

# Analisis Pasang Surut Di Pantai Bulu Desa Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa Dengan Metode Admiralty

Novian Sangkop

J. D. Mamoto, M. I. Jasin

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: [noviansangkop@rocketmail.com](mailto:noviansangkop@rocketmail.com)

## ABSTRAK

*Pengelolaan wilayah pantai sangatlah penting dalam mempertahankan bentuknya dimana wilayah pantai berperan khusus dalam bidang rekreasi, pelabuhan, navigasi, dan lain sebagainya. Pantai Bulu yang merupakan salah satu wilayah pantai yang berpotensi sebagai daerah wisata, teramat secara langsung di lapangan telah mengalami perubahan fisik (kerusakan) pada daerah pesisir pantai. Kerusakan ini diakibatkan oleh proses dinamika pantai yang berdampak buruk terhadap bentuk pantai tersebut. Pasang Surut atau proses naik turunnya permukaan laut (sea level) secara berkala yang disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik benda-benda angkasa merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi wilayah pantai yang dimana dalam pengembangan dan pengamanan wilayah pantai haruslah dianalisis sebelum dilakukan kegiatan di wilayah pantai tersebut. Setiap wilayah pantai pada kenyataannya memiliki kondisi pasang surut yang berbeda-beda. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan komponen, tipe pasang surut, serta elevasi muka air laut yang terjadi Pantai Bulu Desa Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa dengan Metode Admiralty dimana data pasang surut yang digunakan ialah data pengukuran yang dilakukan selama 15 hari. Dari hasil Analisis yang dilakukan diperoleh bahwa perairan Pantai Bulu memiliki pasang surut tipe Campuran Condong ke Harian Ganda (mixed tide prevailing semidiurnal) dengan elevasi muka air laut tinggi tertinggi (HHWL) terjadi sebesar 145 cm (+70.4 cm dari MSL) dan elevasi muka air laut rendah terendah terjadi sebesar 3 cm (-71.6 cm dari MSL)*

*Kata kunci: pantai Bulu, pasang surut, metode Admiralty*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Provinsi Sulawesi Utara adalah salah satu provinsi yang memiliki beberapa kawasan pantai yang dimanfaatkan manusia untuk kegiatan kehidupannya. Di kawasan pantai terjadi peristiwa-peristiwa alam, pasang surut air laut salah satunya, pasang surut yang merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi, dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil. Matahari memiliki massa 27 juta kali lebih besar dibandingkan dengan bulan, tetapi jaraknya sangat jauh dari bumi (rata-rata 149,6 juta km) sedangkan bulan sebagai satelit bumi berjarak (rata-rata 381.160km). dalam mekanika alam semesta jarak sangat menentukan dibandingkan dengan massa, oleh sebab itu bulan mempunyai peran besar dibandingkan matahari dalam menentukan pasang surut, dimana daya tarik bulan  $\pm 2,25$  kali lebih besar dibandingkan matahari. Di dunia teknik sipil khususnya dalam hal merekayasa suatu bangunan yang berada di tepi laut atau daerah pesisir pantai maka haruslah diperhatikan besarnya pasang surut serta jenis pasang surut yang terjadi sebagai

data pendukung dalam perencanaannya. Perencanaan pembangunan di tepi pantai sangatlah mendukung kemajuan suatu daerah dalam meningkatkan potensi yang ada serta dalam rangka melindungi daerah pantai dari terpaan gelombang yang ada terjadi, salah satunya Pantai Bulu yang berada di Desa Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa dimana daerah ini diapit oleh batas-batas wilayah sebagai berikut :

- Sebelah Selatan : Desa Kolongan
- Sebelah Utara : Desa Kalawiran
- Sebelah Barat : Pegunungan
- Sebelah Timur : Laut Maluku

Dalam perencanaan serta pengembangan pembangunan yang nantinya bila dilaksanakan di daerah ini perlu diperhatikan salah satu faktor yang mempengaruhi yaitu fenomena pasang surut. Oleh karena itu penulis bermaksud untuk menganalisis dan menentukan besar serta jenis pasang surut yang terjadi di Pantai Bulu dengan Metod Admiralty. Dimana metode ini ialah satu dari beberapa metode analisis pasang surut yang banyak digunakan dalam perencanaan bangunan pantai maupun dalam hal lain, dikarenakan kelebihan yang dimiliki metode ini ialah dapat menganalisis data pendek pasang surut selama 15 hari dan memberikan konstanta-konstanta pasang surut untuk selanjutnya digunakan dalam penentuan

tipe pasang surut serta elevasi muka air laut yang terjadi.

### **Perumusan Masalah**

Fenomena pasang surut yang terjadi merupakan salah satu faktor penting yang perlu dianalisa dan diketahui besar serta jenisnya agar nantinya dapat digunakan dalam perencanaan maupun pengembangan pembangunan di daerah pantai Bulu.

### **Pembatasan Masalah**

Dalam penulisan skripsi ini, masalah dibatasi pada hal-hal berikut :

1. Analisa yang dilakukan yaitu analisa besaran serta jenis pasang surut yang terjadi di pantai Bulu desa Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa
2. Pengolahan data pasang surut dilakukan dengan metode *Admiralty*
3. Penentuan elevasi muka air laut terhadap fenomena pasang surut

### **Tujuan Penelitian**

1. Mendapatkan besaran serta jenis Pasang Surut yang terjadi di Pantai Bulu dengan metode *Admiralty*
2. Menentukan elevasi muka air laut di Pantai Bulu

### **Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain :

1. Memperoleh pengetahuan mengenai teknik pantai khususnya dalam mempelajari fenomena Pasang Surut
2. Sebagai referensi mengenai Pasang Surut dan Elevasi Muka Air Laut bagi pemerintah dan para perencana maupun pihak terkait lainnya dalam rangka perencanaan maupun pengembangan daerah Pantai Bulu

## **LANDASAN TEORI**

### **Gambaran Umum Pantai**

Isitilah pantai sering rancu dalam pemakaiannya yaitu antara *coast* (pesisir) dan *shore* (pantai). Defenisi *coast* (pesisir) adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Sedangkan *shore* (pantai) adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh pasang tertinggi dan surut terendah. Daerah daratan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan daratan dimulai dari batas garis pasang tertinggi. Daerah lautan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan laut dimulai dari sisi laut pada garis surut terendah, termasuk dasar laut dan bagian bumi dibawahnya. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut dimana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah-pindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi. Sempadan pantai

adalah kawasan tertentu sepanjang pantai yang mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan kelestarian fungsi pantai. Kriteria sempadan pantai adalah daratan sepanjang tepian yang lebarnya sesuai dengan bentuk dan kondisi fisik pantai, minimal 100m dari titik pasang surut ke arah daratan.

