-rata nilai mike dan nilai lapang sama,  $>0.05$

H1: rata-rata nilai mike dan nilai lapang berbeda,  $<0.05$

Berdasarkan analisis menggunakan metode independent t-test didapatkan data diatas didapatkan nilai signifikansi (2-tailed) 0.199 yang mana nilai ini lebih besar dari  $>0.05$ , yang menunjukkan bahwa H0 diterima dan bisa ditarik kesimpulan bahwa data lapang dan mike memiliki kesamaan.

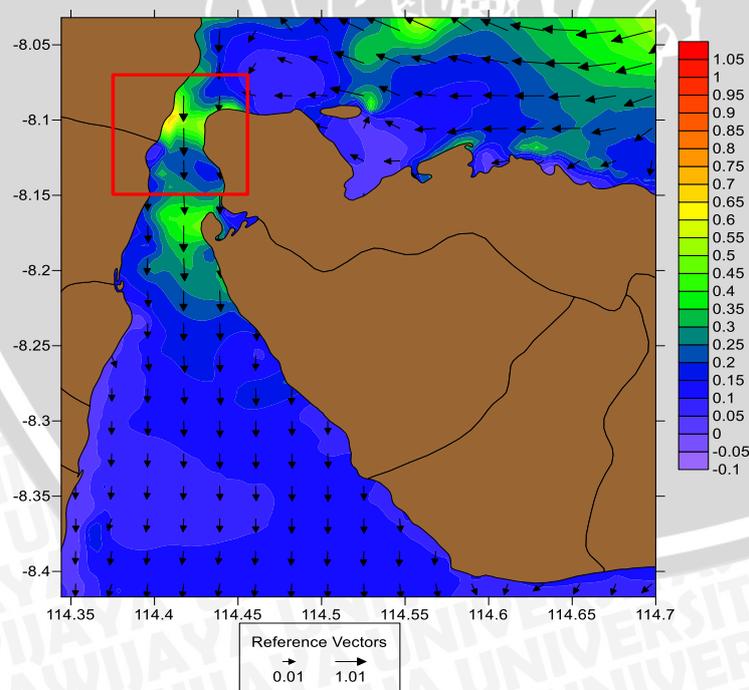
#### 4. 3. Hasil Simulasi Model Dengan Software Mike 21 HD

Hasil simulasi dengan menggunakan software permodelan Mike 21 menghasilkan beberapa parameter yaitu data kecepatan dan arah arus, elevasi muka air laut, data arah dan kecepatan angin. Nilai yang dihasilkan dari software permodelan Mike 21 Hidrodynamic Module ini didapat dari proses permodelan yang dijalankan, yaitu yang pertama adalah membuat domain untuk daerah kajian, selanjutnya membuat *boundary* dari daerah kajian sebagai pembangkit arus pasang surut yang akan dibuat di dalam permodelan, setelah itu dijalankan proses permodelan untuk mendapatkan data hasil berupa nilai-nilai yang selanjutnya diolah di dalam *microsoft excel*, lalu selanjutnya pembuatan peta kontur di *Surfer*. Analisis data arah dan kecepatan arus dengan menggunakan software *DHI Mike 21* ini dilakukan selama 1 tahun yaitu terbagi dalam 4 musim, dimulai dengan musim timur 2015 hingga musim peralihan 1 2016 atau dari bulan Juni 2015 hingga Mei 2016. Menurut Wyrcki (1961)

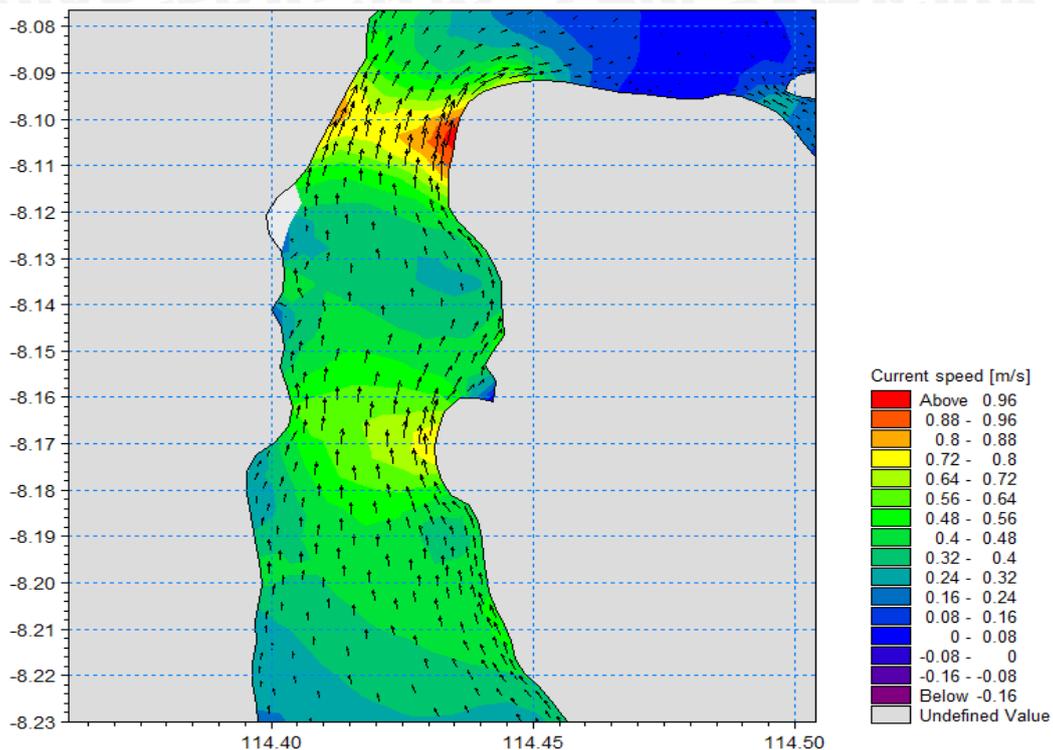
macam macam musim ini dipengaruhi oleh angin monsun barat dan timur, yang selanjutnya dibagi pada 4 musim yaitu musim barat yang berlangsung selama bulan Desember hingga Februari, musim timur yang berlangsung selama bulan Juni hingga Agustus, musim peralihan 1 yang berlangsung dari Februari hingga maret, dan musim peralihan 2 yang berlangsung dari September hingga November. Pengolahan data dilakukan dengan melakukan 2 kali *running* model, yaitu untuk data per-musim dan data per-bulan.

#### 4. 3. 1. Karakteristik Daerah Potensial

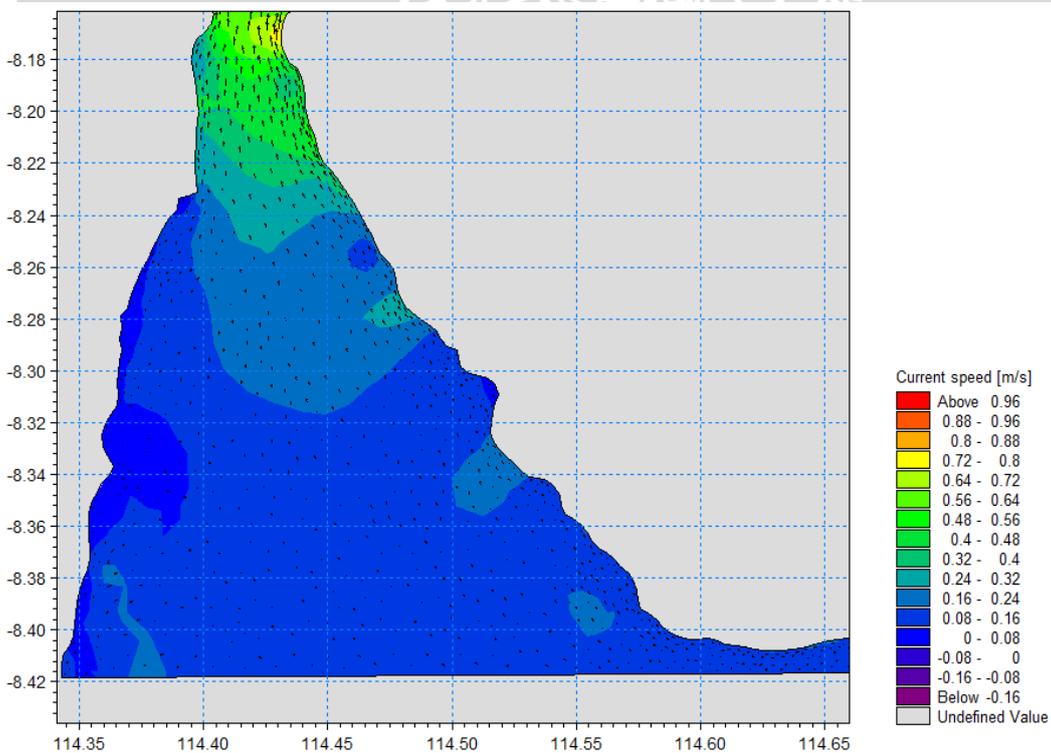
Dari hasil permodelan hidrooseanografi menggunakan *software* Mike 21 didapatkan pola arus potensial pada satu daerah potensial dengan karakteristik memiliki kedalaman rata-rata 0-50 meter. Dengan kondisi dekat dengan daerah daratan ini dimaksudkan untuk mempermudah dari efisiensi distribusi energi listrik yang dihasilkan oleh turbin pembangkit listrik. Peta daerah potensial energi arus dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Peta Daerah Potensial



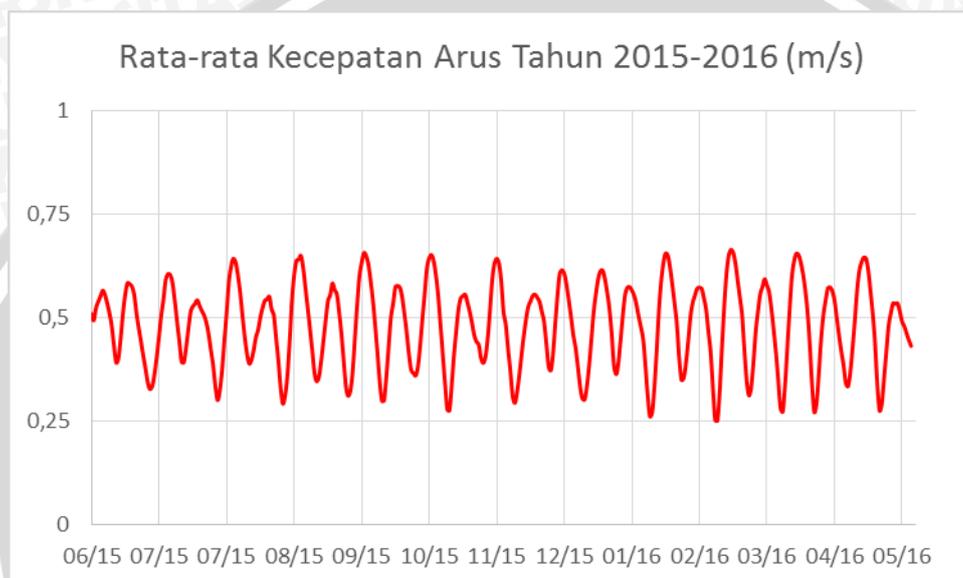
Gambar 18. Peta Daerah Kecepatan Arus Potensial daerah Selat Bali A (Utara)



Gambar 19. Peta Daerah Kecepatan Arus Potensial daerah Selat Bali B (Selatan)

Dari Gambar 17, Gambar 18, dan Gambar 19. dapat diketahui bahwa terdapat daerah potensial yaitu pada daerah Selat Bali bagian utara dimana terdapat selat yang

sempit dimana keadaan selat yang sempit ini menjadikan arah dan kecepatan arus menjadi besar. Daerah potensial ini terdapat pada koordinat antara 114.40 sampai 114.47 dan -8.09 sampai -8.19. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis pada gambar berikut



Gambar 20. Rata-Rata Kecepatan Arus Laut Tahun 2015-2016

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.5 m/s dengan kecepatan arus maksimal 1.18 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar.

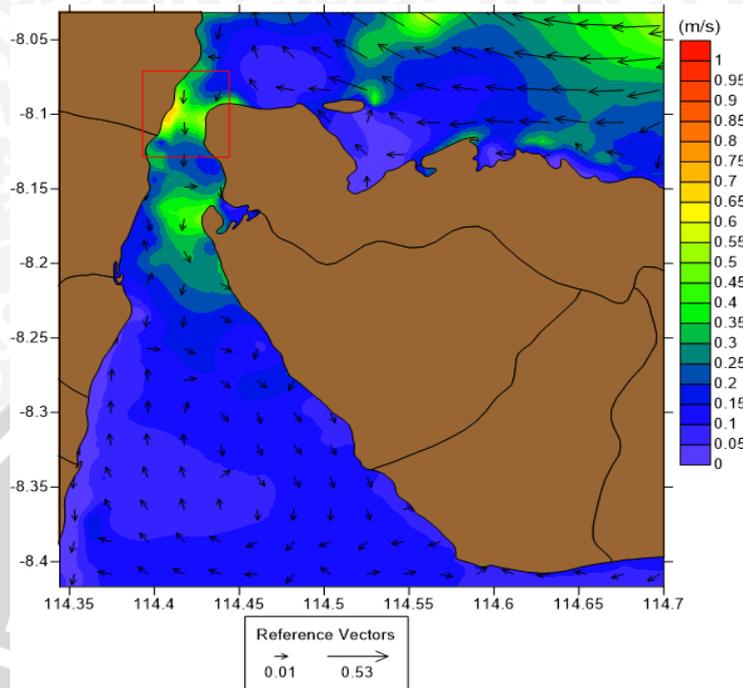
Daerah potensial khususnya harus juga merujuk pada daerah yang dekat daratan untuk memungkinkan efektivitas dari pemasangan turbin sehingga loss daya berkurang dan bisa mempermudah penggunaan. Selain dari efektivitas pemasangan, tentunya daerah potensial juga harus merujuk pada kondisi batimetri yang ada pada

daerah potensial, dimana daerah potensial ini memiliki kedalaman 0-50 meter. Pada selat bali bagian utara kecepatan arus bisa mencapai lebih dari 1.0 m/s, arus pasang surut dari samudera hindia yang masuk ke daerah selat bali membenntuk pola sirkulasi arus yang disebabkan viskositas eddy dan berdampak pada daerah dengan kedalaman dangkal. Pola arus yang dibentuk di selat bali sangat dipengaruhi oleh arus yang dibawa dari samudera hindia yang berputar searah jarum jam pada saat berada di selat bali, pola pasang surut yang terdapat di selat bali juga sangat dipengaruhi oleh samudera hindia tipe pasang surutnya yaitu pasang surut campuran semi-diurnal dengan dua kali pasang dan dua kali surut.

