

## BAB II TEORI DASAR

### 2.1. Gunung Anak Krakatau

GAK atau kepanjangan dari Gunung Anak Krakatau terletak diantara Pulau Panjang, Sertung dan Rakata, Selat Sunda Provinsi Lampung (Gambar 2.1) dan merupakan salah satu gunungapi aktif di Indonesia. GAK ada sejak tahun 1929 sampai sekarang, memiliki tipe letusan strombolian yaitu berupa letusan yang memancarkan material baru. GAK memiliki bentuk kerucut dengan ketinggian mencapai 315 m yang tersusun oleh perlapisan antara aliran lava dan endapan *piroklastika* [5].



Gambar 2.1 Gunung anak krakatau [6].

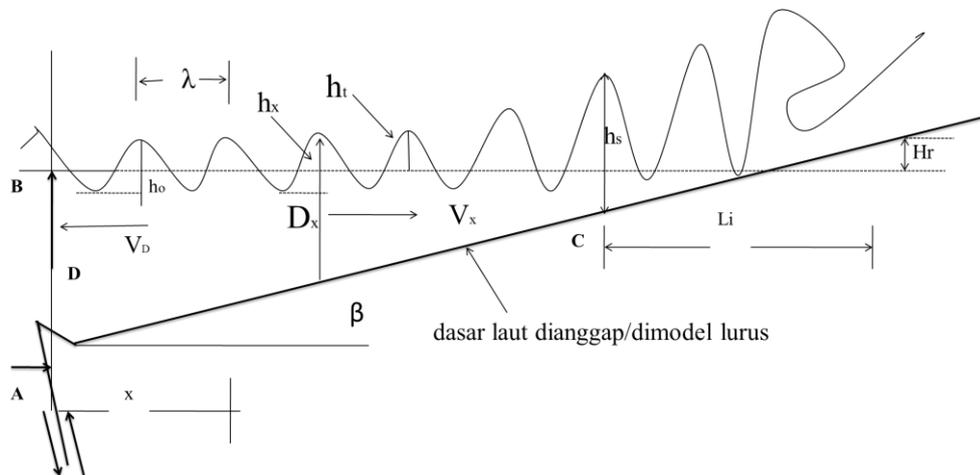
Gugusan GAK tidak berpenghuni, tetapi menjadi objek wisata dan objek penelitian atau untuk dinikmati keindahan alamnya. Pada tahun 1883 terjadi letusan Gunung Krakatau peristiwa ini mengakibatkan tsunami besar di Selat Sunda [8]. Tsunami jenis ini tidak sering terjadi, tetapi memiliki dampak yang cukup besar dibandingkan tsunami yang diakibatkan oleh gempa bumi. Pada sekitaran area sisa

letusan Gunung Krakatau yang telah diteliti, diketahui pusat dari energi tsunami berada di bagian barat dan tengah [9].

## 2.2. Tsunami

Tsunami dipengaruhi oleh beberapa kejadian yang berlangsung di bawah permukaan laut, seperti gempa bumi tektonik, gempa bawah laut, dan peristiwa lainnya yang terjadi dibawah laut. Dari beberapa kejadian tersebut, penyebab utama gelombang tsunami yaitu gempa bumi tektonik, besar kecilnya gelombang tsunami yang terjadi tergantung gempa bumi yang memicunya [2].

Gelombang air yang terjadi memiliki periode getar yang sangat besar atau frekuensinya rendah, panjang gelombang dan amplitudo yang relatif kecil. Jika gelombang memiliki frekuensi dibawah rata-rata, maka penyerapan energi gelombang akan sangat kecil hal ini sesuai dengan sifat fisika. Oleh karenanya gelombang tsunami akan merambat sangat jauh [10]. Pristiwa tsunami dapat dimodelkan sebagai suatu aliran yang dangkal (Gambar 2.2), hal ini kerana panjang gelombang  $\lambda$  jauh lebih panjang dari pada kedalaman air di laut  $D$  [10].



Gambar 2.2 Notasi umum gelombang tsunami.