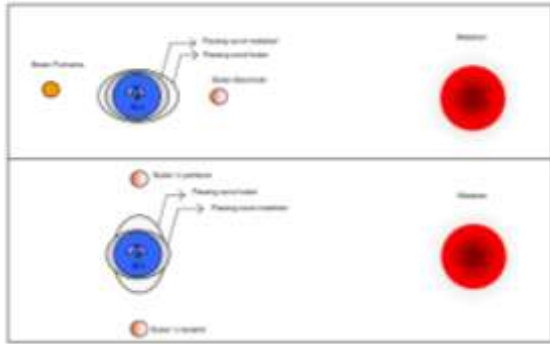
### **Pasang Surut**

Pasang surut atau yang sering disebut pasut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik menarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap masa air laut di bumi. Meskipun masa bulan jauh lebih kecil dari masa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap masa air laut di bumi lebih besar daripada gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut ada 2,2 kali lebih besar dari pada gaya tarik matahari.

Pengetahuan tentang pasang surut adalah sangat penting dalam perencanaan bangunan pantai. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan pantai. Sebagai contoh, elevasi puncak bangunan pemecah gelombang, elevasi puncak dermaga, dsb ditentukan oleh elevasi muka air pasang, sementara kedalaman alur pelayaran/pelabuhan ditentukan oleh muka air surut.

### **Pasang Surut Purnama dan Perbani**

Seperti yang telah dijelaskan di depan, dengan adanya gaya tarik bulan dan matahari maka lapisan air yang semula berbentuk bola berubah menjadi ellips. Karena peredaran bumi dan bulan pada orbitnya, maka posisi bulan-matahari selalu berubah setiap saat. Revolusi bulan terhadap bumi ditempuh dalam waktu 29.5 hari (jumlah hari dalam satu bulan menurut kalender tahun kamariah, yaitu tahun yang didasarkan pada peredaran bulan). Pada setiap sekitar tanggal 1 dan 15 (bulan muda dan bulan purnama) posisi bumi-bulan-matahari kira-kira berada pada satu garis lurus dalam keadaan ini terjadi pasang surut purnama (pasang besar, *spring tide*). Sedang pada setiap sekitar tanggal 7 dan 21 (seperempat bulan dan tiga perempat revolusi bulan terhadap bumi dimana bulan dan matahari membentuk sudut siku-siku terhadap bumi dalam keadaan ini terjadi pasang surut perbani (pasang kecil, *neap tide*). Berikut penjelasan posisi bulan dan matahari terhadap bumi dalam mempengaruhi pasang surut.



Gambar 1. Posisi bumi-bulan-matahari (Sumber : eprints.undip.ac.id)

Beberapa posisi yang penting untuk diketahui :

1. Matahari-bulan-bumi terletak pada satu sumbu yang berupa garis lurus. Pada posisi ini bumi menghadapi sisi bulan yang tidak kena sinar matahari (sisi gelap), jadi bulan tidak dapat dilihat dari bumi. Karenanya keadaan tersebut disebut bulan mati. Posisi seperti ini akan mengakibatkan adanya gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi yang saling menguatkan.
2. Matahari-bumi-bulan terletak pada satu sumbu garis lurus. Pada posisi kedua ini, bulan sedang purnama, karena bulan dapat dilihat penuh dari bumi, dan memberikan akibat pada pembangkitan pasang yang sama dengan posisi pertama. Akibat posisi tersebut terjadi pasang. Pasang seperti ini dikenal sebagai pasang purnama.
3. Bulan terletak menyiku (membentuk sudut 90°) dari sumbu bersama matahari-bumi. Pada posisi semacam ini, maka gaya tarik bulan akan diperkecil oleh gaya tarik matahari terhadap massa air di bumi. Hasilnya terjadi pasang yang kecil yang disebut pasang perbani.

### Tipe Pasang Surut

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe dengan menggunakan angka pasang surut "F" (*tide form number "Formzahl"*). Empat tipe pasang surut yaitu pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), pasang surut harian ganda (*semidiurnal tide*) dan dua jenis campuran. Berikut penjelasan mengenai empat tipe pasang surut tersebut :

- Pasang Surut Harian Ganda (*semi diurnal tide*) :  $0 < F \leq 0.25$   
Yaitu pasang surut yang memiliki sifat dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan juga dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi berurutan secara teratur.

- Pasang Surut Harian Tunggal (*diurnal tide*):  $F > 3$   
Yaitu tipe pasang surut yang apabila dalam satu hari hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut.
- Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*) :  $0.25 < F < 1.5$   
Yaitu pasang surut yang dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.
- Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) :  $1.5 < F \leq 3$   
Yaitu dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

Dimana angka pasang surut "F" (*tide form number "Formzahl"*) didapat dengan persamaan berikut :

$$F = \frac{AK1+A01}{AM2+AS2} \dots \dots \dots 3.1$$

Keterangan : F (*Formzahl*) = Angka Pasang Surut (*tide form number*)

- A(K1) =Amplitudo dari konstanta pasut K1
- A(O1) =Amplitudo dari konstanta pasut O1
- A(M2) =Amplitudo dari konstanta pasut M2
- A(S2) =Amplitudo dari konstanta pasut S2