#### **4. 3. 2. Hasil Permodelan Oseanografi Permusim**

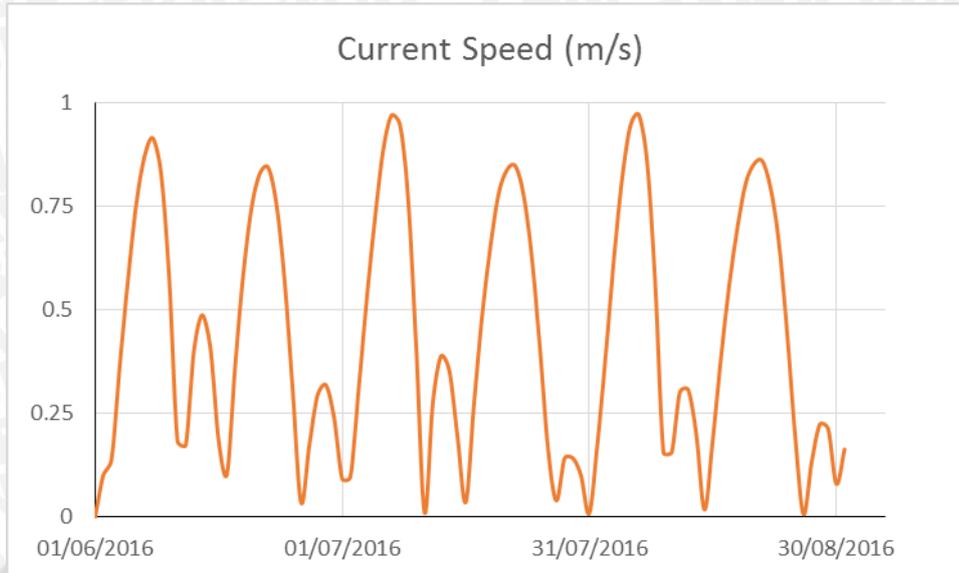
##### **a. Arah dan Kecepatan Arus Musim Timur 2015**

Arah dan kecepatan arus Selat Bali pada musim timur yang diperoleh dengan menggunakan data dari hasil permodelan menggunakan Mike 21 yaitu pada bulan Juni, Juli, dan Agustus tahun 2015, data yang digunakan dengan melakukan selang waktu 1 jam dan mendapatkan hasil sebanyak 2207 data hasil permodelan. Kemudian untuk melihat sebaran nilai digunakan grafik untuk melihat pola arus dibuat peta kontur menggunakan *Surfer* seperti yang dilihat pada Gambar 21 dibawah ini



Gambar 21. Arah dan Kecepatan Arus Musim Timur 2015

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa pergerakan arus pada musim timur tahun 2015 terjadi yaitu arus bergerak dari arah laut Jawa dengan kecepatan yang cukup besar lalu masuk ke Selat Bali dan bertemu dengan arus yang dibawa dari Samudera Hindia sehingga terjadi pembelokan arah arus. Pada Gambar diatas terlihat terdapat titik potensial pada bagian utara Selat Bali, maka dari itu dibuat lah grafik garis untuk mengetahui kecepatan arus pada titik stasiun yang diambil sebagai representasi dari titik-titik yang potensial sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis pada gambar berikut

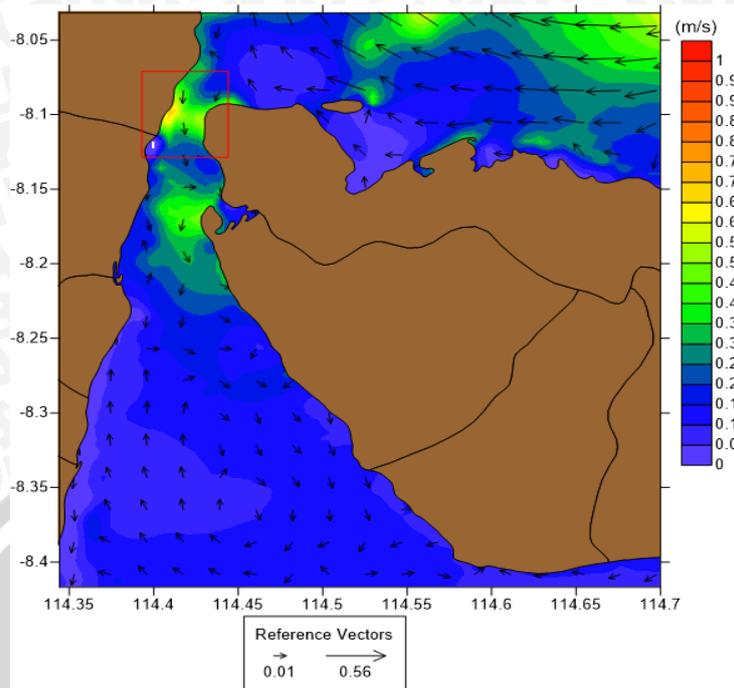


Gambar 22. Kecepatan Arus Laut Musim Timur 2015

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.43 m/s dengan kecepatan arus maksimal 0.97 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar.

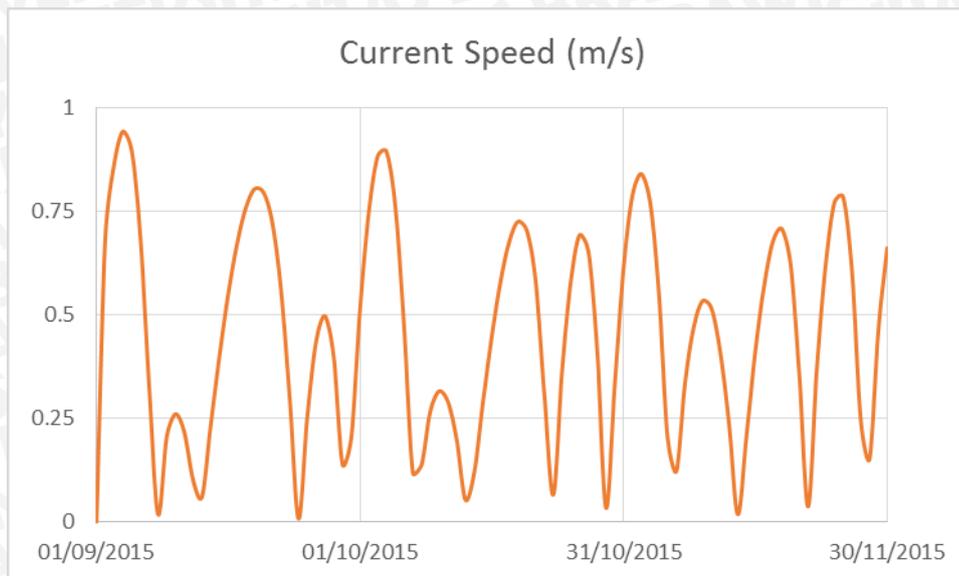
**b. Arah dan Kecepatan Arus Musim Peralihan 2 2015**

Arah dan kecepatan arus Selat Bali pada musim peralihan 2015 yang diperoleh dengan menggunakan data dari hasil permodelan menggunakan Mike 21 yaitu pada bulan September, Oktober, dan November tahun 2015, data yang digunakan dengan melakukan selang waktu 1 jam dan mendapatkan hasil sebanyak 2182 data hasil permodelan. Kemudian untuk melihat pola arus dibuat peta kontur menggunakan *Surfer* seperti yang dilihat pada gambar 23 dibawah ini



Gambar 23. Arah dan Kecepatan Arus Musim Peralihan 2 2015

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa pergerakan arus pada musim peralihan 2 tahun 2015 terjadi yaitu arus bergerak dari arah laut Jawa dengan kecepatan yang cukup besar lalu masuk ke Selat Bali dan bertemu dengan arus yang dibawa dari Samudera Hindia sehingga terjadi pembelokan arah arus. Pada Gambar diatas terlihat terdapat titik potensial pada bagian utara Selat Bali, maka dari itu dibuat lah grafik garis untuk mengetahui kecepatan arus pada titik stasiun yang diambil sebagai representasi dari titik-titik yang potensial sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis sebagai berikut

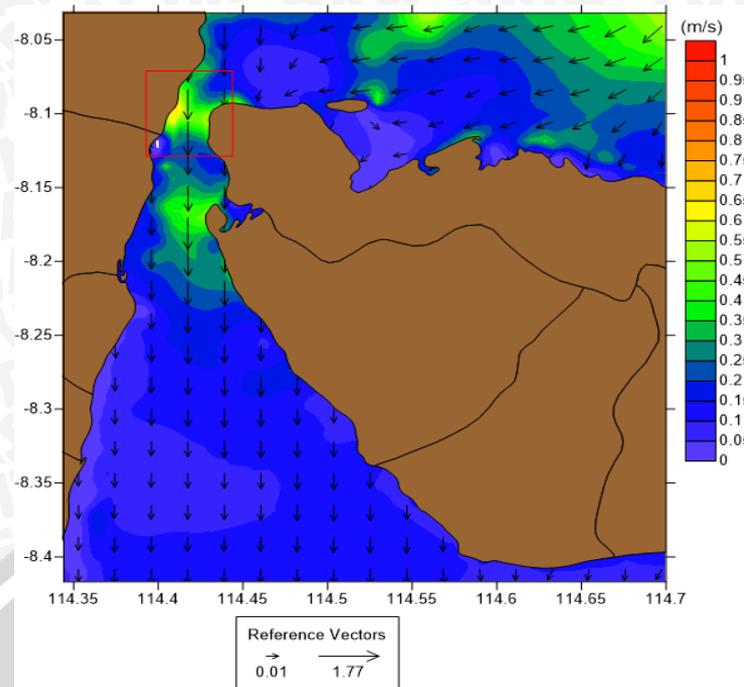


Gambar 24. Kecepatan Arus Musim Peralihan 2 2015

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.5 m/s dengan kecepatan arus maksimal 0.94 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar.

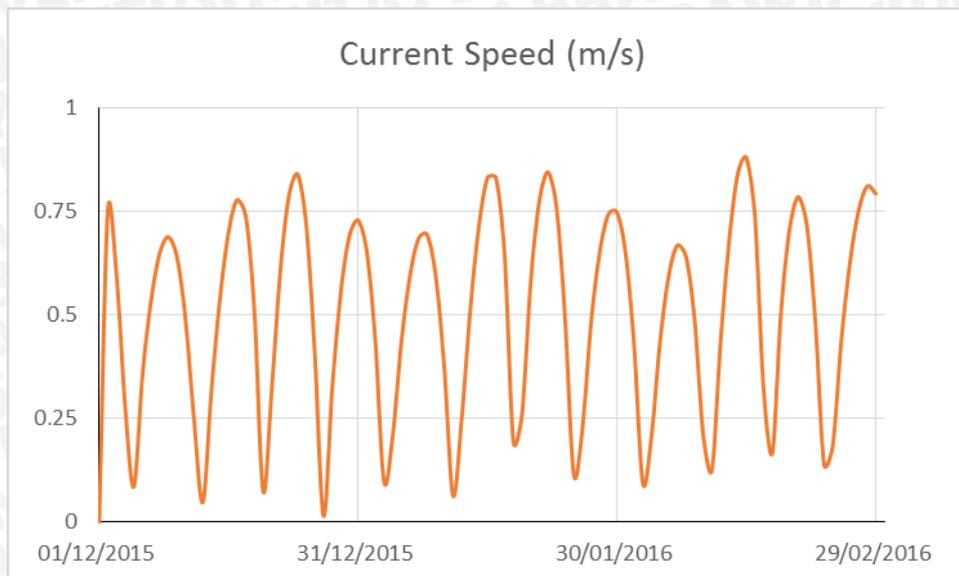
**c. Arah dan Kecepatan Arus Musim Barat 2015-2016**

Arah dan kecepatan arus Selat Bali pada musim barat yang diperoleh dengan menggunakan data dari hasil permodelan menggunakan Mike 21 yaitu pada bulan Desember tahun 2015, Januari, dan Februari tahun 2016, data yang digunakan dengan melakukan selang waktu 1 jam dan mendapatkan hasil sebanyak 2182 data hasil permodelan. Kemudian untuk melihat pola arus dibuat peta kontur menggunakan *Surfer* seperti yang dilihat pada gambar 25 dibawah ini



Gambar 25. Arah dan Kecepatan Arus Musim Barat 2015-2016

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa pergerakan arus pada musim barat tahun 2015-2016 terjadi yaitu arus bergerak dari arah laut Jawa dengan kecepatan yang cukup besar lalu masuk ke Selat Bali dan mengarah ke arah Samudera Hindia. Pada Gambar diatas terlihat terdapat titik potensial pada bagian utara Selat Bali, maka dari itu dibuat lah grafik garis untuk mengetahui kecepatan arus pada titik stasiun yang diambil sebagai representasi dari titik-titik yang potensial sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis sebagai berikut

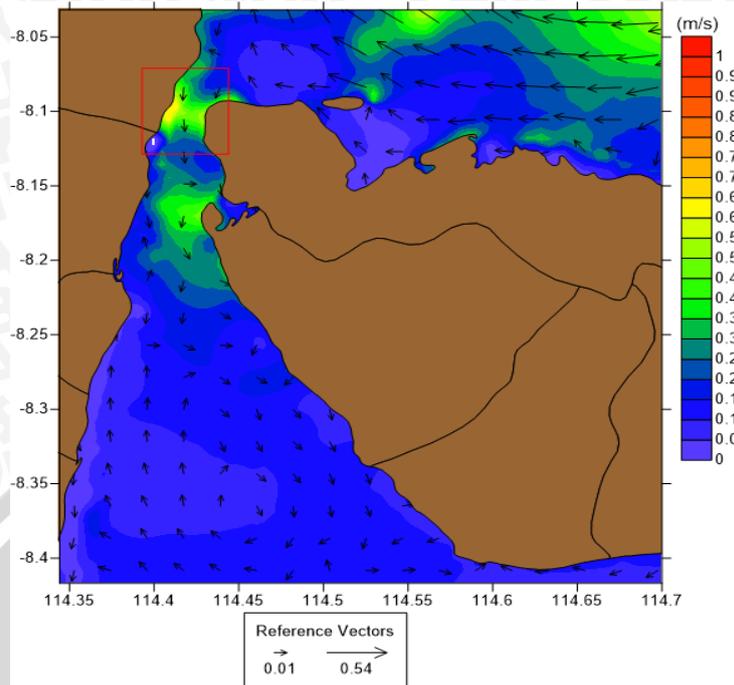


Gambar 26. Kecepatan Arus Musim Barat

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.51 m/s dengan kecepatan arus maksimal 0.87 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar.