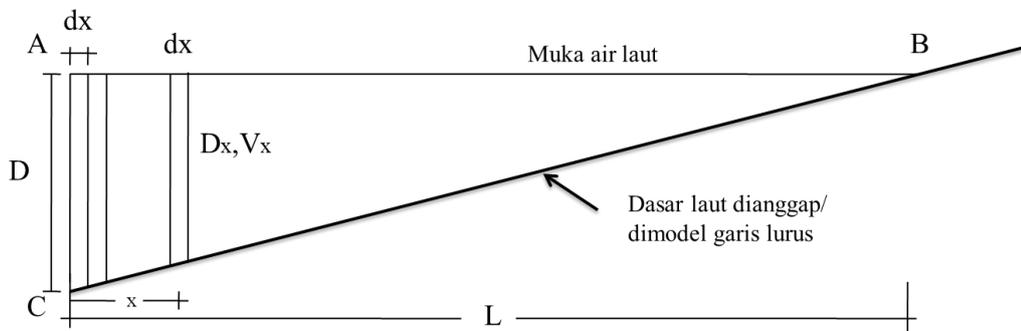
Gelombang tsunami bersifat "transien" atau gelombang sesaat, sedangkan gelombang laut lainnya yang lebih bersifat "kontinu". Gelombang tanah yang disebabkan oleh hembusan angin atau gelombang pasang yang disebabkan oleh

pengaruh gravitasi pada benda langit adalah contohnya. Selain itu, panjang gelombang tsunami bervariasi tergantung jarak dari sumber gangguan. Secara singkat tsunami yaitu gelombang laut yang memiliki periode panjang yang disebabkan oleh suatu kendala yang berada di laut.

Karakteristik gempa bumi yang memicu terjadinya tsunami, yaitu [2]:

1. Memiliki magnitudo  $\geq 7.0$  SR.
2. Memiliki kedalaman (h) kurang dari 60 kilometer.
3. Episentrum (episenter) gempa bumi terletak di dasar laut.
4. Jenis patahannya yaitu normal *fault* (sesar turun) atau *thrust fault* (sesar naik).

Persoalan yang dapat memicu gempa bawah laut, tidak bisa dikenali secara cepat, dengan mengenali tipe rekaman gelombang gempa merupakan salah satu caranya, dikarenakan gelombang gempa akan terekam oleh alat. Secara sederhana untuk mengetahui gelombang tsunami akan mencapai daratan yaitu terlihat melalui model analisis 1D berikut ini.



Gambar 2.3 Model pantai.

Permukaan bawah air BC disebut lurus jika pusat gempa berada di titik A, waktu tempuh ke pantai B adalah L, dan volume gempa adalah D. Kemudian, sepanjang dx, potong A hingga B menjadi potongan-potongan kecil. Kecepatan rambat gelombang tsunami ditentukan menggunakan persamaan:

$$v = \sqrt{gD_x} \tag{2.1}$$

Dimana:

$v$  = Kecepatan gelombang tsunami dalam (m/s).

$g$  = Percepatan gravitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ).  
 $D_x$  = Kedalaman laut (m).

Waktu yang dibutuhkan gelombang tsunami untuk merambat dapat ditentukan dengan persamaan (2.1):

$$t = \frac{x}{v} \quad (2.2)$$

Dimana:

$t$  = Waktu tempuh (s)

$x$  = Jarak dari episentrum ke pantai (m)

$v$  = Kecepatan (meter/detik).

Patahan yang disebabkan oleh gempa bawah laut memicu terjadinya tsunami. Periode yang disebabkan oleh tsunami cukup bervariasi dan kedalaman laut mempengaruhi kecepatan gelombang tsunami. Secara umum, seiring dengan berkurangnya kedalaman laut, kecepatan rambat gelombang akan menurun [2].

### 2.3. Fungsi data seri waktu

Data dalam fungsi waktu merupakan fungsi yang terdiri dari banyak fungsi data deret waktu  $X(t)$ , yang dipecah menjadi dua bagian: periodik dan stokastik. Persamaan berikut menyusun data fungsi waktu  $X(t)$ .

$$X(t) = T(t) + P(t) + S(t) \quad (2.3)$$

Dimana

$X(t)$  = Data dari deret waktu pasang surut (jam-waktu)

$T(t)$  = Variabel *trend*,  $t = 1, 2, 3, \dots, N$

$P(t)$  = Variabel *periodic*

$S(t)$  = Variabel *stokastik*.

Dalam penelitian ini, diasumsikan bahwa data yang digunakan tidak terdapat komponen. Komponen tersebut bersifat *trend*, komponen *trend* yaitu data pasang surut yang panjang yang menghasilkan periode dengan perubahan secara linier.