### Metode Admiralty

Metode Admiralty merupakan metode empiris berdasarkan tabel-tabel pasang surut yang dikembangkan pada awal abad ke 20. Metode ini terbatas untuk menguraikan data pasang surut selama 15 atau 29 hari dengan interval pencatatan 1 jam. Metode ini menghitung amplitudo dan keteringgalan *phasa* dari sembilan komponen pasut serta muka laut rata-rata (MSL). Tinggi muka air laut rata-rata (MSL) biasanya ditetapkan dari suatu *bench mark* tertentu yang dijadikan acuan leveling di daerah survey. Proses perhitungan analisa harmonik Metode Admiralty dilakukan pengembangan perhitungan sistem formula dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Office Excel, yang menghasilkan harga beberapa parameter yang ditabelkan sehingga perhitungan pada metode ini akan menjadi efisien dan memiliki keakuratan yang tinggi serta *fleksibel* untuk waktu kapanpun.

Adapun tahap-tahap perhitungan adalah :

1. Penyusunan Skema 1  
Data pengamatan yang diukur disusun menurut skema 1. Dari skema tersebut ditentukanlah waktu pertengahan pengamatan dan standar waktu yang ditentukan dihitung terhadap GMT. Tentukanlah bacaan tertinggi dan bacaan terendah. Untuk bacaan tertinggi menunjukkan kedudukan air

- tertinggi dan bacaan terendah menunjukkan kedudukan air terendah. Dapat dilihat pada tabel IV.1.
2. Penyusunan Skema 2
 

Untuk setiap hari pengamatan, ditentukan bacaan positif (+) dan negatif (-) untuk X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4 yang disusun dalam skema 2 (lihat tabel 4). Besaran positif (+) dan negatif (-) dari suatu konstanta pada saat tertentu diperoleh dengan mengalikan besaran untuk konstanta tersebut pada tabel IV.2 dengan pengamatan pada saat atau tanggal tersebut (tabel IV.1). Dapat dilihat pada tabel IV.3.

Sebagai kontrol hitungan, jumlahkan nilai positif (+) dan negatif (-) dari tiap-tiap pengamatan (dengan melihat besarnya saja) untuk X1, Y1, X2, Y2, dan Y4 (kecuali X4), sehingga jumlahnya sama dengan jumlah kesamping dari tabel IV.1. Apabila sudah terkontrol, kemudian disusun ke tabel IV.4.
  3. Penyusunan Skema 3
 

Kolom pada skema ini berisi penjumlahan secara aljabar dari perhitungan skema 2 (tabel IV.4). Jumlah dari penjumlahan bilangan yang negatif (-) ditambahkan dengan suatu jumlah B, sehingga hasilnya positif (+). Besarnya B tersebut merupakan suatu kelipatan dari 100 atau kalau dijumlahkan masih negatif (-), dalam analisis ini ditambahkan dengan B=1000. Jumlah besaran B yang akan ditambahkan itu diletakkan diatas kolom (lihat tabel IV.5) dan bilangan hasil penjumlahannya dengan B untuk, X1, Y1, X2, Y2, X4, dan Y4 disusun seperti dalam tabel IV.5.
  4. Penyusunan Skema 4
 

Untuk pengamatan 15 piantan, besaran-besaran yang telah ditambahkan dengan B akan dapat ditentukan, dan selanjutnya adalah menghitung besaran-besaran dari X10, X12, X1b dan seterusnya. Nilai indeks kedua dapat dicari dengan menggunakan tabel IV.6. Nilai dari besaran tersebut diperoleh dengan mengalikan besaran yang telah ditambah B dengan besaran-besaran yang diberikan pada kolom 0, 2, b dan seterusnya pada tabel IV.6. Dalam perhitungannya perlu diperhatikan mengenai lamanya pengamatan.

    - (a) Menentukan besaran X00
 

X00 ditentukan dari jumlah X0 selama 15 hari. Tanda yang diberi indeks 0, semua menyatakan bilangan 1.
    - (b) Penentuan besaran X10 dan Y10 (lihat tabel 6)
 

Untuk pengamatan ini semua pengali sama dengan 1, maka X10 dan Y10 semuanya positif (+), sedangkan dibelakang tanda negatif (-) diberikan bilangan penambah (B) yang dikalikan dengan jumlah hari sesuai dengan periode hari pengamatan yang dianalisa. Jadi bilangan 15000 dalam perhitungan adalah hasil kali bilangan 1000 kali 15 hari, hingga harga X10, Y10, X20, dan Y20 yang sebenarnya haruslah dikurangi dengan 15 kali bilangan penambahnya.
  - (c) Penentuan besaran X12 dan Y12
 

Untuk pengamatan ini, indeks kedua sama dengan 2, besaran X12 dan Y12 diperoleh dengan penjumlahan dengan bilangan penambah B.
  - (d) Penentuan Besaran X1b dan Y1b
 

Untuk pengamatan ini dengan indeks kedua b, ditentukan harga B (bilangan penambah) = 0, jadi hanya diisi 2 baris saja. Kalikan semua konstanta (tabel IV.6) dengan harga-harga pengamatan.
  - (e) Penentuan Besaran X13 dan Y13
 

Untuk pengamatan ini dengan indeks kedua sama dengan 3, ditentukan kolom ketiga = 5B, jadi diisi 3 baris. Kalikan semua konstanta (tabel 6) dengan harga-harga pengamatan. Demikianlah seterusnya untuk menentukan besaran-besaran yang lain. Untuk menentukan  $\bar{X}$  dan  $\bar{Y}$  diperoleh dengan menjumlahkan nilai dari X dan Y sesuai dengan Indeks-indeks yang ada.
5. Penyusunan Skema 5
 

Untuk pengamatan skema 5 ini, ada hal-hal yang harus diperhatikan yaitu :

    - (a) Untuk menentukan besaran dari X didapat dari mengurangi nilai dari  $\bar{X}$  pada indeks awal dengan  $\bar{Y}$  pada indeks berikutnya.
    - (b) Untuk menentukan besaran dari Y didapat dari mengurangi nilai dari  $\bar{Y}$  pada indeks awal dengan  $\bar{X}$  pada indeks berikutnya.
  6. Penyusunan skema 6
 