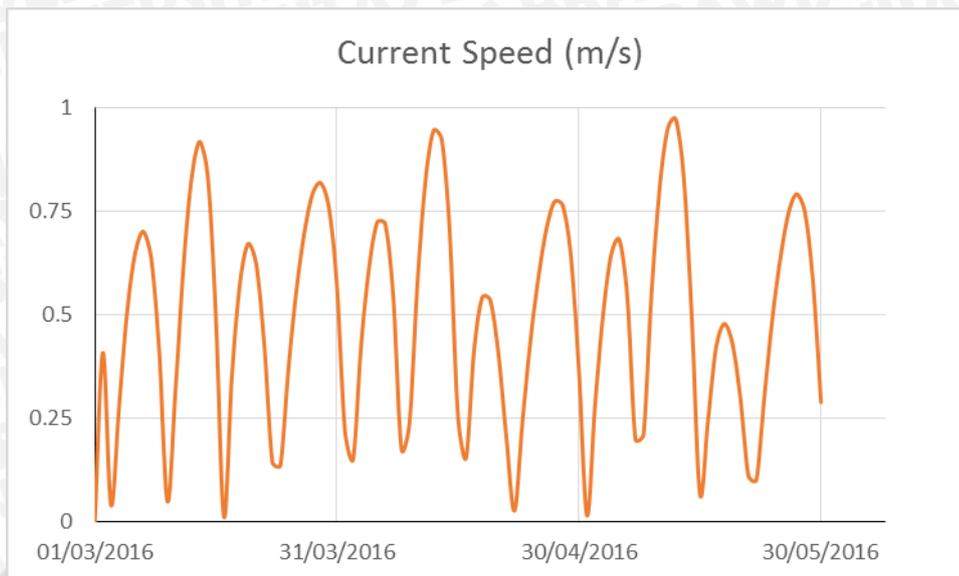
**d. Arah dan Kecepatan Arus Musim Peralihan 1 2016**

Arah dan kecepatan arus Selat Bali pada musim peralihan 1 tahun 2016 yang diperoleh dengan menggunakan data dari hasil permodelan menggunakan Mike 21 yaitu pada bulan Juni, Juli, dan Agustus tahun 2015, data yang digunakan dengan melakukan selang waktu 1 jam dan mendapatkan hasil sebanyak 2182 data hasil permodelan. Kemudian untuk melihat pola arus dibuat peta kontur menggunakan *Surfer* seperti yang dilihat pada gambar 27 dibawah ini



Gambar 27. Arah dan Kecepatan Arus Musim Peralihan 1 2016

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa pergerakan arus pada musim peralihan 1 tahun 2016 terjadi yaitu arus bergerak dari arah laut Jawa dengan kecepatan yang cukup besar lalu masuk ke Selat Bali dan bertemu dengan arus yang dibawa dari Samudera Hindia sehingga terjadi pembelokan arah arus. Pada Gambar diatas terlihat terdapat titik potensial pada bagian utara Selat Bali, maka dari itu dibuat lah grafik garis untuk mengetahui kecepatan arus pada titik stasiun yang diambil sebagai representasi dari titik-titik yang potensial sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis sebagai berikut



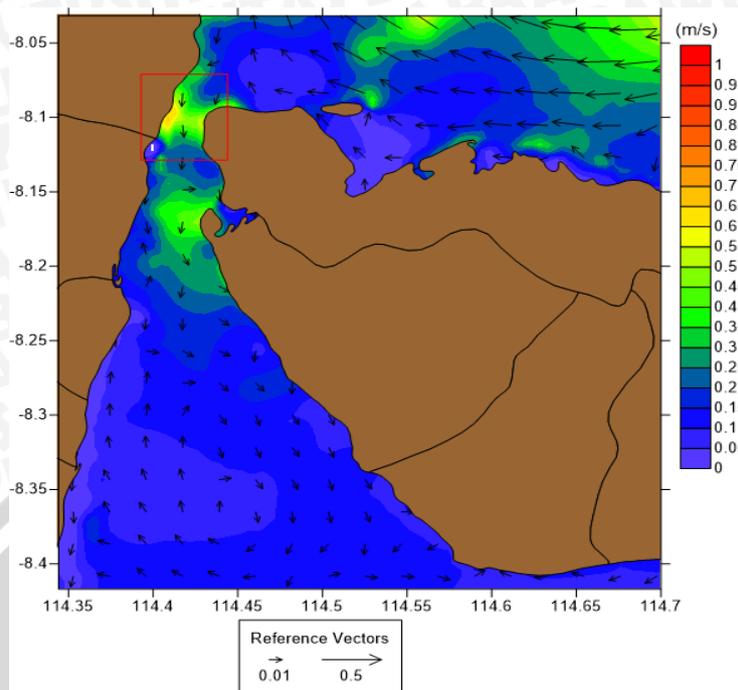
Gambar 28. Kecepatan Arus Musim Peralihan 1 2016

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.5 m/s dengan kecepatan arus maksimal 0.97 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar.

#### 4. 3. 3. Hasil Permodelan Oseanografi Perbulan

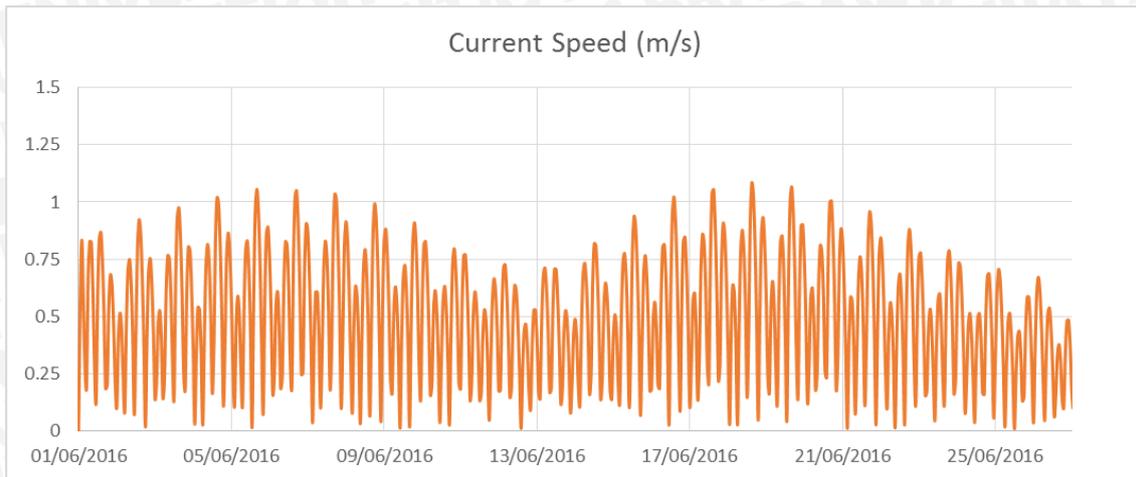
##### a. Arah dan Kecepatan Arus Bulan Juni 2015

Arah dan kecepatan arus Selat Bali pada bulan Juni tahun 2015 yang diperoleh dengan menggunakan data dari hasil permodelan menggunakan Mike 21 yaitu pada bulan Juni, Juli, dan Agustus tahun 2015, data yang digunakan dengan melakukan selang waktu 1 jam dan mendapatkan hasil sebanyak 2182 data hasil permodelan. Kemudian untuk melihat pola arus dibuat peta kontur menggunakan *Surfer* seperti yang dilihat pada gambar 29 dibawah ini



Gambar 29. Arah dan Kecepatan Arus bulan Juni 2015

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa pergerakan arus pada bulan juni tahun 2015 terjadi yaitu arus bergerak dari arah laut jawa dengan kecepatan yang cukup besar lalu masuk ke Selat Bali dan bertemu dengan arus yang dibawa dari Samudera Hindia sehingga terjadi pembelokan arah arus. Pada Gambar diatas terlihat terdapat titik potensial pada bagian utara Selat Bali, maka dari itu dibuat lah grafik garis untuk mengetahui kecepatan arus pada titik stasiun yang diambil sebagai representasi dari titik-titik yang potensial sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis sebagai berikut

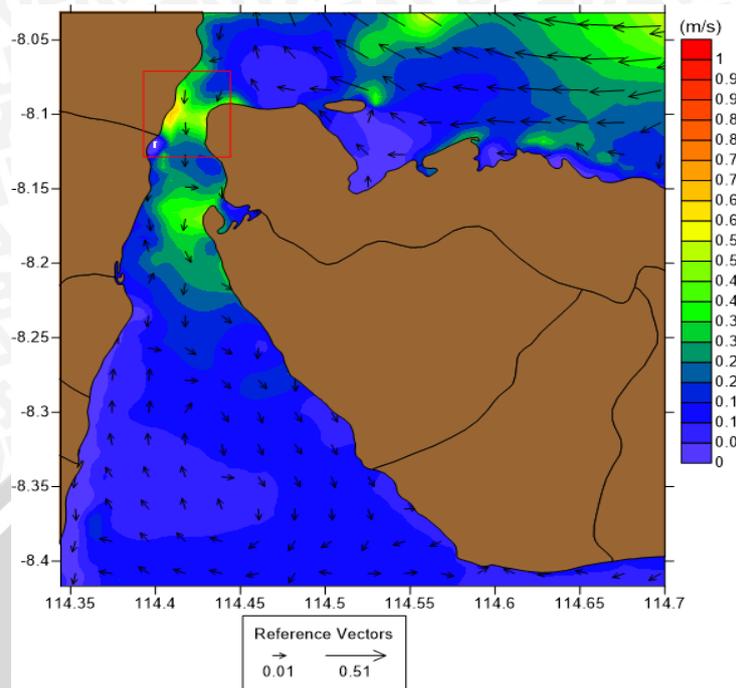


Gambar 30. Kecepatan Arus Bulan Juni 2015

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.5 m/s dengan kecepatan arus maksimal 1.08 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar.

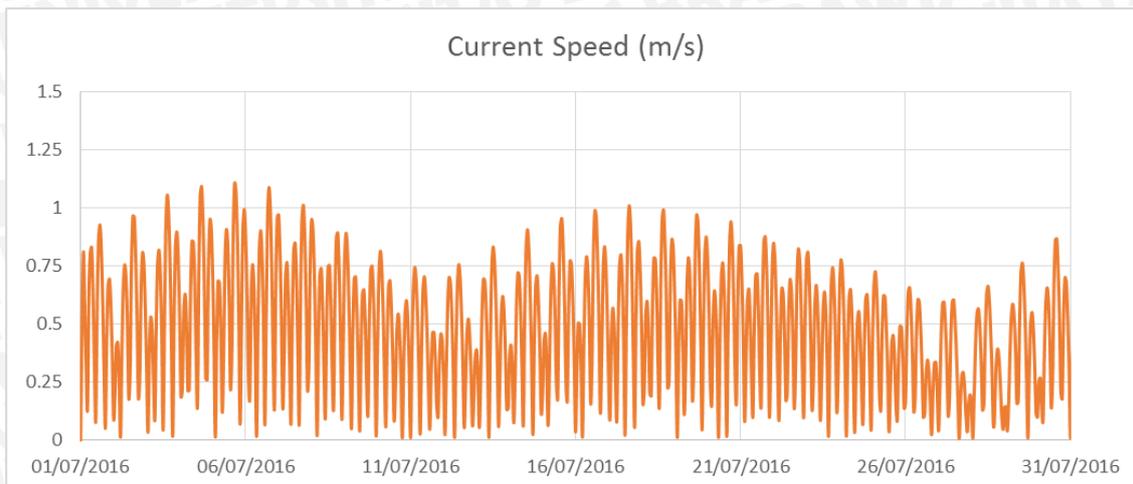
**b. Arah Dan Kecepatan Arus Bulan Juli**

Arah dan kecepatan arus Selat Bali pada bulan Juli tahun 2015 yang diperoleh Juli tahun 2015, data yang digunakan dengan melakukan selang waktu 1 jam dan mendapatkan hasil sebanyak 2182 data hasil permodelan. Kemudian untuk melihat pola arus dibuat peta kontur menggunakan *Surfer* seperti yang dilihat pada gambar 31 dibawah ini



Gambar 31. Arah dan Kecepatan Arus bulan Juli 2015

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa pergerakan arus pada bulan Juli tahun 2015 terjadi yaitu arus bergerak dari arah laut Jawa dengan kecepatan yang cukup besar lalu masuk ke Selat Bali dan bertemu dengan arus yang dibawa dari Samudera Hindia sehingga terjadi pembelokan arah arus. Pada Gambar diatas terlihat terdapat titik potensial pada bagian utara Selat Bali, maka dari itu dibuat lah grafik garis untuk mengetahui kecepatan arus pada titik stasiun yang diambil sebagai representasi dari titik-titik yang potensial sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis sebagai berikut

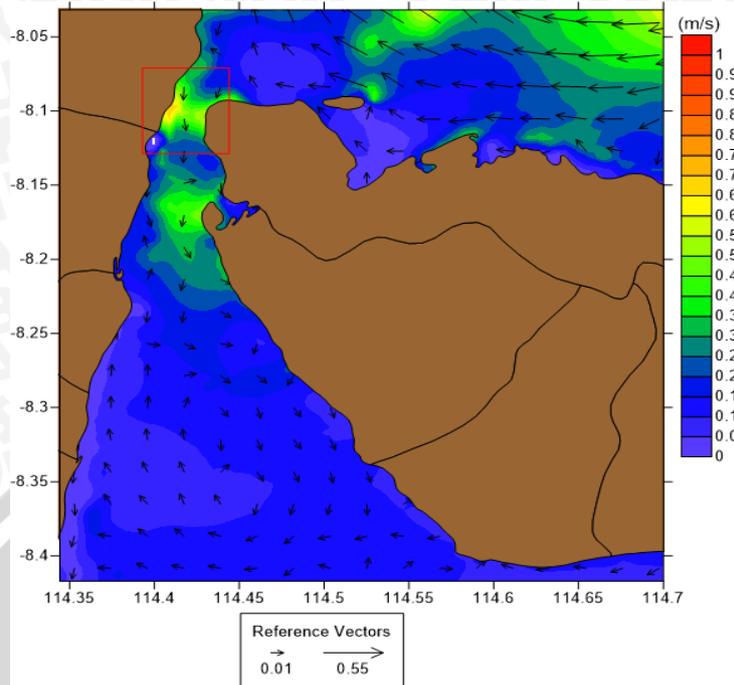


Gambar 32. Kecepatan Arus bulan Juli 2015

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.5 m/s dengan kecepatan arus maksimal 1.10 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar

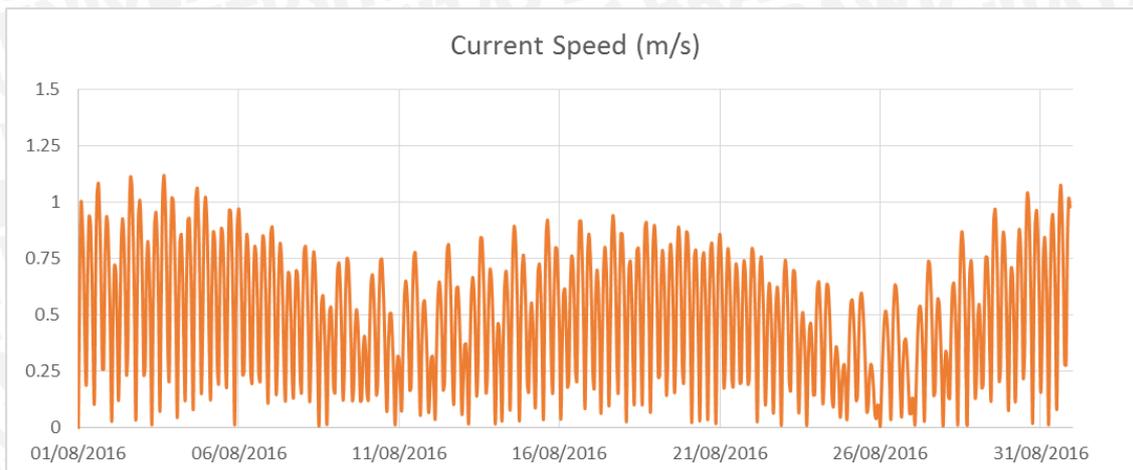
### c. Arah dan Kecepatan Arus Bulan Agustus

Arah dan kecepatan arus Selat Bali pada bulan Agustus tahun 2015 yang diperoleh dengan menggunakan data dari hasil permodelan menggunakan Mike 21 yaitu pada bulan Juni, Juli, dan Agustus tahun 2015, data yang digunakan dengan melakukan selang waktu 1 jam dan mendapatkan hasil sebanyak 2182 data hasil permodelan. Kemudian untuk melihat pola arus dibuat peta kontur menggunakan *Surfer* seperti yang dilihat pada gambar 33 dibawah ini



Gambar 33. Arah dan Kecepatan Arus bulan Agustus 2015

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa pergerakan arus pada bulan Agustus tahun 2015 terjadi yaitu arus bergerak dari arah laut Jawa dengan kecepatan yang cukup besar lalu masuk ke Selat Bali dan bertemu dengan arus yang dibawa dari Samudera Hindia sehingga terjadi pembelokan arah arus. Pada Gambar diatas terlihat terdapat titik potensial pada bagian utara Selat Bali, maka dari itu dibuat lah grafik garis untuk mengetahui kecepatan arus pada titik stasiun yang diambil sebagai representasi dari titik-titik yang potensial sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis sebagai berikut

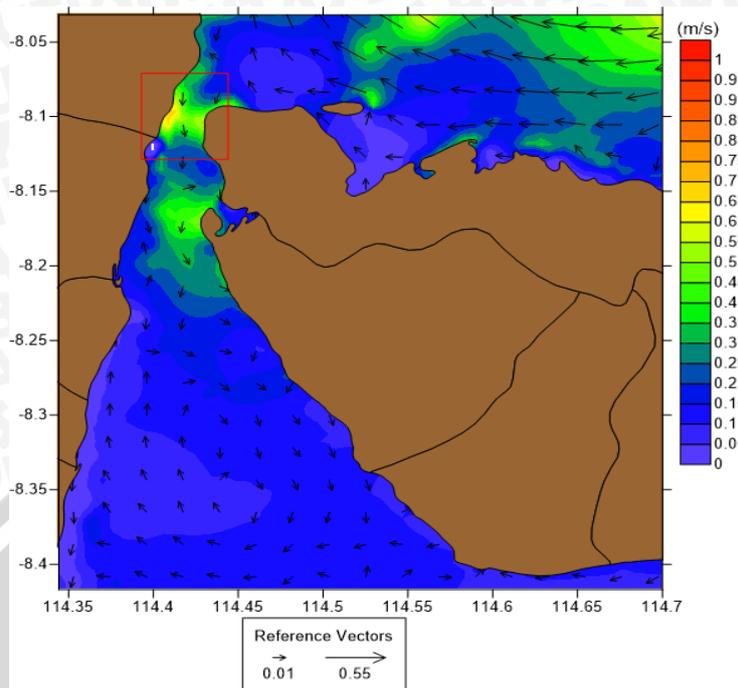


Gambar 34. Kecepatan Arus bulan Agustus 2015

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.5 m/s dengan kecepatan arus maksimal 1.12 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar.

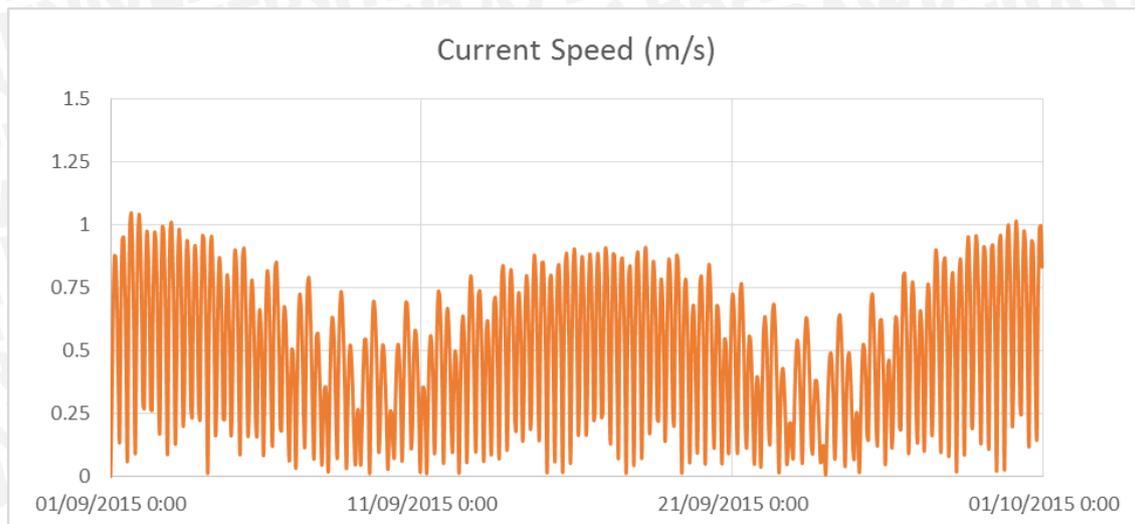
**d. Arah dan Kecepatan Arus Bulan September 2015**

Arah dan kecepatan arus Selat Bali pada bulan September tahun 2015 yang diperoleh dengan menggunakan data dari hasil permodelan menggunakan Mike 21 yaitu pada bulan Juni, Juli, dan Agustus tahun 2015, data yang digunakan dengan melakukan selang waktu 1 jam dan mendapatkan hasil sebanyak 2182 data hasil permodelan. Kemudian untuk melihat pola arus dibuat peta kontur menggunakan *Surfer* seperti yang dilihat pada gambar 35 dibawah ini



Gambar 35. Arah dan Kecepatan Arus bulan September 2015

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa pergerakan arus pada bulan September tahun 2015 terjadi yaitu arus bergerak dari arah laut Jawa dengan kecepatan yang cukup besar lalu masuk ke Selat Bali dan bertemu dengan arus yang dibawa dari Samudera Hindia sehingga terjadi pembelokan arah arus. Pada Gambar diatas terlihat terdapat titik potensial pada bagian utara Selat Bali, maka dari itu dibuat lah grafik garis untuk mengetahui kecepatan arus pada titik stasiun yang diambil sebagai representasi dari titik-titik yang potensial sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis sebagai berikut

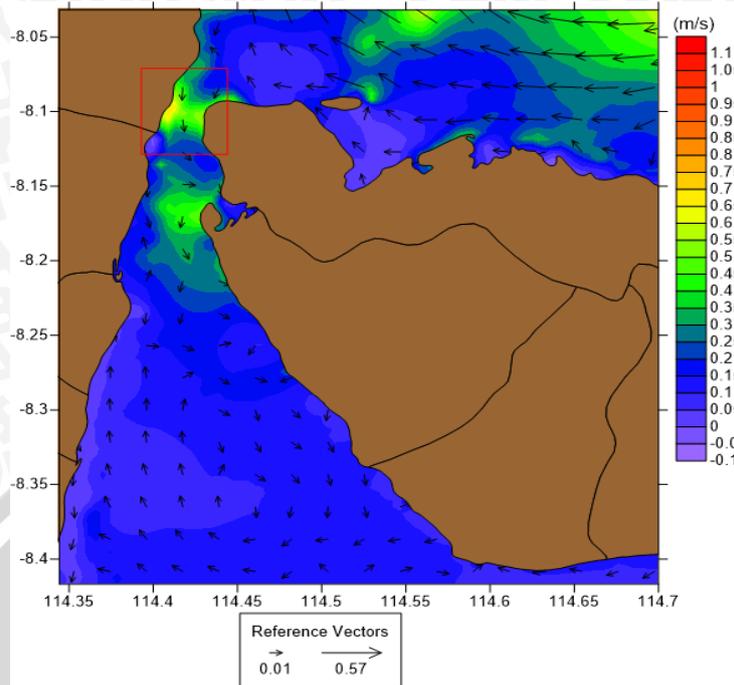


Gambar 36. Kecepatan Arus bulan September 2015

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.53 m/s dengan kecepatan arus maksimal 1.10 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar.

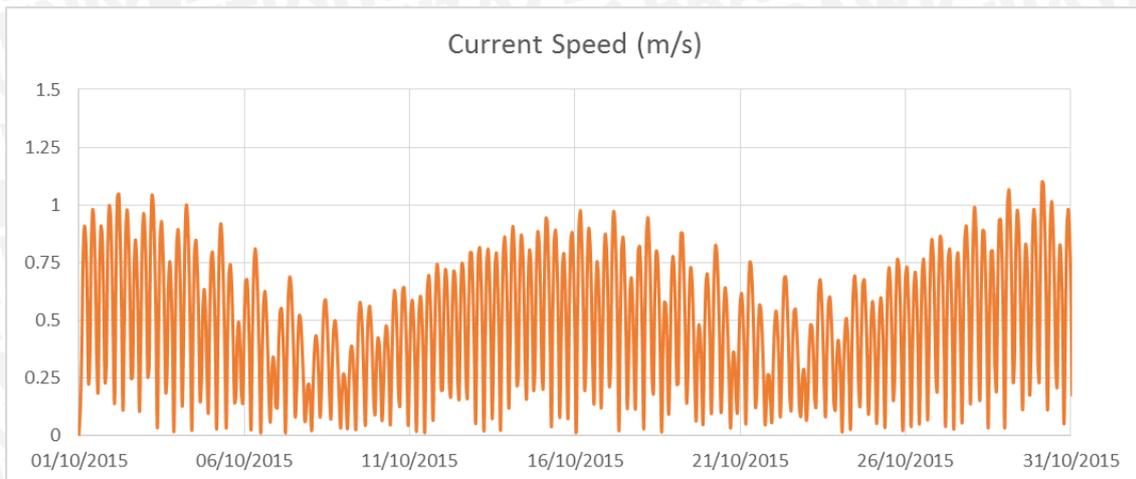
**e. Arah dan Kecepatan Arus bulan Oktober 2015**

Arah dan kecepatan arus Selat Bali pada bulan September tahun 2015 yang diperoleh dengan menggunakan data dari hasil permodelan menggunakan Mike 21 yaitu pada bulan Juni, Juli, dan Agustus tahun 2015, data yang digunakan dengan melakukan selang waktu 1 jam dan mendapatkan hasil sebanyak 2182 data hasil permodelan. Kemudian untuk melihat pola arus dibuat peta kontur menggunakan *Surfer* seperti yang dilihat pada gambar 37 dibawah ini.



Gambar 37. Arah dan Kecepatan Arus bulan Oktober 2015

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa pergerakan arus pada bulan Oktober tahun 2015 terjadi yaitu arus bergerak dari arah laut Jawa dengan kecepatan yang cukup besar lalu masuk ke Selat Bali dan bertemu dengan arus yang dibawa dari Samudera Hindia sehingga terjadi pembelokan arah arus. Pada Gambar diatas terlihat terdapat titik potensial pada bagian utara Selat Bali, maka dari itu dibuat lah grafik garis untuk mengetahui kecepatan arus pada titik stasiun yang diambil sebagai representasi dari titik-titik yang potensial sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis sebagai berikut

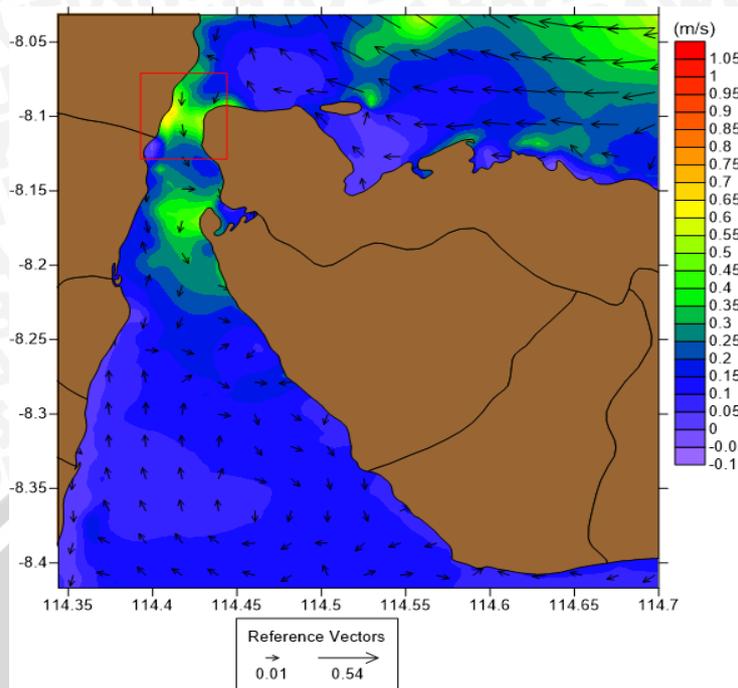


Gambar 38. Kecepatan Arus bulan Oktober 2015

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.5 m/s dengan kecepatan arus maksimal 1.13 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar.