Untuk durasi singkat, komponen ini dapat diabaikan. Sehingga Persamaan (2.3) dapat dituliskan sebagaimana persamaan berikut,

$$X(t) \approx TP(t) + S(t) \quad (2.4)$$

Persamaan (2.4) merupakan proses untuk mengembangkan model *periodic* dan *stokastik* dari data pasang surut jam-jaman [3].

### 2.3.1. Komponen Periodik

Frekuensi dari komponen periodik  $P(t)$  merupakan perpindahan gerak pada interval tertentu yang bersifat osilasi menggunakan metode Transformasi *Fourier*. Pada metode ini, dapat diprediksi periode - periode maksimum. Komponen periodik pasang surut  $P(fm)$  berbentuk frekuensi sudut ( $\omega_r$ ). Sehingga dapat disebut sebagai persamaan *Fourier* seperti berikut [3].

$$\hat{P}(t) = S_0 + \sum_{(r=1)}^{(r=k)} A_r \sin(\omega_r + t) + \sum_{(r=1)}^{(r=k)} B_r \cos(\omega_r + t) \quad (2.5)$$

Persamaan berikut dapat ditulis dari persamaan (2.5):

$$\hat{P}(t) = \sum_{(r=1)}^{r=k+1} A_r \sin(\omega_r + t) + \sum_{(r=1)}^{(r=k)} B_r \cos(\omega_r + t) \quad (2.6)$$

Dimana:

$P(t)$  = Variabel yang terjadi secara teratur

$\hat{P}(t)$  = Model variabel periodik

$P_0$  =  $A_{k+1}$  = Tinggi pasang surut rata-rata

$\omega_r$  = Frekuensi sudut (derajat per jam)

$T$  = Waktu (jam)

$A_r B_r$  = Koefisien komponen *Fourier*

$k$  = Jumlah komponen penting.

### 2.3.2. Komponen Stokastik

Nilai-nilai yang memiliki sifat acak atau tidak dapat dihitung dengan tepat merupakan bentuk dari komponen *Stokastik*. Persamaan *stokastik* pasang surut, pada fungsi matematika sebagai berikut [3].

$$S(t) = \varepsilon + \sum_{(k=1)}^p b_k \cdot S(t-k) \quad (2.7)$$

Persamaan (2.7) dapat dijabarkan menjadi persamaan berikut,

$$S(t) = \varepsilon + b_1 \cdot S(t-1) + b_2 \cdot S(t-2) + \dots + b_p \cdot S(t-p) \quad (2.8)$$

Dimana

- $b_r$  = Parameter model *autoregressif* (m)
- $\varepsilon$  = Konstanta untuk bilangan acak (m)
- $r$  = 1, 2, 3, 4, ...,  $p$  = Derajat komponen stokastik.

### 2.4. Pasang Surut Laut

Pasang surut laut (tides) terjadi ketika pergerakan gaya gravitasi di langit, seperti bulan dan matahari, menyebabkan naik turunnya air laut untuk suatu periode waktu [11]. Daerah yang berbeda memiliki bentuk pasang surut yang berbeda [12]. Ada tiga jenis pasang surut di planet ini:

#### 1. Pasang surut atmosfer

Pasang surut atmosfer yaitu pergerakan yang berasal dari gravitasi matahari dan benda langit lainnya.

#### 2. Pasang surut laut

Pasang surut laut yaitu gerakan vertikal yang disebabkan oleh benda-benda langit.

### 3. Pasang surut bumi padat

Pasang surut bumi padat merupakan gaya gravitasi benda langit yang mengakibatkan gangguan pada bagian bumi padat.

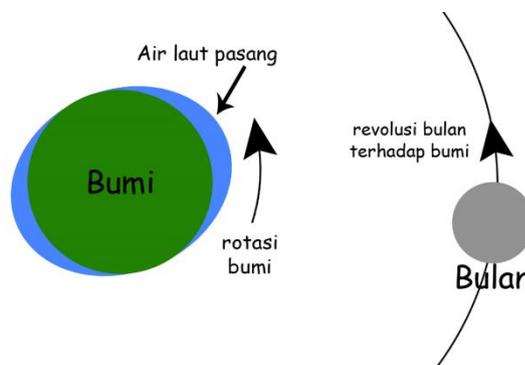
Kedalaman perairan serta keadaan meteorologi dan faktor hidrografis lainnya merupakan faktor yang mengakibatkan pasang surut [13]. Pasang surut laut pada ketinggian maksimum terjadi ketika pusat bumi, bulan, serta matahari berada pada satu garis lurus, fenomena ini dinamakan pasang purnama. Sedangkan pasang surut perbani terjadi saat ketinggian air minimum ketika pusat bumi dan matahari berada tegak lurus dengan pusat bumi serta bulan [14].