Pengamatan skema 6 ini, hanya mengalikan besaran-besaran yang diperoleh dari skema 5 dengan konstanta pengali pada tabel IV.9.
  7. Penyusunan Skema 7
    - (a) Menghitung besarnya PR cos r dan PR sin r
 

Besaran PR cos r dan PR sin r untuk setiap konstanta ditentukan dengan menjumlahkan besaran-besaran yang diperoleh pada setiap kolom pada skema 6.
    - (b) Menghitung besaran PR
 

Besarnya PR untuk setiap konstanta, dihitung melalui persamaan berikut

$$(PR)^2 = (PR \cos r)^2 + (PR \sin r)^2$$

$$PR = \sqrt{((PR \cos r)^2 + (PR \sin r)^2)}$$

Baris r diisi sebagai hasil perhitungan :

$$r = \tan^{-1} \left( \frac{PR \sin r}{PR \cos r} \right)$$

Untuk setiap komponen. Karena r dari persamaan diatas senantiasa berada diantara harga 0 sampai 90, maka harga r ditentukan berdasarkan kwadran sudut r sebagai berikut :

PR cos r	PR sin R	r
a +	+	0 < r < 90
b -	+	90 < r < 180
e -	-	180 < r < 270
l +	-	270 < r < 360

II.1. Tabel penentuan harga r berdasarkan kwadran sudut

Kemudian baris P diisi dengan harga-harga pada tabel IV.9, sesuai dengan panjang periode pengamatan yang diperiksa yaitu 15 hari pengamatan. Harga-harga ini besarnya tetap tidak bergantung pada waktu maupun letak stasiun pengamatan. Pada tabel IV.9 juga memuat harga p, yang diisikan dalam baris p pada skema 7 ini.

- (c) Menentukan besaran f  
Berdasarkan waktu menengah pengamatan, diperoleh harga f dengan cara menginterpolasi nilai dari tabel pada lampiran 6.  
Besaran-besaran f yang diperoleh dimasukkan pada baris ke 5 tabel IV.12. Dengan catatan :
- f(M2), f(K1), f(O1) dan f(K2) didapat pada lampiran
  - f(S2) = 1 (tetap)
  - f(P1) = 1 (tetap)
  - f(N2) = f(M2)
  - f(M4) = (f(M2))<sup>2</sup>
  - f(MS4) = f(M2)
- (d) Menentukan harga V'  
Dengan melihat lampiran 7 dan berdasarkan pada tahun waktu menengah pengamatan. Besaran yang diperoleh dimasukkan pada baris 6 tabel IV.12.
- (e) Menentukan harga V''  
Dengan melihat lampiran 8 dan berdasarkan pada bulan dari waktu menengah pengamatan. Besaran yang diperoleh dimasukkan pada baris ke 7 tabel IV.12.
- (f) Menentukan harga V'''  
Dengan melihat lampiran 9 dan berdasarkan pada tanggal dari waktu menengah pengamatan. Besaran yang diperoleh dimasukkan pada baris ke 8 tabel IV.12.
- (g) Penentuan harga V untuk komponen-komponen dilakukan melalui perhitungan sebagai berikut :
- V(M2) = V' (M2) + V''(M2) + V'''(M2)
  - V(S0) = 0
  - V(N2) = V' (N2) + V''(N2) + V'''(N2)
  - V(K1) = V' (K1) + V''(K1) + V'''(K1)
  - V(O1) = V' (O1) + V''(O1) + V'''(O1)

$$- V(M4) = 2 * V(M2)$$

$$- V(MS4) = V(M2)$$

Besaran yang diperoleh dimasukkan pada baris ke 9 tabel IV.12.

- h. Menentukan harga u  
Harga u ditentukan dengan menggunakan lampiran 10 berdasarkan interpolasi waktu menengah.  
Besaran yang diperoleh dimasukkan pada baris ke 10 tabel IV.12
- i. Menentukan harga (1+W) dan w untuk setiap konstanta melalui perhitungan sebagai berikut :
- Tentukan besarnya (V(K1) + u(K1)) = X  
Dengan argumentasi X tentukan harga  $\frac{w}{f}$  dan  $\frac{w}{f}$  melalui lampiran 11 untuk S2 dan MS4.
  - Tentukan besarnya (2V(K1) + u(K1)) = X  
Dengan argumentasi X (dikurangi 360° kalau lebih), tentukan harga wf dan Wf melalui lampiran 11 untuk K1.
  - Tentukan besarnya (3V(M2) - 2V(N2)) = X  
Dengan argumentasi X tentukan harga w dan 1+W melalui lampiran 11 untuk N2.
- j. Menentukan harga g  
Besaran g untuk konstanta ditentukan melalui persamaan :  
 $g = V + u + w + p + r$   
Besaran tersebut diisikan pada baris ke 14.
- k. Menentukan kelipatan dari 360°  
Kelipatan dari 360° ini dimaksudkan untuk mencari harga kelipatan dari 360° terhadap harga g. Besaran tersebut diisikan pada baris ke 15.
- l. Menentukan Amplitudo (A)  
$$A = \frac{PR}{(P * f * (1 + W))}$$
  
Besaran tersebut dimasukkan pada baris ke 16
- m. Penentuan besaran g°  
Penentuan besarnya g°, ditentukan melalui perhitungan sebagai berikut :  
 $g^\circ = g - (n * 360^\circ)$   
n = bilangan bulat  
Besaran tersebut dimasukkan pada baris terakhir.
8. Penyusunan Skema 8  
Skema 8 ini merupakan hasil akhir yang diperoleh yaitu nilai dari A (amplitudo) dan g° (beda fasa), sesuai yang ada pada skema 7. Dari hasil yang diperoleh pada skema 8 ini diperoleh juga nilai-nilai dari tipe pasang surut, duduk tengah (MSL), muka surutan dan air tinggi rata-rata.