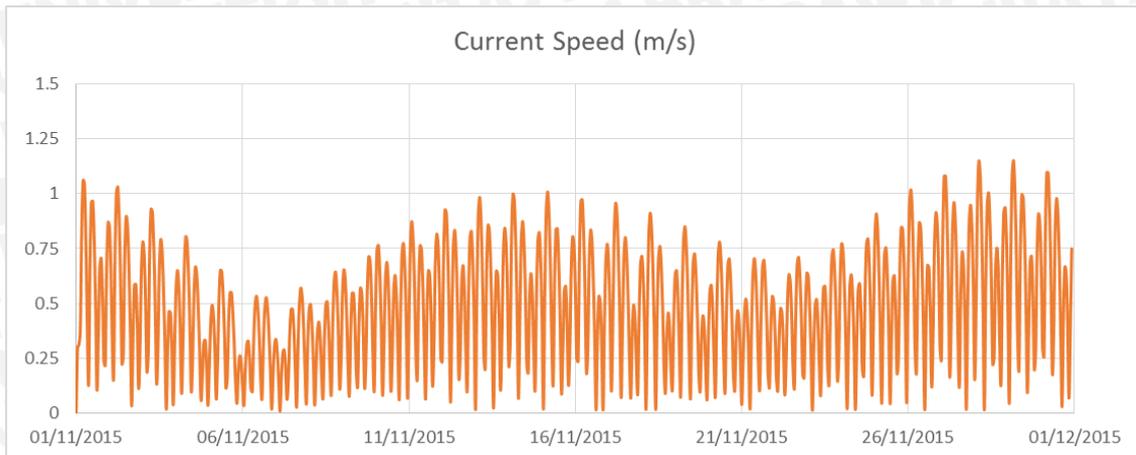
**f. Arah dan Kecepatan Arus bulan November 2015**

Arah dan kecepatan arus Selat Bali pada bulan November tahun 2015 yang diperoleh dengan menggunakan data dari hasil permodelan menggunakan Mike 21 yaitu pada bulan Juni, Juli, dan Agustus tahun 2015, data yang digunakan dengan melakukan selang waktu 1 jam dan mendapatkan hasil sebanyak 2182 data hasil permodelan. Kemudian untuk melihat pola arus dibuat peta kontur menggunakan *Surfer* seperti yang dilihat pada gambar 39 dibawah ini



Gambar 39. Arah dan Kecepatan Arus bulan November 2015

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa pergerakan arus pada bulan September tahun 2015 terjadi yaitu arus bergerak dari arah laut Jawa dengan kecepatan yang cukup besar lalu masuk ke Selat Bali dan bertemu dengan arus yang dibawa dari Samudera Hindia sehingga terjadi pembelokan arah arus. Pada Gambar diatas terlihat terdapat titik potensial pada bagian utara Selat Bali, maka dari itu dibuat lah grafik garis untuk mengetahui kecepatan arus pada titik stasiun yang diambil sebagai representasi dari titik-titik yang potensial sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis sebagai berikut

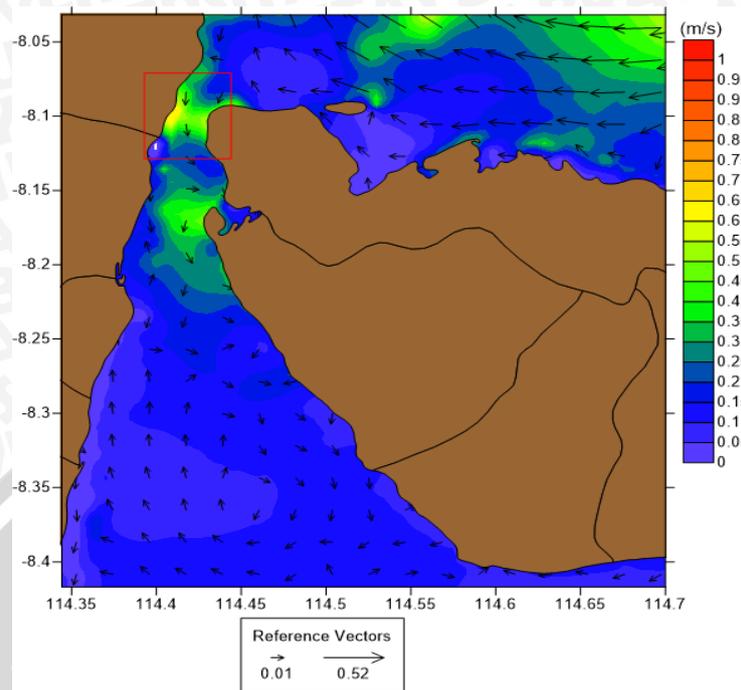


Gambar 40. Kecepatan Arus bulan November 2015

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.5 m/s dengan kecepatan arus maksimal 1.15 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar.

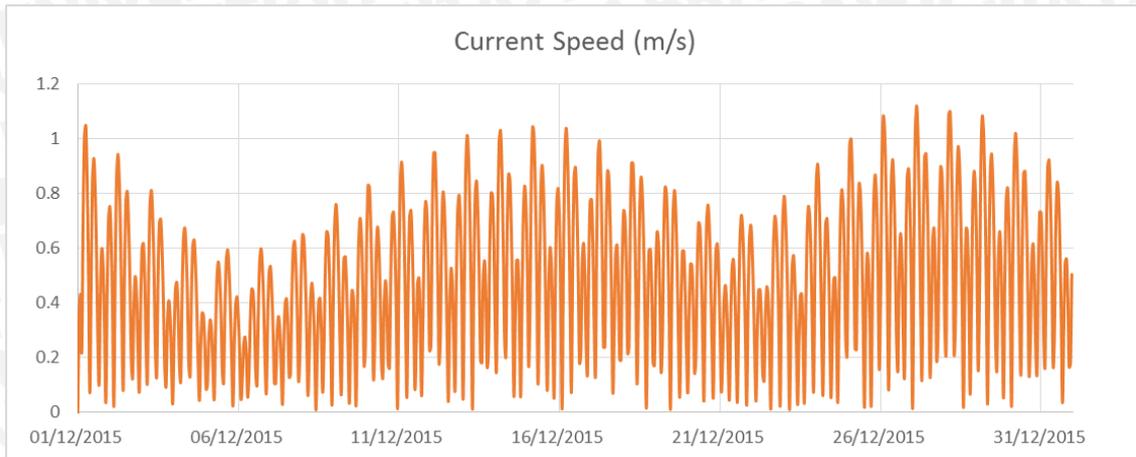
**g. Arah dan Kecepatan Arus bulan Desember 2015**

Arah dan kecepatan arus Selat Bali pada bulan Desember tahun 2015 yang diperoleh dengan menggunakan data dari hasil permodelan menggunakan Mike 21 yaitu pada bulan Juni, Juli, dan Agustus tahun 2015, data yang digunakan dengan melakukan selang waktu 1 jam dan mendapatkan hasil sebanyak 2182 data hasil permodelan. Kemudian untuk melihat pola arus dibuat peta kontur menggunakan *Surfer* seperti yang dilihat pada gambar 41 dibawah ini



Gambar 41. Arah dan Kecepatan Arus bulan Desember 2015

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa pergerakan arus pada bulan Desember tahun 2015 terjadi yaitu arus bergerak dari arah laut Jawa dengan kecepatan yang cukup besar lalu masuk ke Selat Bali dan bertemu dengan arus yang dibawa dari Samudera Hindia sehingga terjadi pembelokan arah arus. Pada Gambar diatas terlihat terdapat titik potensial pada bagian utara Selat Bali, maka dari itu dibuat lah grafik garis untuk mengetahui kecepatan arus pada titik stasiun yang diambil sebagai representasi dari titik-titik yang potensial sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis sebagai berikut

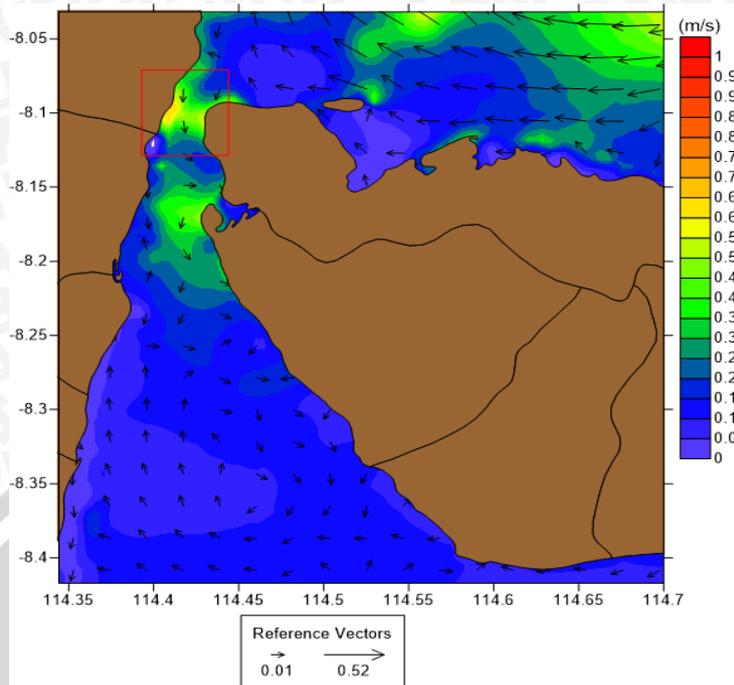


Gambar 42. Kecepatan Arus bulan Desember 2015

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.52 m/s dengan kecepatan arus maksimal 1.17 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar.

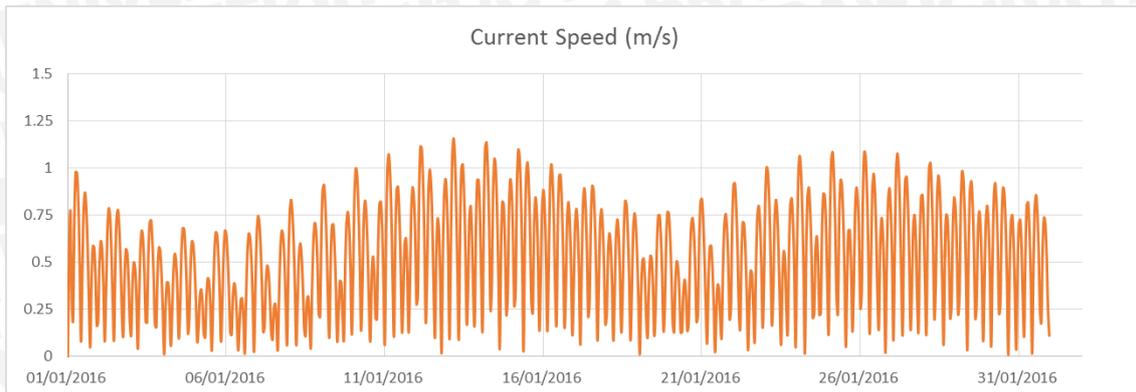
#### **h. Arah dan Kecepatan Arus bulan Januari 2016**

Arah dan kecepatan arus Selat Bali pada bulan Januari tahun 2016 yang diperoleh dengan menggunakan data dari hasil permodelan menggunakan Mike 21 yaitu pada bulan Juni, Juli, dan Agustus tahun 2015, data yang digunakan dengan melakukan selang waktu 1 jam dan mendapatkan hasil sebanyak 2182 data hasil permodelan. Kemudian untuk melihat pola arus dibuat peta kontur menggunakan *Surfer* seperti yang dilihat pada gambar 43 dibawah ini



Gambar 43. Arah dan Kecepatan Arus bulan Januari 2016

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa pergerakan arus pada bulan Januari tahun 2016 terjadi yaitu arus bergerak dari arah laut Jawa dengan kecepatan yang cukup besar lalu masuk ke Selat Bali dan bertemu dengan arus yang dibawa dari Samudera Hindia sehingga terjadi pembelokan arah arus. Pada Gambar diatas terlihat terdapat titik potensial pada bagian utara Selat Bali, maka dari itu dibuat lah grafik garis untuk mengetahui kecepatan arus pada titik stasiun yang diambil sebagai representasi dari titik-titik yang potensial sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis sebagai berikut

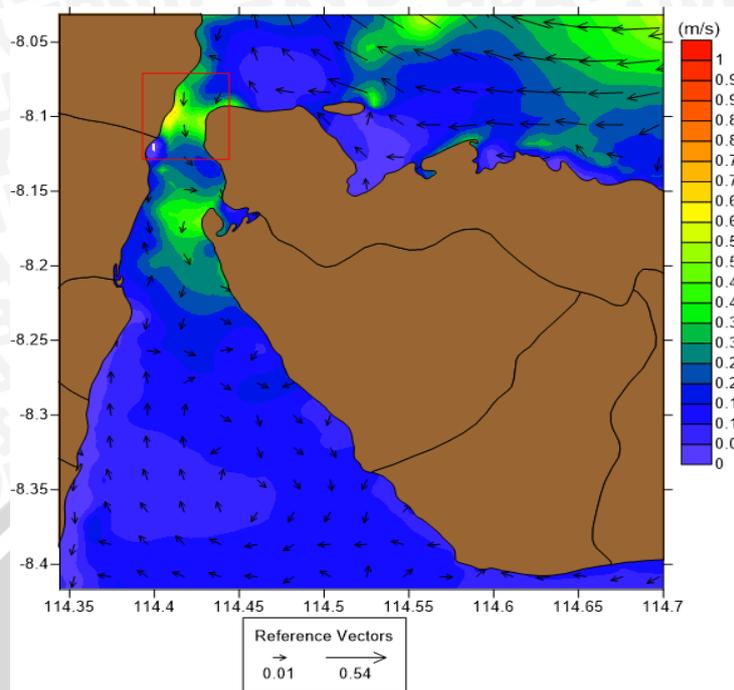


Gambar 44. Kecepatan Arus bulan Januari 2016

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.53 m/s dengan kecepatan arus maksimal 1.18 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar.