#### 2.4.1. Gaya Pembangkit Pasang Surut

Proses pembentukan pasang surut air laut dipengaruhi oleh gerak bulan dan matahari. Berikut beberapa fenomena yang, diantaranya [15]

1. Revolusi bumi terhadap matahari
2. Perputaran bumi terhadap sumbunya
3. Revolusi bulan terhadap bumi

Gelombang laut disebabkan oleh beberapa fenomena seperti angin, gravitasi benda langit terhadap bumi dan beberapa faktor lainnya. Gelombang laut dengan  $T < 1$  detik disebabkan oleh angin dan gelombang akibat gravitasi benda langit menghasilkan gelombang dengan periode 12 sampai 24 jam. Permukaan laut akan naik saat pasang bulan purnama, dan pasang akan sampai di pantai [16].



Gambar 2.4 Pasang purnama [16].

#### 2.4.2. Tipe Pasang Surut

Karena letak geografis yang bervariasi, setiap zona pasang surut memiliki bentuk yang berbeda. Frekuensi pasang surut terhadap gaya pembangkit mempengaruhi perbedaan respon tiap posisi. Menurut waktu dan keteraturannya, ada tiga bentuk pasang surut [17]:

1. Pasang-surut *Diurnal*
2. Pasang-surut *Semi-Diurnal*
3. Pasang-surut Campuran

Cara mengetahui sifat pasut di perairan dengan bilangan *formzahl* diketahui dengan perbandingan nilai antara amplitudo komponen pasang surut tunggal utama dengan ganda utama dituliskan dengan rumus berikut [18].

$$F = \frac{(O1 + K1)}{(M2 + S2)} \quad (2.9)$$

dimana,

F : Menunjukkan bilangan *formzahl*

O1 : Amplitudo komponen pasang surut tunggal atraksi bulan.

K1 : Amplitudo komponen pasang surut tunggal gaya atraktif matahari.

S2 : Komponen pasang surut ganda kunci yang disebabkan oleh gaya tarik matahari memiliki amplitudo S2.

M2 : Amplitudo komponen pasang surut utama objek wisata bulan.

Berdasarkan harga F dapat dikategorikan tipe pasang surut yang terjadi di suatu perairan.

$0 < F \leq 0,25$  : Pasang Ganda Murni.

Pasang surut *semi-diurnal*, seperti yang terjadi di Selat Malaka hingga Laut Andaman, terjadi dua kali sehari.

$0,25 < F \leq 1,5$  : Pasang Campuran Ganda.

Di tempat-tempat seperti Pesisir Selatan Jawa dan Indonesia Timur, gelombang pasang campuran kemiringan ganda terjadi dua kali sehari dengan ketinggian dan periode yang berbeda-beda.

$1,5 < F \leq 3$  : Pasang Campuran Tunggal.

Di Pantai Selatan Kalimantan dan Pantai Utara Jawa Barat, pasang surut air laut campuran setiap hari terjadi sekali dalam sehari dengan ketinggian dan waktu yang berbeda-beda.

$F > 3$  : Pasang Tunggal Murni.

Pasang surut *Diurnal* terjadi satu kali dalam satu hari, seperti di Selat Karimata.

#### 2.4.3. Konstanta Harmonik Pasang Surut

Konstanta harmonik yang membentuk pola pasut dihasilkan dari dasar permukaan bumi, matahari dan benda-benda langit lainnya diperoleh dari teori potensial yang dikembangkan oleh Doodson. Berdasarkan karakteristik tertentu konstanta harmonik gaya pembangkit pasut terdapat beberapa bagian, yaitu *semidiurnal*, *diurnal*, dan periode panjang. Secara garis besar konstanta harmonik pasang surut berbeda-beda untuk setiap pengamatan dan terdapat tiga kelompok utama [19] yaitu:

- a. Konstanta harmonik untuk pasang surut dengan durasi *semidiurnal*.
- b. Konstanta harmonik untuk durasi reguler (pasang periode *diurnal*).
- c. Konstanta harmonik untuk periode campuran (pasang perempat periode).