### Elevasi Muka Air Rencana

Elevasi Muka Air Rencana diperlukan untuk pengembangan dan pengelolaan daerah pantai. Mengingat elevasi muka air laut selalu berubah setiap

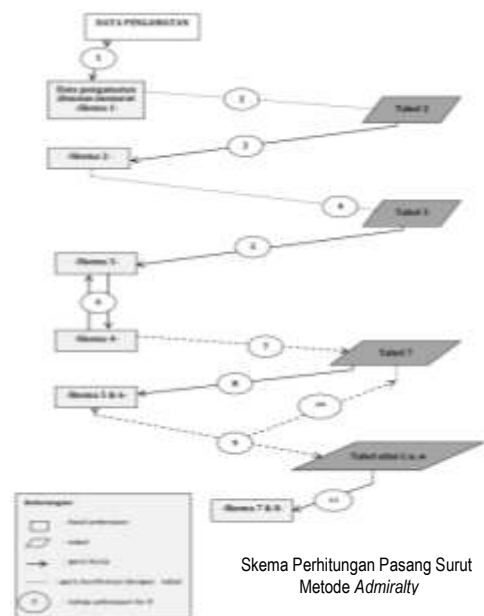
saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut, beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut :

- Muka air tinggi (*high water level, HWL*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- Muka air rendah (*low water level, LWL*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
- Muka air tinggi rerata (*mean high water level, MHWL*), adalah rerata dari muka air tinggi.
- Muka air rendah rerata (*mean low water level, MLWL*), adalah rerata dari muka air rendah.
- Muka air laut rerata (*mean sea level, MSL*), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata.
- Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level, HHWL*), adalah air tinggi tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
- Muka air rendah terendah (*lowest low water level, LLWL*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
- Higher high water level (HHWL)*, adalah air tertinggi dari dua air tinggi dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran.
- Lower low water level (LLWL)*, adalah air terendah dari dua air rendah dalam satu hari.

Elevasi yang cukup penting yaitu muka air tinggi tertinggi dan muka air rendah terendah. Muka air tinggi tertinggi sangat diperlukan untuk perencanaan bangunan pantai, sedangkan muka air rendah terendah sangat diperlukan untuk perencanaan pembangunan pelabuhan.

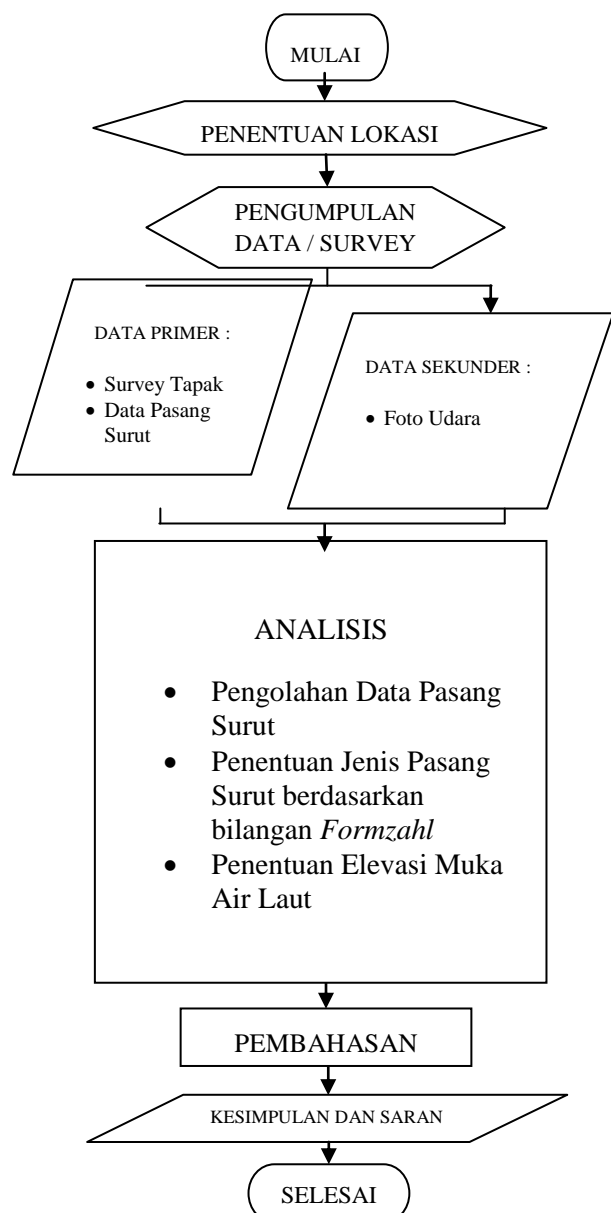
Elevasi muka air rencana ditentukan menggunakan komponen-komponen pasut dari perhitungan analisa pasang surut metode *Admiralty* diatas. Berikut penentuan elevasi muka air rencana :

- $MSL = A(S_0)$
- $HHWL = \text{Muka air tertinggi}$
- $LLWL = \text{Muka air terendah}$
- $MHWL = MSL + (Range/2)$
- $MLWL = MSL - (Range/2)$
- $Range = 2*(A(M_2)+A(S_2))$



## METODOLOGI PENELITIAN

### Tahapan Pelaksanaan Studi





Tabel IV.5. Penyusunan Hasil Perhitungan Harga X dan Y Indeks ke Satu dari Skema 3