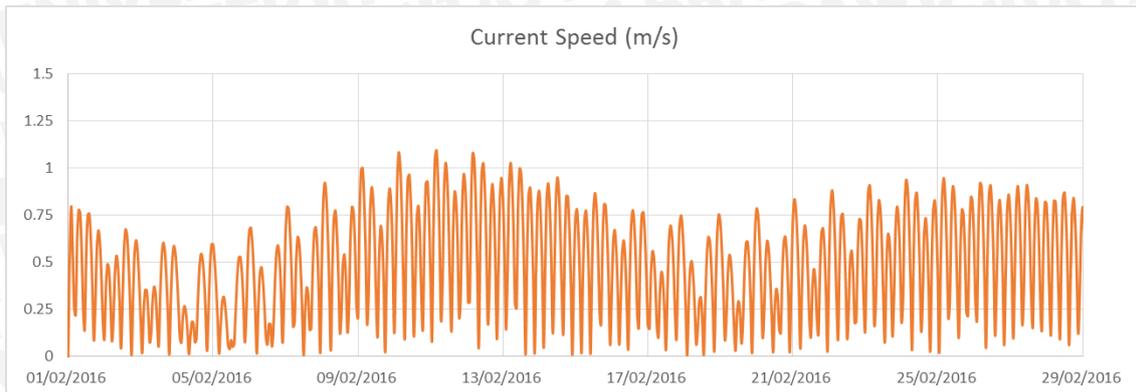
**i. Arah dan Kecepatan Arus bulan Februari 2016**

Arah dan kecepatan arus Selat Bali pada bulan Februari tahun 2016 yang diperoleh dengan menggunakan data dari hasil permodelan menggunakan Mike 21 yaitu pada bulan Juni, Juli, dan Agustus tahun 2015, data yang digunakan dengan melakukan selang waktu 1 jam dan mendapatkan hasil sebanyak 2182 data hasil permodelan. Kemudian untuk melihat sebaran nilai digunakan plot data menggunakan software *Surfer* seperti yang dilihat pada gambar 45 dibawah ini



Gambar 45. Arah dan Kecepatan Arus bulan Februari 2016

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa pergerakan arus pada bulan Februari tahun 2015 terjadi yaitu arus bergerak dari arah laut Jawa dengan kecepatan yang cukup besar lalu masuk ke Selat Bali dan bertemu dengan arus yang dibawa dari Samudera Hindia sehingga terjadi pembelokan arah arus. Pada Gambar diatas terlihat terdapat titik potensial pada bagian utara Selat Bali, maka dari itu dibuat lah grafik garis untuk mengetahui kecepatan arus pada titik stasiun yang diambil sebagai representasi dari titik-titik yang potensial sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis sebagai berikut

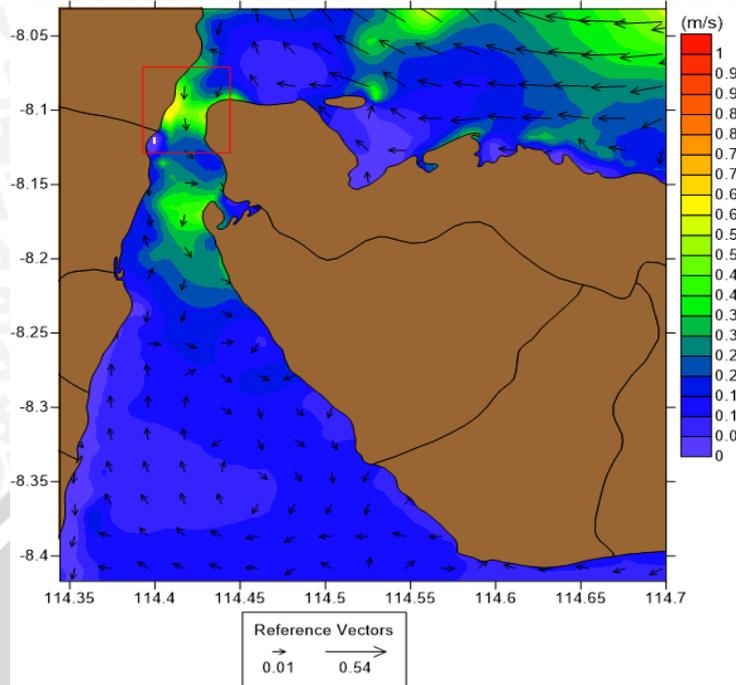


Gambar 46. Kecepatan Arus bulan Februari 2016

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.5 m/s dengan kecepatan arus maksimal 1.09 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar.

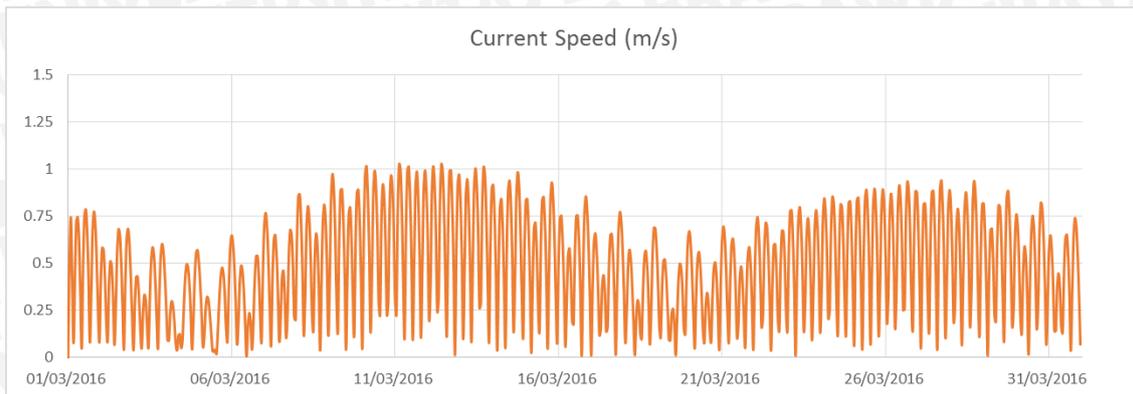
**j. Arah dan Kecepatan Arus bulan Maret 2016**

Arah dan kecepatan arus Selat Bali pada bulan Maret tahun 2016 yang diperoleh dengan menggunakan data dari hasil permodelan menggunakan Mike 21 yaitu pada bulan Juni, Juli, dan Agustus tahun 2015, data yang digunakan dengan melakukan selang waktu 1 jam dan mendapatkan hasil sebanyak 2182 data hasil permodelan. Kemudian untuk melihat sebaran nilai digunakan plot data menggunakan software *Surfer* seperti yang dilihat pada gambar 47 dibawah ini



Gambar 47. Arah dan Kecepatan Arus bulan Maret 2016

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa pergerakan arus pada bulan Maret tahun 2016 terjadi yaitu arus bergerak dari arah laut Jawa dengan kecepatan yang cukup besar lalu masuk ke Selat Bali dan bertemu dengan arus yang dibawa dari Samudera Hindia sehingga terjadi pembelokan arah arus. Pada Gambar diatas terlihat terdapat titik potensial pada bagian utara Selat Bali, maka dari itu dibuat lah grafik garis untuk mengetahui kecepatan arus pada titik stasiun yang diambil sebagai representasi dari titik-titik yang potensial sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis sebagai berikut

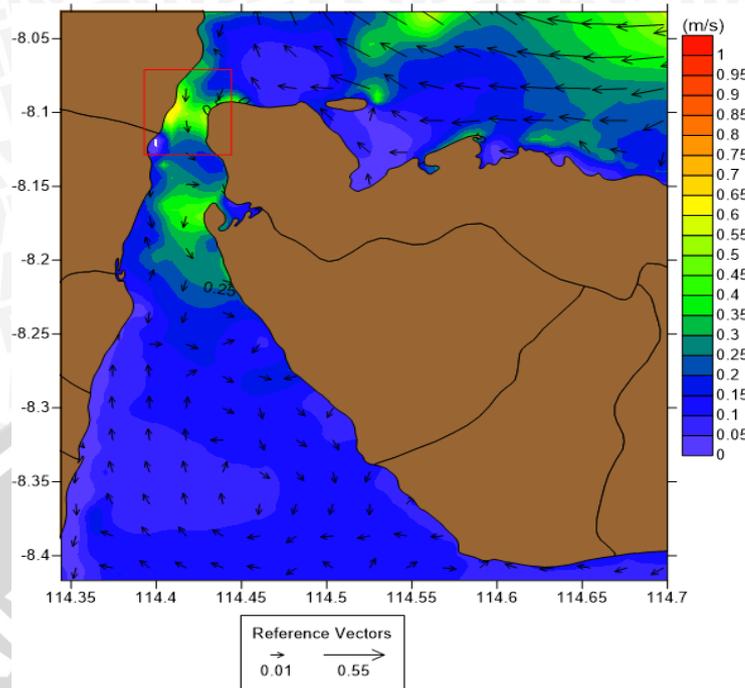


Gambar 48. Kecepatan Arus bulan Maret 2016

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.5 m/s dengan kecepatan arus maksimal 1.02 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar.

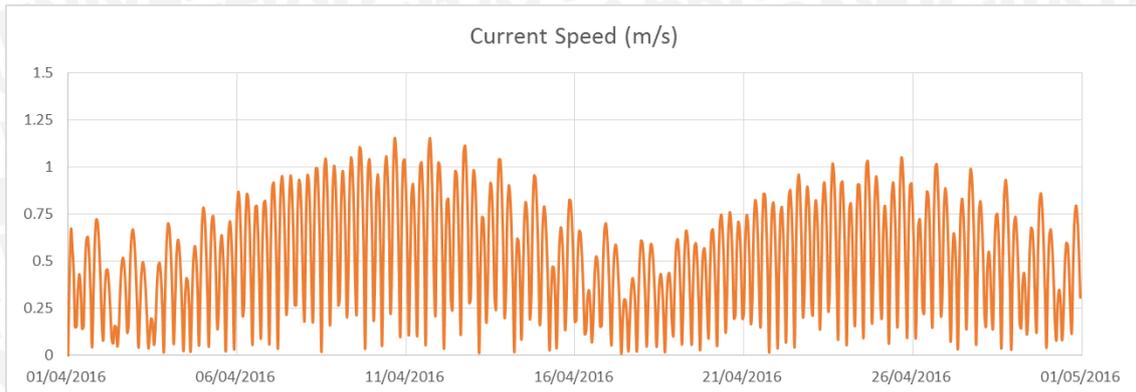
**k. Arah dan Kecepatan Arus bulan April 2016**

Arah dan kecepatan arus Selat Bali pada bulan April tahun 2016 yang diperoleh dengan menggunakan data dari hasil permodelan menggunakan Mike 21 yaitu pada bulan Juni, Juli, dan Agustus tahun 2015, data yang digunakan dengan melakukan selang waktu 1 jam dan mendapatkan hasil sebanyak 2182 data hasil permodelan. Kemudian untuk melihat sebaran nilai digunakan plot data menggunakan software *Surfer* seperti yang dilihat pada gambar 49 dibawah ini



Gambar 49. Arah dan Kecepatan Arus bulan April 2016

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa pergerakan arus pada bulan April tahun 2016 terjadi yaitu arus bergerak dari arah laut Jawa dengan kecepatan yang cukup besar lalu masuk ke Selat Bali dan bertemu dengan arus yang dibawa dari Samudera Hindia sehingga terjadi pembelokan arah arus. Pada Gambar diatas terlihat terdapat titik potensial pada bagian utara Selat Bali, maka dari itu dibuat lah grafik garis untuk mengetahui kecepatan arus pada titik stasiun yang diambil sebagai representasi dari titik-titik yang potensial sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis sebagai berikut

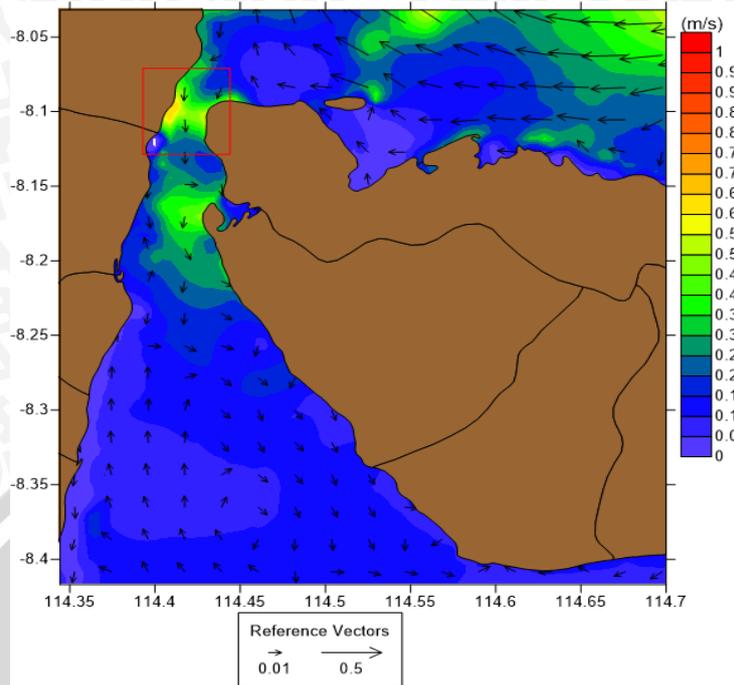


Gambar 50. Kecepatan Arus bulan April 2016

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.52 m/s dengan kecepatan arus maksimal 1.15 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar.

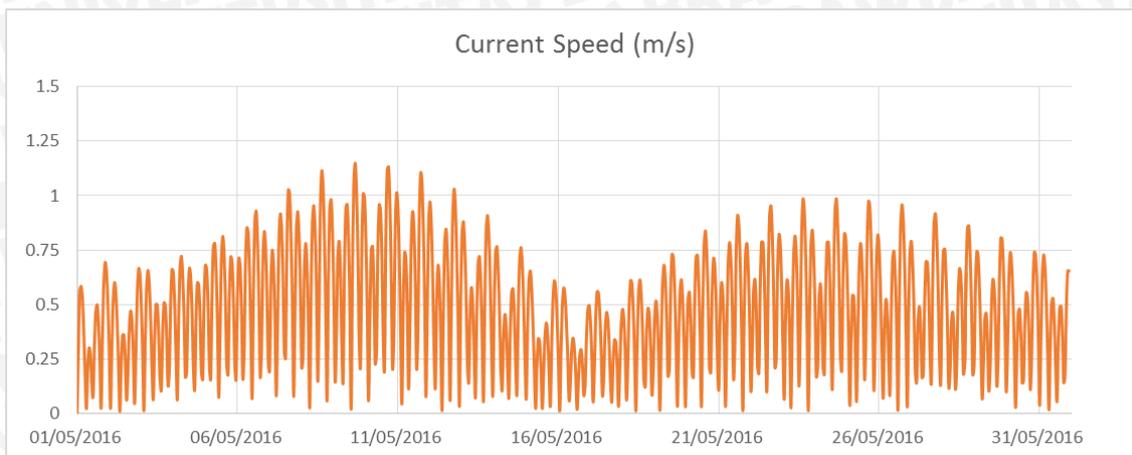
#### I. Arah dan Kecepatan Arus bulan Mei 2016

Arah dan kecepatan arus Selat Bali pada bulan Mei tahun 2016 yang diperoleh dengan menggunakan data dari hasil permodelan menggunakan Mike 21 yaitu pada bulan Juni, Juli, dan Agustus tahun 2015, data yang digunakan dengan melakukan selang waktu 1 jam dan mendapatkan hasil sebanyak 2182 data hasil permodelan. Kemudian untuk melihat sebaran nilai digunakan plot data menggunakan software *Surfer* seperti yang dilihat pada gambar 51 dibawah ini



Gambar 51. Arah dan Kecepatan Arus bulan Mei 2016

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa pergerakan arus pada bulan Mei tahun 2016 terjadi yaitu arus bergerak dari arah laut Jawa dengan kecepatan yang cukup besar lalu masuk ke Selat Bali dan bertemu dengan arus yang dibawa dari Samudera Hindia sehingga terjadi pembelokan arah arus. Pada Gambar diatas terlihat terdapat titik potensial pada bagian utara Selat Bali, maka dari itu dibuat lah grafik garis untuk mengetahui kecepatan arus pada titik stasiun yang diambil sebagai representasi dari titik-titik yang potensial sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut. Koordinat titik yang diambil sebagai representasi dari pola arus potensial di Selat Bali yaitu 114.42 derajat, -8.10 derajat. Data hasil ekstraksi dari permodelan pada titik tersebut disajikan dalam bentuk kurva garis sebagai berikut



Gambar 52. Kecepatan Arus bulan Mei 2016

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat pola distribusi arus yang terdapat di Selat Bali yaitu dengan rata-rata 0.48 m/s dengan kecepatan arus maksimal 1.15 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Titik potensial ini terdapat di Selat Bali bagian utara yang merupakan tempat pertemuan arus laut dari Laut Jawa dan Samudera Hindia, dengan jarak selat yang kecil dan kondisi ini juga mengakibatkan kecepatan arus besar.