##### 2.4.3.1. Konstanta Setengah Harian (*Semidiurnal period tide*)

Tabel 2.1 menunjukkan konstanta setengah harian untuk bulan dan matahari, M2 untuk bulan, dan S2 untuk matahari:

Tabel 2.1 Konstanta utama setengah harian.

No.	Simbol	Nama Konstanta	Periode Pasut (jam)
1.	M2	<i>Principal lunar</i> (dipengaruhi oleh posisi bulan)	12.42
2.	S2	<i>Principal solar</i> (dipengaruhi oleh posisi matahari)	12.00
3.	N2	<i>Larger lunarelliptic</i> (dipengaruhi oleh perubahan jarak bulan)	12.66
4.	K2	<i>Luni solar semidiurnal</i> (dipengaruhi oleh perubahan jarak matahari)	11.98

Konstanta M2 dan S2 menentukan amplitudo maksimum pasang surut bulan purnama dalam fase dan amplitudo minimum pasang surut pita dalam fase.

#### 2.4.3.2. Konstanta Harian (*Diurnal period tide*)

K1 dan O1 untuk bulan, dan P1 untuk matahari, membentuk konstanta pasang surut harian. Pada Tabel 2.2, ditampilkan dua bentuk konstanta:

Tabel 2.2 Konstanta utama harian.

No.	Simbol	Nama Konstanta	Periode Pasut (jam)
1.	K1	<i>Luni solardiurnal</i> (dipengaruhi oleh deklinasi matahari dan bulan)	23.93
2.	O1	<i>Principallunar diurnal</i> (dipengaruhi oleh deklinasi bulan)	25.82
3.	P1	<i>Principalsolardiurnal</i> (dipengaruhi oleh deklinasi matahari)	24.07

#### 2.4.3.3. Konstanta Campuran (*kuarter period tide*)

Konstanta pasut campuran terdiri dari M4 yang dipengaruhi oleh efek ganda M2 dan MS4 yang dipengaruhi oleh interaksi M2 dan S2. Pada Tabel 2.3, ditampilkan dua bentuk konstanta:

Tabel 2.3 Konstanta utama campuran.

No.	Simbol	Nama Konstanta	Periode Pasut (jam)
1.	M4	<i>Principalsolar</i> kuarter (dipengaruhi oleh pengaruh ganda M2)	6.21
2.	MS4	<i>Luni lunar</i> kuartar (dipengaruhi oleh interaksi antara M2 dan S2)	6.20

#### 2.4.4. Analisa Pasang Surut Metode Kuadran Terkecil

##### 2.4.4.1. Komponen Periodik

Bagian periodik  $P(t)$  dapat didekomposisi menggunakan metode kuadrat terkecil, menghasilkan fungsi  $\hat{P}(t)$ . Jumlah kuadrat galat yang dihasilkan pada persamaan (2.6) merupakan selisih antara data pasut dan model periodik pasut, seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut,

$$\text{Jumlah Kuadrat Error} = J = \sum_{(t=1)}^{(t=m)} \left\{ P(t) - \hat{P}(t) \right\}^2 \quad (2.10)$$

Nilai  $A_r$  dan  $B_r$  berpengaruh pada nilai  $J$  (jumlah kuadrat kesalahan). Jika Persamaan (2.10) terpenuhi, koefisien  $J$  akan dikurangi seminimal mungkin.

$$\frac{\partial J}{\partial A_r} = \frac{\partial J}{\partial B_r} = 0 \text{ dengan } r = 1, 2, 3, 4, 5 \dots k \quad (2.11)$$

Metode kuadrat terkecil dapat digunakan untuk menghasilkan komponen harmonik Fourier  $A_r$  dan  $B_r$  dengan cepat. Koefisien Fourier dapat digunakan untuk menurunkan sejumlah persamaan, termasuk yang berikut ini:

- a. Elevasi pasang surut rerata

$$P_0 = A_{k+1} \quad (2.12)$$

- b. Amplitudo dari komponen periodik/harmonik pasang surut

$$C_r = \sqrt{(A_r^2 + B_r^2)} \quad (2.13)$$

c. Fase dari komponen harmonik pasang surut

$$\varphi_r = \arctan \left| \frac{B_r}{A_r} \right| \quad (2.14)$$

SWL elevasi pasang surut rerata dari elevasi pasang surut, amplitudo dan fase dari komponen harmonik dapat disubstitusikan dan dituliskan pada persamaan berikut,

$$\hat{P}(t) = S_0 + \sum_{(r=1)}^{(r=k)} C_r \cos(\omega_r t - \varphi_r) \quad (2.15)$$

Persamaan (2.15) merupakan model gerak harmonik pasang surut.