Waktu			X0	X1	Y1	X2	Y2	X4	Y4
Tgl	Bln	Thn	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	3	2015	1668.00	148.00	662.00	648.00	1142.00	1086.00	1002.00
18	3	2015	2052.00	518.00	202.00	732.00	708.00	952.00	68.00
19	3	2015	1910.00	670.00	200.00	740.00	700.00	960.00	70.00
20	3	2015	1770.00	960.00	262.00	960.00	608.00	943.00	122.00
21	3	2015	1862.00	828.00	368.00	1120.00	762.00	998.00	64.00
22	3	2015	1683.00	961.00	737.00	1425.00	847.00	958.00	-19.00
23	3	2015	1861.00	919.00	383.00	1195.00	1337.00	1029.00	75.00
24	3	2015	1651.00	1103.00	737.00	1183.00	1017.00	975.00	117.00
25	3	2015	1545.00	955.00	905.00	1115.00	1255.00	1000.00	85.00
26	3	2015	1616.00	680.00	1112.00	980.00	1124.00	979.00	140.00
27	3	2015	1530.00	596.00	1246.00	996.00	1116.00	991.00	58.00
28	3	2015	1546.00	386.00	1128.00	876.00	1032.00	967.00	98.00
29	3	2015	1884.00	106.00	778.00	814.00	1112.00	961.00	162.00
30	3	2015	2145.00	211.00	509.00	701.00	875.00	996.00	91.00
31	3	2015	2141.00	467.00	227.00	741.00	845.00	985.00	77.00
Jumlah			26864.00	9508.00	9456.00	14226.00	14480.00	14780.00	2210.00

Cara perhitungan untuk setiap kolom pada tabel 5 yaitu :

$X0$  (kolom 4) =  $\Sigma X1$  (kolom 4 + kolom 5) pada tabel 4 =  $408 + 1260 = 1668$

$X1$  (kolom 5) = (kolom 4 – kolom 5) pada tabel 4 =  $408 - 1260 = -852$

Nilai-nilai dari kolom 5-10 pada tabel 5 ini tidak boleh bernilai negatif (-). Apabila masih bernilai negatif, ditambahkan nilai B dengan angka kelipatan 1000, untuk memperoleh hasil yang positif. Seperti penjelasan pada Bab III tentang Penyusunan Skema 3.

Maka nilai  $X1 = -852 + B = -852 + 1000 = 148$

Dengan cara yang sama pula untuk menentukan nilai dari tiap kolom pada tabel 5.

Tabel IV.6. Konstanta Pengali Untuk Menghitung Harga X00, X10, dan Y10

Indeks Kedua		0	2	b	3	c	4	d
Pengali untuk B (15 piantan)		-15	1	0	5	0	1	0
Waktu Menengah	konstanta Untuk 15 Piantan	1	-1	1	-1	-1	1	0
		1	-1	1	-1	-1	1	-1
		1	-1	1	-1	-1	-1	-1
		1	-1	1	-1	1	-1	-1
		1	1	1	-1	1	-1	1
		1	1	1	1	1	-1	1
		1	1	1	1	1	1	1
		1	1	0	1	0	1	0
		1	1	-1	1	-1	1	-1
		1	1	-1	1	-1	-1	-1
		1	1	-1	-1	-1	-1	-1
		1	-1	-1	-1	-1	-1	1
		1	-1	-1	-1	1	-1	1
		1	-1	-1	-1	1	1	1
		1	-1	0	-1	1	1	0

Cara perhitungan untuk setiap kolom pada tabel 7 dan tabel 8 di bawah ini adalah. Untuk tabel 8, diperoleh dari hasil yang didapat dari tabel 7. Kolom 8 dari tabel 7 diperoleh dari perkalian kolom 5 dan kolom 7. Sedangkan untuk kolom 9 diperoleh dari perkalian kolom 6 dan kolom 7. Kolom 7 diperoleh sama seperti pada tabel 4 diatas, sedangkan untuk kolom 5 dan 6 adalah konstanta pengali (tabel 6). Untuk tabel 8, pada contoh ini (X00) atau indeks ke dua=0, semuanya bernilai positif (+) karena memiliki konstanta pengali yang positif (+). Hasil yang diperoleh untuk setiap hari dijumlahkan dan dimasukkan ke tabel 8 pada kolom 3 dan 4. Pada tabel 8 ini perhatikan juga indeks pengali (tabel 6).

Pada perhitungan ini nilai  $X00 = 26864$ , diperoleh dari penjumlahan  $X0$  kolom 4 pada tabel 5.

Untuk nilai  $\bar{X}$  dan  $\bar{Y}$  diperoleh dengan cara :

$\bar{X}10 = X^+ - X^- = 9508 - 15000 = -5492$

$\bar{Y}10 = Y^+ - Y^- = 9456 - 15000 = -5544$

Begitu juga untuk mendapatkan  $\bar{X}$  dan  $\bar{Y}$  untuk indeks yang lain pada kolom 1 tabel 8.

Tabel IV.7. Perhitungan Harga X00

Waktu Pengamatan			Konstanta			X0	X00	
Tgl	Bln	Thn	0	1	-1	7	+	-
1	2	3	4	5	6	7	8=5*7	9=6*7
17	3	2015		1		1668.00	1668	
18	3	2015		1		2052.00	2052	
19	3	2015		1		1910.00	1910	
20	3	2015		1		1770.00	1770	
21	3	2015		1		1862.00	1862	
22	3	2015		1		1683.00	1683	
23	3	2015		1		1861.00	1861	
24	3	2015		1		1651.00	1651	
25	3	2015		1		1545.00	1545	
26	3	2015		1		1616.00	1616	
27	3	2015		1		1530.00	1530	
28	3	2015		1		1546.00	1546	
29	3	2015		1		1884.00	1884	
30	3	2015		1		2145.00	2145	
31	3	2015		1		2141.00	2141	
Jumlah						26864.00	26864	0

Tabel IV.7 ialah tabel perhitungan harga X00 hingga harga X4d.