#### 4.4. Konversi Daya

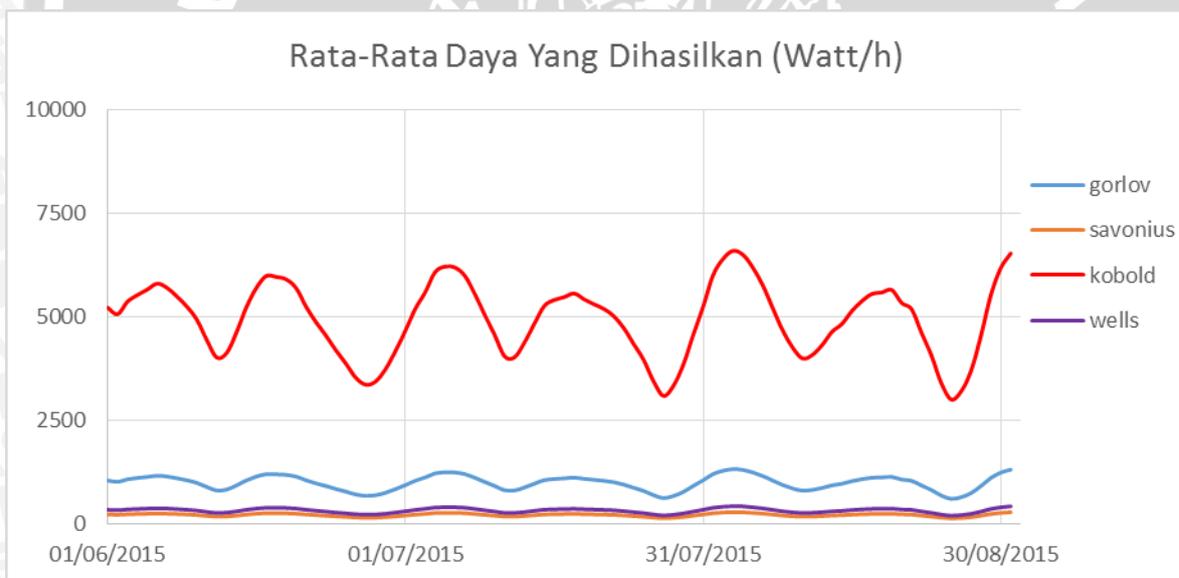
Nilai dari kecepatan arus dengan menggunakan software Mike 21 dengan modul hidrodinamik ini di interpretasi kan berdasarkan musim. Interpretasi data kecepatan arus ini kemudian di konversikan ke daya beberapa turbin yang sudah dikumpulkan melalui literatur yang tersedia.

##### 4. 4. 1. Konversi Daya Permusim

###### a. Musim Timur 2015

Nilai konversi energi pada musim timur tahun 2015 dapat dilihat output daya yang dihasilkan pada gambar dapat dilihat bahwa pada musim timur tahun 2015 hasil konversi daya pada arus Mike 21 dengan menggunakan turbin Gorlov diperoleh daya output maksimum sebesar 1,314 watt lalu daya output rata-rata 983 watt, lalu daya

output minimum 597 watt dan total daya output yang dikeluarkan selama musim timur yaitu 90,521 watt. Lalu dengan menggunakan turbin Savonius diperoleh daya output maksimum sebesar 275 watt lalu daya output rata-rata 206 watt, lalu daya output minimum 125 watt dan total daya output yang dikeluarkan selama musim timur yaitu 18,966 watt. Lalu dengan menggunakan turbin kobold diperoleh daya output maksimum sebesar 6,587 watt lalu daya output rata-rata 4,931 watt, lalu daya output minimum 2,996 watt dan total daya output yang dikeluarkan selama musim timur yaitu 453,740 watt. Lalu dengan menggunakan turbin wells diperoleh daya output maksimum sebesar 419 watt lalu daya output rata-rata 314 watt, lalu daya output minimum 190 watt dan total daya output yang dikeluarkan selama musim timur yaitu 28,903 watt.

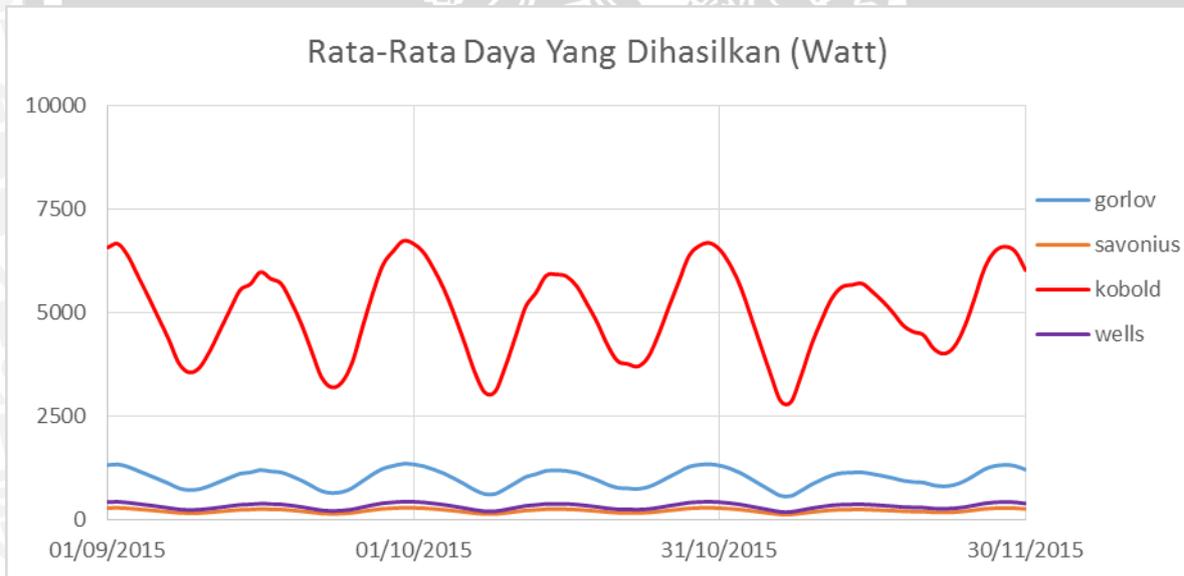


Gambar 53. Rata-rata daya yang dihasilkan pada Musim Timur 2015

**b. Musim Peralihan 2 2015**

Nilai konversi energi pada musim peralihan 2 tahun 2015 dapat dilihat output daya yang dihasilkan pada gambar dapat dilihat bahwa pada musim peralihan 2 tahun 2015 hasil konversi daya pada arus Mike 21 dengan menggunakan turbin Gorlov

diperoleh daya output maksimum sebesar 1,341 watt lalu daya output rata-rata 998 watt, lalu daya output minimum 565 watt dan total daya output yang dikeluarkan selama musim timur yaitu 90,848 watt. Lalu dengan menggunakan turbin Savonius diperoleh daya output maksimum sebesar 281 watt lalu daya output rata-rata 209 watt, lalu daya output minimum 118 watt dan total daya output yang dikeluarkan selama musim timur yaitu 19,034 watt. Lalu dengan menggunakan turbin kobold diperoleh daya output maksimum sebesar 6,726 watt lalu daya output rata-rata 5,004 watt, lalu daya output minimum 2,832 watt dan total daya output yang dikeluarkan selama musim timur yaitu 455,381 watt. Lalu dengan menggunakan turbin wells diperoleh daya output maksimum sebesar 634 watt lalu daya output rata-rata 288 watt, lalu daya output minimum 4 watt dan total daya output yang dikeluarkan selama musim timur yaitu 26,238 watt.



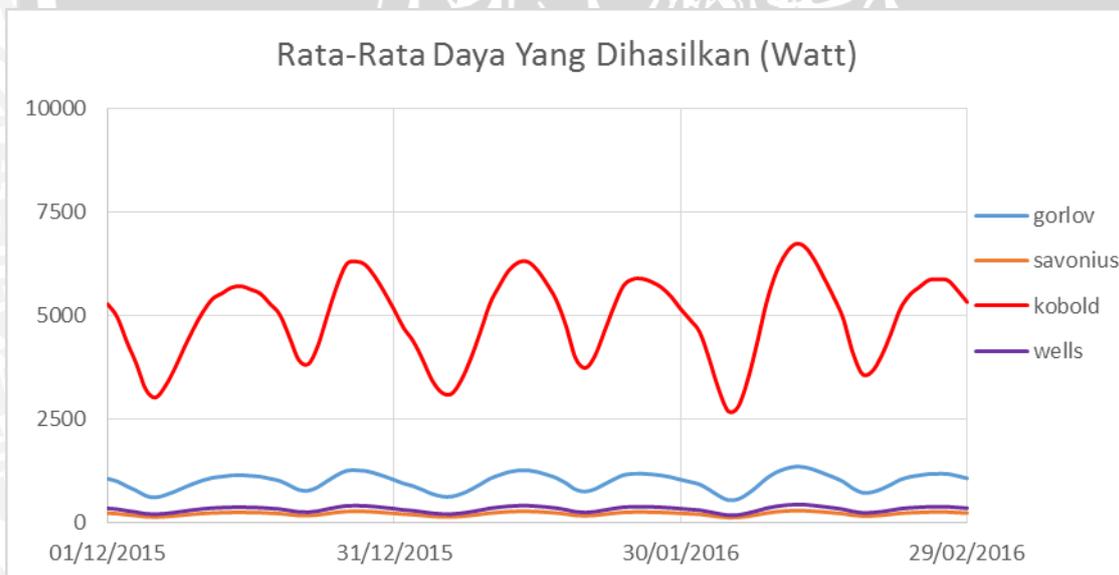
Gambar 54. Rata-rata daya yang dihasilkan pada musim peralihan 2 2015

**c. Musim Barat 2015-2016**

Nilai konversi energi pada musim barat tahun 2015-2016 dapat dilihat output daya yang dihasilkan pada gambar dapat dilihat bahwa pada musim barat tahun 2016



hasil konversi daya pada arus Mike 21 dengan menggunakan turbin Gorlov diperoleh daya output maksimum sebesar 1,340 watt lalu daya output rata-rata 979 watt, lalu daya output minimum 534 watt dan total daya output yang dikeluarkan selama musim timur yaitu 88,195 watt. Lalu dengan menggunakan turbin Savonius diperoleh daya output maksimum sebesar 280 watt lalu daya output rata-rata 205 watt, lalu daya output minimum 111 watt dan total daya output yang dikeluarkan selama musim timur yaitu 18,479 watt. Lalu dengan menggunakan turbin kobold diperoleh daya output maksimum sebesar 6,719 watt lalu daya output rata-rata 4,912 watt, lalu daya output minimum 2,679 watt dan total daya output yang dikeluarkan selama musim timur yaitu 44,2084 watt. Lalu dengan menggunakan turbin wells diperoleh daya output maksimum sebesar 428 watt lalu daya output rata-rata 312 watt, lalu daya output minimum 170 watt dan total daya output yang dikeluarkan selama musim timur yaitu 28,160 watt.

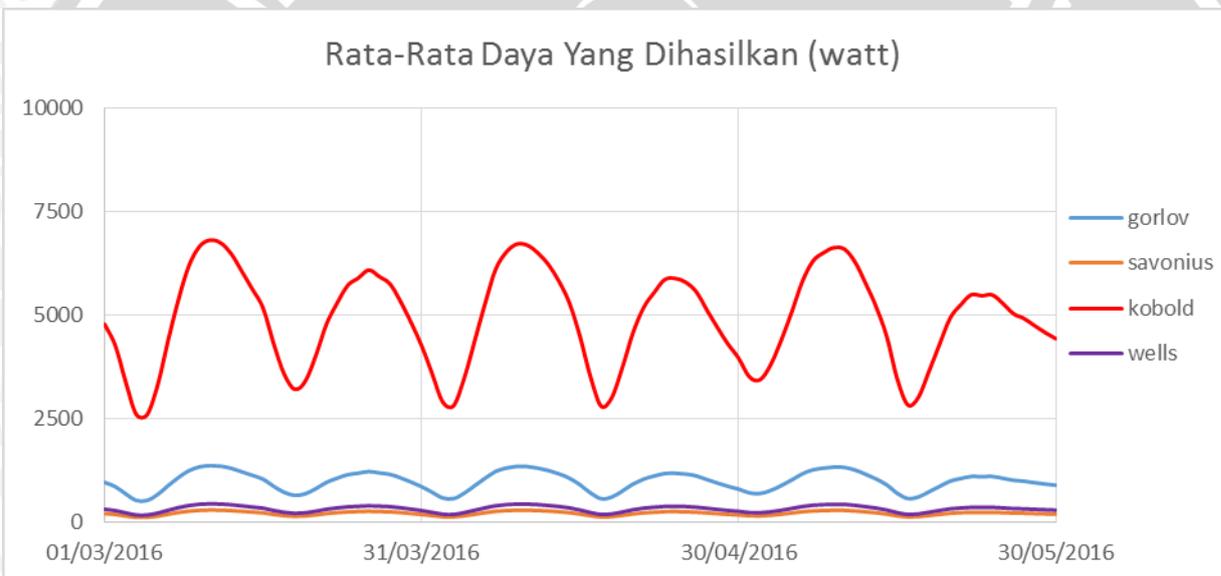


Gambar 55. Rata-rata daya yang dihasilkan pada musim barat 2015-2016

**d. Musim Peralihan 1 2016**

Nilai konversi energi pada musim peralihan 1 tahun 2016 dapat dilihat output daya yang dihasilkan pada gambar dapat dilihat bahwa pada musim peralihan 1 tahun

2016 hasil konversi daya pada arus Mike 21 dengan menggunakan turbin Gorlov diperoleh daya output maksimum sebesar 1,357 watt lalu daya output rata-rata 975 watt, lalu daya output minimum 514 watt dan total daya output yang dikeluarkan selama musim timur yaitu 88,762 watt. Lalu dengan menggunakan turbin Savonius diperoleh daya output maksimum sebesar 284 watt lalu daya output rata-rata 204 watt, lalu daya output minimum 107 watt dan total daya output yang dikeluarkan selama musim timur yaitu 18,597 watt. Lalu dengan menggunakan turbin kobold diperoleh daya output maksimum sebesar 6,804 watt lalu daya output rata-rata 4,889 watt, lalu daya output minimum 2,578 watt dan total daya output yang dikeluarkan selama musim timur yaitu 444,923 watt. Lalu dengan menggunakan turbin wells diperoleh daya



output maksimum sebesar 433 watt lalu daya output rata-rata 311 watt, lalu daya output minimum 164 watt dan total daya output yang dikeluarkan selama musim timur yaitu 28341 watt.