#### 2.4.4.2. Komponen Stokastik

Model periodik didapatkan dari selisih data pasang surut dengan hasil perhitungan yang merupakan komponen stokastik. Persamaan (2.16) merupakan seri komponen stokastik yang dihasilkan dari selisih antara seri data pasang surut dan seri model periodik pasang surut, di tuliskan seperti berikut,

$$\text{Jumlah Kuadrat Error} = J = \sum_{(t=1)}^{(t=m)} \left\{ S(t) - \hat{S}(t) \right\}^2 \quad (2.16)$$

Koefisien  $J$  akan minimum jika memenuhi persamaan sebagai berikut berikut [3], yang dimana nilainya tergantung dari Nilai  $\varepsilon$  dan  $b_r$ ,

$$\frac{\partial J}{\partial \varepsilon} = \frac{\partial J}{\partial b_r} = 0 \text{ dengan } r = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, p \quad (2.17)$$

Dengan persamaan (2.17), dapat dihitung parameter *stokastik*  $\varepsilon$  dan  $b_r$  model stokastik untuk fungsi data pasang surut pada stasiun Serang dan Kota Agung.

Pengaplikasian metode kuadrat terkecil ini sudah disajikan dalam program *matlab* berbentuk *toolbox* untuk melakukan analisis harmonik pasang surut. Hasil yang di peroleh dari perhitungan analisis harmonik *t\_tide* ini memiliki beberapa parameter seperti amp dan freq, yang dimana amp merupakan besaran dari ketinggian data dan freq merupakan nilai frekuensi yang dipengaruhi oleh pasang surut harian. Satuan yang

diperoleh dari parameter amp menyesuaikan dari data masukan, misalkan data masukan dalam satuan meter maka nilai amp yang dihasilkan juga dalam satuan meter.

Dalam program *t\_tide* terdiri dari beberapa paket program, yakni

1. Paket perangkat lunak analisis pasang surut:
  - a. *t\_tide.m* berfungsi menghitung nilai amplitudo dan perbedaan fasa konstanta harmonik untuk melakukan analisis pasang surut.
  - b. Untuk melakukan pengukuran koreksi nodal, gunakan fungsi *t\_vuf.m*.
  - c. *t\_predict.m* adalah sekumpulan fungsi untuk menghitung prediksi pasang surut menggunakan konstanta harmonik yang dikembangkan oleh *t\_tide.m*.
  - d. *t\_getconsts.m* adalah sekumpulan fungsi untuk mengekstraksi semua jenis konstanta harmonik.
2. Paket program dokumentasi :
  - a. *t\_readme.m* adalah file yang menjelaskan paket program pasang surut
  - b. *t\_errors.m* adalah file yang menjelaskan cara membuat interval kepercayaan dan cara menggunakannya.
3. Paket program demonstrasi :
  - a. Sebuah *t\_synth.m* digunakan untuk mensintesis data noise untuk memperkirakan ketidakpercayaan data.
  - b. *t\_demo.m* termasuk demonstrasi bagaimana menggunakan tide dengan pilihan yang tersedia.
4. Paket program *for fun*, *t\_equilib* yang menyenangkan *t\_equilib* adalah file yang menghitung amplitudo kesetimbangan konstanta harmonik kunci pada garis lintang tertentu.
5. Paket perangkat lunak tambahan termasuk:
  - a. *tide3.dat* adalah file data dari kit penelitian IOS yang berisi data penyusun standar.
  - b. *t\_equilib.dat* adalah file yang berisi *konstituen* amplitudo
  - c. *t\_constituents.mat* merupakan data konstituen disimpan dalam file yang disebut *mat*.

- d. *t\_example.mat* merupakan file contoh yang menggunakan elevasi Stasiun pasang surut Tuktosuktuk.