Tabel IV.8. Penyusunan Hasil Perhitungan X dan Y Indeks ke Dua dari Skema 4

Indeks Tanda		Besarnya Harga		$\bar{X}$	$\bar{Y}$
1	2	X	Y	$5=(3^+)-(3^-)$	$6=(4^+)-(4^-)$
3	4	3	4		
00	+	26864		26864	
10	+	9508	9456		
	-	15000	15000	-5492	-5544
12	+	6042	5488		
	-	3466	3968		
1b	+	1000	1000	3576	2520
	-	4856	2152		
13	-	2934	5678	1922	-3526
	+	4618	3874		
1c	-	4890	5582		
	+	1000	1000	728	-708
20	+	4452	3264		
	-	3953	5455	499	-2191
22	+	14226	14480		
	-	15000	15000	-774	-520
2b	+	8014	7458		
	-	6212	7022		
23	+	1000	1000	2802	1436
	-	6172	4962		
2c	+	5482	6514	690	-1552
	-	5898	5580		
42	-	8328	8900		
	+	1000	1000	-1430	-2320
4b	+	6956	6386		
	-	6087	7077	869	-691
44	+	6930	520		
	-	7850	1690		
4d	+	1000	1000	80	-170
	-	5840	380		
4b	-	5894	634	-54	-254
	+	7023	1515		
44	-	7757	733		
	+	1000	1000	266	1782
4d	+	5909	471		
	-	5825	543	84	-72



Tabel IV.9. Bilangan Pengali Untuk 15 Piantan

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
untuk skema 5 harga P.R.Cos r	X00	1.00							
	X10	0.01							
	X12-Y1b	-0.02	-0.01	0.01	0.03	1.00	-0.07	0.01	0.02
	X13-Y1c	0.04	-0.07	0.01	0.13	0.20	-0.59	0.03	
	X20	-0.01	-0.15	1.00	0.29	0.01		0.02	
untuk skema 6 harga P.R.Sin r	Y10								
	Y12-X1b	0.05	0.01	-0.05	-0.12	1.05	-0.03	0.01	
	Y13-X1c	-0.02	-0.02	0.09	0.24	-0.65	0.04	0.02	
	Y20	-0.16	1.00	0.30	-0.01	0.02	-0.03	-0.01	
	Y22-X2b	1.04	-0.15	-0.64	0.02	-0.10	0.04	-0.02	
Skema 7		360	175	214	166	217	177	273	280
Skema 7			333	345	327	173	160	307	318

Tabel IV.10. Penyusunan Hasil Perhitungan Besaran X dan Y dari konstanta-konstanta Pasut untuk 15 Piantan yang diperoleh dari Skema 5 dan 6

1	2	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
untuk skema 5 harga P.R.Cos r	X00	= 26864	26864.00						
	X10	= -5492	-54.92	54.92	-164.76	-5492.00	-384.44	-54.92	
	X12-Y1b	= 7102	-142.04	639.18	-71.02	639.18	7102.00	-142.04	142.04
	X13-Y1c	= 2919	116.76	-204.33	29.19	379.47	583.80	-1722.21	87.57
	X20	= -774	7.74	116.10	-774.00	-224.46	-7.74	0.00	-15.48
untuk skema 6 harga P.R.Sin r	Y10	= -5544							
	Y12-X1b	= 4442		222.10	44.42	-222.10	533.04	4664.10	-133.26
	Y13-X1c	= -209		4.18	4.18	-18.81	-50.16	135.85	-8.36
	Y20	= -520		83.20	-520.00	-156.00	5.20	-10.40	15.60
	Y22-X2b	= 2126		2211.04	-318.90	-1360.64	42.52	212.60	85.04
Skema 5 (P.R. Cos r)		26849.86	5440.18	-1661.68	-4033.77	-4386.01	4864.73	450.88	422.99
Skema 6 (P.R. Sin r)			3475.76	-1093.46	-3269.66	-5025.31	5315.08	1846.51	-344.95

Cara perhitungan untuk setiap kolom pada tabel 10 ini adalah :  
 Kolom 3 sampai dengan kolom 10 diperoleh dengan mengalikan kolom 2 dengan bilangan pengali pada tabel 9.  
 Dimana kolom 2 diperoleh dari,  $X_{12} - Y_{1b} = 3576 - (-3526) = 7102$ , harga X dan Y dapat dilihat pada tabel 8  
 Maka untuk kolom 3 =  $7102 \times -0.22 = -142.04$ .  
 demikian untuk nilai dari kolom-kolom yang lain.

Tabel 11. Perhitungan Besar-besaran w dan (1+W) dari konstanta-konstanta Pasang Surut

w dan (1+w) untuk S2 dan MS4		
VII : K1 : V	=	90.41
VII : K1 : u	=	4.66
V+u	=	95.07
Tabel 10 : S2 : w/f	=	-0.47
Tabel 10 : S2 : W/f	=	0.27
Tabel 5 : K2 : f	=	1.25
w	=	-0.59
W	=	0.34
1+w	=	1.34
w dan (1+W) untuk K1		
VII : K1 : 2V	=	180.82
VII : K1 : u	=	4.66
2V+u	=	185.48
Tabel 10 : K1 : wf	=	2.69
Tabel 10 : K1 : Wf	=	-0.33
Tabel 5 : K1 : f	=	1.09
w	=	2.45
W	=	-0.30
1+w	=	0.70
w dan (1+W) untuk N2		
VII : M2 : 3V	=	586.23
VII : N2 : 2V	=	1329.60
M2-N2+(360*3)	=	336.63
w	=	-3.61
1+W	=	1.17

Tabel IV.12. Susunan Hasil Perhitungan Skema 7 Untuk Besar-besaran dari Konstanta-konstanta Pasang Surut