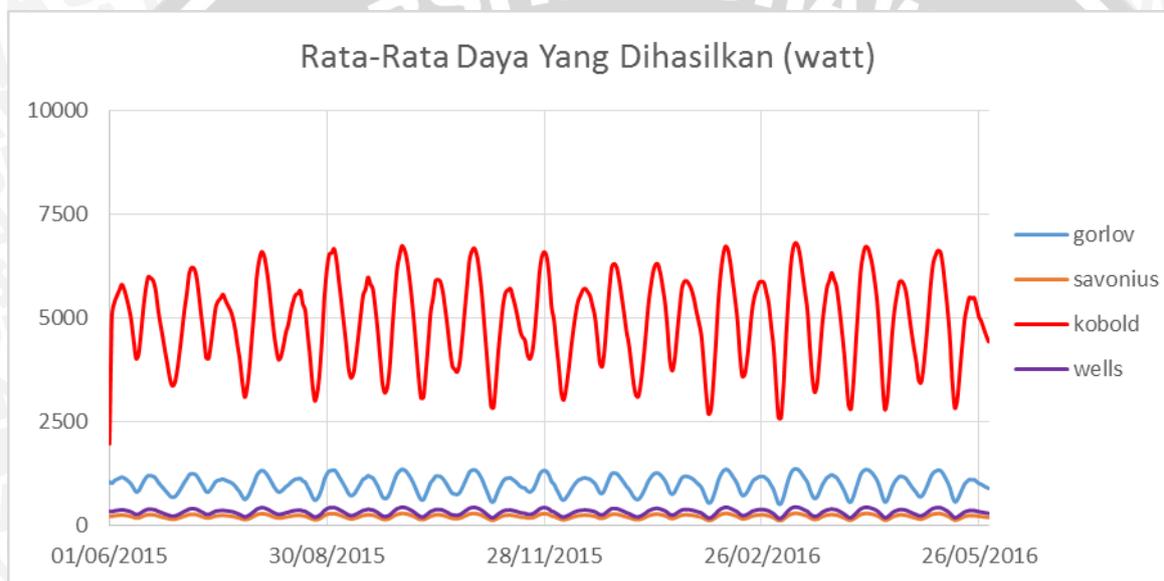
Gambar 56. Rata-rata daya yang dihasilkan pada musim peralihan 1 2016

#### 4. 4. 2. Konversi Daya Pertahun

Nilai konversi energi pada musim peralihan 1 tahun 2016 dapat dilihat pada Gambar 52 output daya yang dihasilkan pada gambar dapat dilihat bahwa pada tahun



2015 - 2016 hasil konversi daya pada arus Mike 21 dengan menggunakan turbin Gorlov diperoleh daya output yang dikeluarkan selama 1 tahun yaitu 359 kW. Lalu dengan menggunakan turbin Savonius diperoleh daya output yang dikeluarkan selama 1 tahun yaitu 75 kW. Lalu dengan menggunakan turbin kobold diperoleh daya output yang dikeluarkan selama 1 tahun yaitu 1,801 KWh. Lalu dengan menggunakan turbin wells diperoleh daya output yang dikeluarkan selama 1 tahun yaitu 114 kW. Untuk peta plot daya yang dihasilkan dari tiap turbinnya dapat dilihat pada Gambar 58, Gambar 59, Gambar 60, dan Gambar 61.



Gambar 57. Daya yang dihasilkan pertahun

#### 4.5. Aplikasi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut

Pembangkit listrik tenaga arus laut ini tentunya harus dirasakan manfaatnya oleh masyarakat sekitar secara umum dan semua stakeholder secara khusus. Pemanfaatan dari PLTAL ini tentunya juga belum bisa terlalu maksimal layaknya PLTU yang sudah dipakai di Indonesia dalam waktu yang lama. Pemanfaatan PLTAL ini untuk sementara hanya diramalkan apabila menggunakan satu turbin dari tiap jenis turbin tersebut, peramalan penggunaan pembangkit listrik ini digunakan sebagai sumber listrik yang digunakan untuk penerangan jalan dan sumber listrik rumah yang berada di sekitar titik turbin. Daya yang dihasilkan melalui konversi energi dengan

turbin kobold ini selanjutnya dikonversikan menjadi sumber listrik untuk penerangan jalan raya dengan menggunakan lampu dengan daya 20 watt dan digunakan untuk menerangi 50 KM jalan dari watudodol hingga banyuputih dengan jarak antara lampu jalan sekitar 200 meter dan dapat menghemat pengeluaran negara sebesar kurang lebih Rp 74,000,000 per-tahunnya. Selanjutnya apabila digunakan sebagai sumber listrik untuk rumah dengan daya listrik 450 watt per-rumahnya maka untuk satu turbin kobold dapat memberikan energi listrik untuk 11 rumah.

#### 4.6. Kendala dan Hambatan Selama Penelitian

Selama penelitian kendala dan hambatan yang ditemui yaitu terkait proses membuat domain model yang lama dikarenakan model yang eror untuk daerah selat bali. Cuaca yang tidak baik membuat kondisi pengambilan data di lapang menjadi sulit. Data lapang yang diambil hanya pada satu musim dan pada satu waktu yaitu pada saat surut menjelang pasang.



## 5. Penutup

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan terkait potensi arus laut selat bali sebagai pembangkit listrik tenaga arus laut antara lain

1. Karakteristik arus yang dihasilkan melalui permodelan oseanografi menggunakan software Mike 21 Hidrodinamic Module menunjukkan nilai rata-rata 0.5 m/s dengan kecepatan arus maksimal 1.18 m/s serta kecepatan arus minimum 0.01 m/s. Pola arah arus yang dibentuk juga dominan menuju ke arah selatan dan barat daya. Pola arus yang dibentuk di selat bali sangat dipengaruhi oleh arus yang dibawa dari samudera hindia yang berputar searah jarum jam pada saat berada di selat bali, pola pasang surut yang terdapat di selat bali juga sangat dipengaruhi oleh samudera hindia tipe pasang surutnya yaitu pasang surut campuran semi-diurnal dengan dua kali pasang dan dua kali surut. Arus pasang surut dari samudera hindia yang masuk ke daerah selat bali membentuk pola sirkulasi arus yang disebabkan viskositas eddy.
2. Nilai konversi output daya yang dihasilkan dari beberapa turbin menunjukkan terdapat korelasi antara output daya dan kecepatan arus, kesimpulan ini diambil dengan melihat output dari masing masing turbin yang digunakan serta kecepatan arus hasil permodelan oseanografi mike 21. Daya yang dihasilkan masing-masing turbinnya selama waktu penelitian yaitu bulan Juni 2015-Mei 2016 adalah untuk turbin gorlov sebesar 359 kW, untuk turbin savonius 75 kW, untuk turbin kobold 1,801 kW, dan untuk turbin wells 114 kW.
3. Dari 4 turbin yang menjadi rujukan untuk konversi daya terdapat 2 turbin yang memiliki output paling besar yaitu turbin gorlov dan turbin kobold. Penggunaan dua turbin ini sudah dilakukan di Indonesia, untuk turbin gorlov sendiri sudah

digunakan sebagai acuan pembuatan turbin selat Madura dan selat Larantuka. Efisiensi yang paling baik pada 2 turbin ini menjadikan 2 turbin ini direkomendasikan untuk dibuat penggunaannya di Selat Bali, keduanya bisa berputar ke segala arah yang dimana ini juga menjadi nilai positif untuk 2 turbin ini. Wilayah yang paling potensial sebagai pembangkit listrik tenaga arus laut di selat Bali ini terletak dibagian utara, dimana kondisi wilayah adalah merupakan perairan sempit yang mana merupakan titik pertemuan antara arus dari Laut Jawa dan arus dari Samudera Hindia. Kondisi batimetri di wilayah ini juga mendukung untuk pembangkit listrik. Dalam pelaksanaannya data hasil pengambilan lapang menunjukkan bahwa lebih besar dari data hasil permodelan dengan *DHI Mike 21* dari sini bisa diambil kesimpulan bahwa kondisi lapang lebih potensial dari hasil permodelan.

#### 5. 2. **Saran**

Saran dalam penelitian berikutnya yang akan digunakan untuk mengetahui potensi sumberdaya alam yang ada sebagai energi terbarukan adalah untuk mengkaji terkait potensi arus harus memiliki daerah kajian yang besar dan dengan pengkajian terhadap dimensi dan efisiensi dari turbin yang dipakai. Penelitian harus lah yang bisa dihitung manfaatnya secara nyata dan dapat berguna sebagai alternatif energi terbarukan yang ada di Indonesia.

## Daftar Pustaka

- A.G. Gross, The rhetoric of science, (Harvard University Press, Cambridge Massachusetts, 1990)
- Aarchiba. 2007. Darrieus Wind Turbine.
- Azis, M.F. 2006. Gerak Air Dilaut. Oseana Vol. XXXI No. 4: 9-21.LIPI
- Basantani, M. 2008. World's largest tidal power project coming to Korea.
- Birowo, S; Soegiarto, A., 1975. Atlas Oseanografi Perairan Indonesia dan Sekitarnya. Nomor 1. LON-LIPI. Jakarta
- Cahyana, Chevy. 2010. Model Sebaran Panas Air Kanal Pendingin Instalasi Pembangkit Listrik ke Badan Air Laut. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif. BATAN.
- Chapman & Hall Gross, M. G. 1990. Oceanography, Sixth edition. New York
- DHI. 2015. The Manual of DHI Mike 21. DHI.
- Gebco. 2014. The Gebco 2014 Grid. BODC
- Gordon, A. L., R. D. Susanto and K. Vranes, 2003: Cool Indonesian Throughflow As a Consequence Of Restricted Surface Layer Flow. *Nature*, 425(6960): 824-828.
- Gordon, Howard R. 1997. Atmospheric Correction Of Ocean Color Imagery in The Earth Observing System Area. Department of Physics University Of Miami. Florida. USA
- Kaprawi, S., Dyos Santoso., Riman Sipahutar. 2015. Performance of Combined Water Turbine Darrieus –Savonius with Two Stage Savonius Bucket and Single Deflector. *International Journal of Renewable Energy Research* Vol. 5(1)
- Kracht, P., J. Giehardt., M. A. Lutz., M. Vecchio., A. Moroso., J. Bard. 2012. Implementation of a Vertical Axis Marine Current Turbine for Off-Grid Village Electrification in Indonesia
- Lubis, Abubakar. 2007. Energi Terbarukan dalam Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol.8 No. 2: 155-162. Jakarta

Lubis, Subaktian., Ai Yuningsih., Evie Sudjono., Beben Rachmat. 2010. Prospek Energi Arus Laut di Perairan Indonesia. Bandung: Puslitbang Geologi Kelautan, Badan Litbang Energi dan Sumber Daya Mineral.

Mahaganti, Ingriany S., Ir. Hans Tumalian MT., Ir. A. F. Newan Mt., Ir. Marthinus Pakiding MT. 2014. Pra-desain Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut Menggunakan Generator Asinkron. Jurusan Teknik Elektro-FT UNSRAT. Manado.

Niblick, Adam L., 2012. Experimental and Analytical Study of Helical Cross Flow Turbines For a Tidal Micropower Generation System. University of Washington.

Nining S.N.; Safwan Hadi; M. Yusuf. 2002. Upwelling in the Southern Coast of Java and its Relation to Seasonal Ocean Circulation by Using a Three-Dimensional Ocean Model. Proceedings of the Pan Ocean Remote Sensing Conference (PORSEC), Bali, Indonesia.

Nontji. 1986. Laut Nusantara. Jakarta: Penerbit Djembatan

Poerbandono., Eka Djunarsjah. 2005. Survei Hidrografi. Bandung

Sahala Hutabarat dan Stewart M. Evans. 1986. Pengantar Oseanografi. Jakarta: UI-Press

Saputra, Julian., Purwanto., Aris Ismanto. 2015. Studi Pola Arus dan Potensi Energi Arus Laut di Perairan Ujong Pancu, Arah Besar. Jurnal Oseanografi Vol. 4 No.2: 492-498

Savonius Wind Turbines. 2014. REUK

Setyo, Yuli Indartono. 2005. Krisis Energi di Indonesia: Mengapa dan Harus Bagaimana. Inovasi Vol. 5/XVII/November 2005.

Tae, Valens., Nurhayati Nurh., Jahirwan Jasron., Verdy Koehuan. 2015. Perencanaan Turbin Wells Sistem Osilasi Kolom Air Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut dengan Kapasitas 10 KW.

Utomo, Leonardus Loan Rah, Muflikhudin. 2010. EVALUASI DAN PERENCANAAN BANGUNAN PENGAMAN PANTAI MARON KOTA SEMARANG (The Evaluation and Design of Maron Shore Protection Structure, Semarang). FT UNDIP.

Wyrcki, Klaus. 1961. Physical Oceanography of The Southeast Asian Waters. Naga Report Vol. 2. University Of California. USA

Wyrcki, Klaus. 1987. Indonesian Through Flow and the Associated Pressure Gradient. Jurnal of Geophysical Research Vol. 92: 12.941-12.946.

Yuningsih, Ai. 2011. Potensi Arus Laut Untuk Pembangkit Energi Baru Terbarukan di Selat Pantar, Nusa Tenggara Timur



LAMPIRAN



Gambar Echosounder Garmin



Gambar GPS Garmin 550





Gambar Current Meter



Gambar Pengambilan data arus lapang



Gambar Posisi Transducer



Gambar Proses penentuan rute penelitian