## 2.5. Fast Fourier Transform (FFT)

*Fast Fourier Transform* merupakan prosedur pemecahan yang menggambarkan sinyal dalam time series menjadi sinyal dalam frekuensi tertentu. Sementara itu, IFFT adalah kepanjangan dari *Inverse Fast Fourier Transform* yang berarti kebalikannya. FFT dan IFFT berkaitan dengan DFT (*Discrete Fourier Transform*). DFT yaitu sebuah metode transformasi matematis untuk mengubah sinyal domain waktu menjadi sinyal dalam frkuensi tertentu. Secara sederhana dapat diartikan bahwa DFT yaitu metode modifikasi sinyal dalam time series, sementara FFT merupakan algoritma yang digunakan untuk melakukan modifikasi tersebut [20]. Metode ini dituliskan sebagai berikut,

$$P(f_m) = \frac{\Delta t}{2\sqrt{\pi}} \sum_{(n=-/2)}^{(n=N/2)} P(t_n) \cdot e^{-2\pi i n m} \quad (2.18)$$

Dimana

$P(t_n)$  = Urutan data pasut domain waktu

$P(f_m)$  = Data seri pasang surut dalam frekuensi

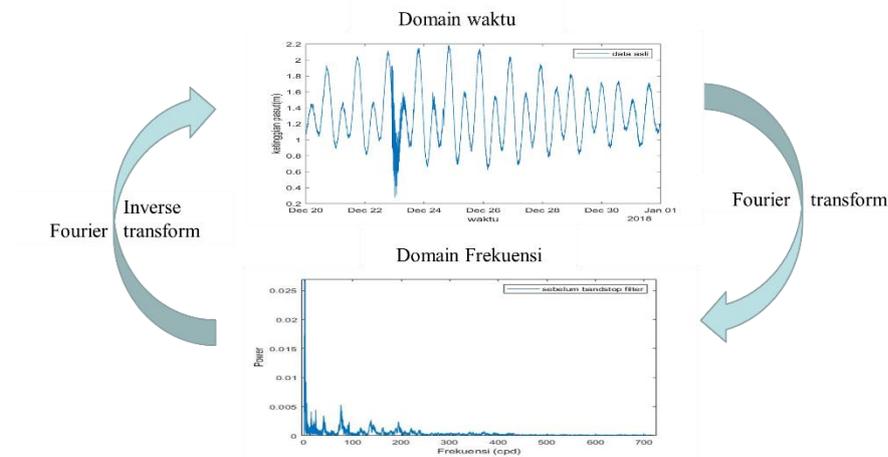
$t_n$  = Variabel deret waktu mempresentasikan panjang data dalam bentuk N

$f_m$  = Frekuensi variabel seri.

Dengan menggunakan frekuensi pasut yang diperoleh dari persamaan, dapat dihasilkan amplitudo pasut (2.18). Frekuensi pasang surut yang berlaku berasal dari amplitudo signifikan, yang berasal dari amplitudo tertinggi saat pasang [3]. Setiap data yang diolah dalam penelitian ini digunakan untuk menghitung komponen harmonisa pasut dari data permukaan laut dari stasiun BIG Serang dan Kota Agung yang keduanya memiliki frekuensi pasut yang besar.

Suatu model *linier* dapat dimodelkan dengan menggunakan FFT, pendekatan model linier bergantung pada banyaknya data yang digunakan. Keuntungan yang didapatkan dengan menggunakan FFT yaitu memudahkan kita memisahkan *signal*

dari *noise*. Sinyal merupakan suatu komponen terbesar dari data sedangkan *noise* yaitu bagian kecil dari data yang kita tidak inginkan [20].



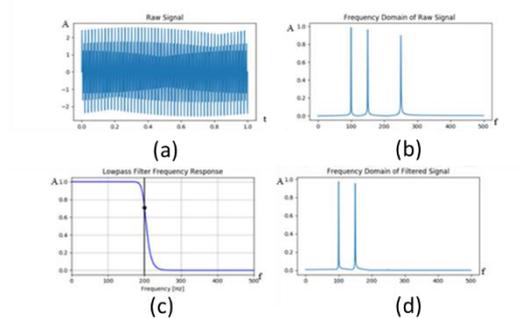
Gambar 2.5 Proses FFT-IFFT.

Kelebihan dari FFT yaitu dapat melihat hal lebih terperinci yang tidak terlihat oleh pengamatan mata. Misalkan pada gelombang laut, kita dapat membedakan riak air. Pada fenomena arus terdapat arus musiman yang berubah mengikuti keadaan gelombang air laut.