	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
PR Cos r	26849.86	5440.18	-1661.68	-4033.77	-4386.01	4864.73	450.88	422.99		
PR Sin r		3475.76	-1093.46	-3269.66	-5025.31	5315.08	1846.51	-344.95		
PR	26849.86	6455.73	1989.18	5192.49	6670.14	7205.25	1900.76	545.81		
P	360.00	175.00	214.00	166.00	277.00	177.00	273.00	280.00		
f	0.00	0.97	1.00	0.97	1.09	1.15	0.94	0.97	1.25	
V'	0.00	34.71	0.00	135.40	9.51	277.20	0.00	0.00		
V''	0.00	1.50	0.00	310.70	58.20	303.30	0.00	0.00		
V'''	0.00	159.20	0.00	218.70	22.70	136.60	0.00	0.00		
V	0.00	195.41	0.00	664.80	90.41	717.10	390.82	195.41		
u	0.00	1.28	0.00	1.28	4.66	-5.28	2.56	1.28		
p	0.00	333.00	345.00	327.00	173.00	160.00	307.00	318.00		
r	0.00	212.57	213.35	399.03	228.89	407.53	256.28	140.80		
w	0.00	0.00	-0.59	-3.61	2.45	0.00	0.00	-0.59		
1+W	0.00	1.00	1.34	1.17	0.70	1.00	1.00	1.34		
g	0.00	742.26	557.76	1388.50	499.41	1279.35	956.66	654.90		
Kelipatan 360	0.00	720.00	360.00	1080.00	360.00	1080.00	720.00	360.00		
A cm	74.58	37.98	6.95	27.52	31.37	35.30	7.38	1.50	1.88	10.35
g°		22.26	197.76	308.50	139.41	199.35	236.66	294.90	197.76	139.41

Untuk mendapatkan nilai dari komponen-komponen pada tabel 12 ini, sesuai dengan penjelasan pada Bab-III

Catatan :

M2, O1, M4	W = 0
	w = 0
S2	f = 1
	V = 0
	u = 0
N2, MS4	f = f(M2)
	u = u(M2)
M4	f = f(M2) <sup>2</sup>
	V = 2*V(M2)
	u = 2*u(M2)
MS4	V = V(M2)
K2	A = A(S2)*0.27
	g = g(S2)
P1	A = A(K1)*0.33
	g = g(K1)

Tabel IV.13. Susunan Skema 8

	A cm	g°		A cm	g°
S0	74.58	0.00	O1	35.30	199.35
M2	37.98	22.26	M4	7.38	236.66
S2	6.95	197.76	MS2	1.50	294.90
N2	27.52	308.50	K2	1.88	197.76
K1	31.37	139.41	P1	10.35	139.41

### Penentuan Tipe Pasang Surut

Berdasarkan komponen-komponen Pasang Surut yang didapat dari hasil analisis dengan menggunakan metode *Admiralty* maka dapat ditentukan tipe pasang surut yang terjadi di pantai Bulu dengan menggunakan angka pasang surut "F" (*tide form number "Formzahl"*). Dimana F ditentukan sebagai berikut :

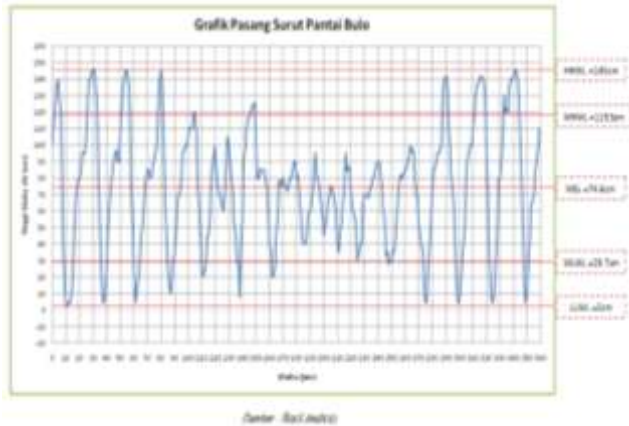
$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{31.37 + 35.30}{37.98 + 6.95} = 1.48$$

Pasang Surut termasuk tipe Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*) dengan nilai  $0.25 < F < 1.5$

## Penentuan Elevasi Muka Air Laut

Tabel IV.14. Elevasi Muka Air Laut

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	145.0
MHWL	cm	119.5
MSL	cm	74.6
MLWL	cm	29.7
LLWL	cm	3.0
Range	cm	89.845



## PENUTUP

Berdasarkan Analisis Pasang Surut yang dilakukan di Pantai Bulu Rerer Kec. Kombi Kab. Minahasa dengan Metode *Admiralty*, maka dapat disimpulkan hasil yang diperoleh sebagai berikut :

1. Tipe pasang surut yang terjadi di Pantai Bulu Rerer ialah tipe Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*) dengan nilai  $0.25 < F=1.48 < 1.5$  dimana konstanta-konstanta pasang surut yang didapat dari analisis pasang surut dengan menggunakan metode *Admiralty* adalah sebagai berikut :

S0=	74.58	O1=	35.30
M2=	37.98	M4=	7.38
S2=	6.95	MS2=	1.5
N2=	27.52	K2=	1.88
K1=	31.37	P1=	10.35

2. Elevasi muka air laut tinggi tertinggi (HHWL) terjadi sebesar 145 cm (+70.4 cm dari MSL) dan elevasi muka air laut rendah terendah terjadi sebesar 3 cm (-71.6 cm dari MSL).

## DAFTAR PUSTAKA

- BAB II Dasar Teori. Teknik Pantai. [www.eprints.ac.id](http://www.eprints.ac.id) diakses february 2015.
- Djaja Rochman, 1987. "Cara Perhitungan Pasut Laut Dengan Metode Admiralty", Dinas Pemetaan Topografi, Bada Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal), Cibinong, Bogor.
- Jehiskia Jusak Kalumata, 2007. "Studi Hidro Oceanografi Pantai inobonto", Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.
- J. J. Dronkers. 1964. *Tidal Computation in Rivers and Coastal Waters*, Netherlands Rijkswaterstoat (Public Works and Waterways Department), The Hagu. The Netherlands.
- Modul 1 Admiralty. [www.academia.edu/7203382/Modul\\_1\\_Admiralty](http://www.academia.edu/7203382/Modul_1_Admiralty). diakses januari 2015.
- Musrifin. Analisis Pasang Surut Perairan Muara Sungai Mesjid Dumai. . Jurnal Perikanan dan Kelautan. Universitas Riau.
- Pengolahan Data Pasang Surut Dengan Metode Admiralty. [Laboseanografi.mipa.unsri.ac.id](http://Laboseanografi.mipa.unsri.ac.id) > 2012/04 diakses Januari 2015.
- Triatmodjo, B. 1996. *Pelabuhan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.