### 2.5.1. Jenis *Filter* pada FFT

#### 2.5.1.1. *Low Pass Filter*

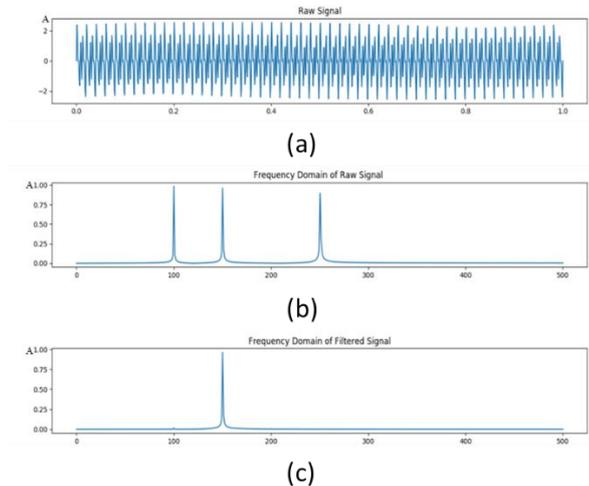
*Low Pass Filter* (LPF) adalah suatu bentuk *filter* yang memungkinkan sinyal frekuensi rendah lewat sambil memblokir sinyal frekuensi tinggi [21].



Gambar 2.6 (a) sinyal domain waktu, (b) sinyal domain frekuensi sebelum di *filter*, (c) proses *filter* sinyal dan (d) sinyal setelah di *low pass filter* [21].

### 2.5.1.2. Band Pass Filter

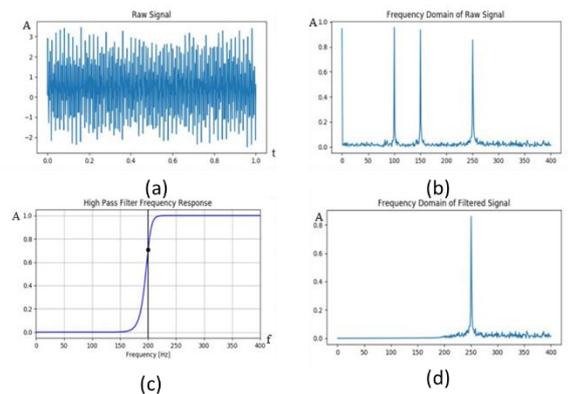
*Band pass filter* (disingkat BPF) adalah jenis *filter* yang melewatkan frekuensi dalam kisaran tertentu dan melewati frekuensi antara batas bawah dan atas [21].



Gambar 2.7 (a) sinyal domain waktu, (b) sinyal domain frekuensi sebelum di *filter* dan (c) sinyal setelah di *band pass filter* [21].

### 2.5.1.3. High Pass Filter

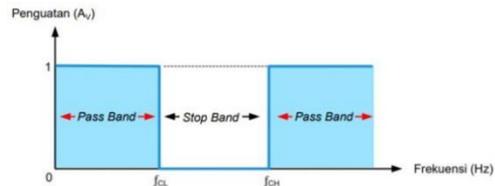
*High Pass Filter* (HPF) adalah bentuk *filter* yang memungkinkan sinyal frekuensi tinggi lewat sambil memblokir sinyal frekuensi rendah [21].



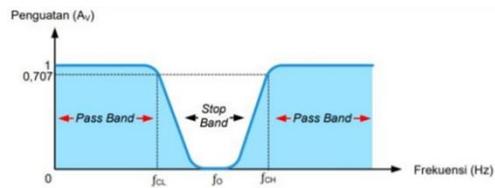
Gambar 2.8 (a) sinyal domain waktu, (b) sinyal domain frekuensi sebelum di *filter*, (c) proses *filter* sinyal dan (d) sinyal setelah di *high pass filter* [21].

#### 2.5.1.4. *Band Stop Filter*

*Band Stop Filter* atau sering disingkat dengan BSF yaitu jenis *filter* yang memblokir frekuensi yang berada di antara rentang tertentu, dan meloloskan semua frekuensi yang berada di bawah frekuensi batas bawah dan semua frekuensi yang berada di atas frekuensi batas atas [22].



(a)



(b)

Gambar 2.9 (a) frekuensi ideal dan (b) frekuensi praktik *band stop filter* [22].