

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian yang Relevan

Untuk menghindari pengulangan topik atau kajian penelitian, seorang peneliti harus mengkaji penelitian/skripsi sebelumnya yang sama dengan kajian penelitian ini. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk memahami, memperkecil, dan dapat memecahkan masalah, serta melakukan antisipasi guna mencegah timbulnya masalah baru. Oleh karena itu, dalam penelitian ini semaksimal mungkin untuk memahami, memecahkan, dan mengantisipasi masalah yang ada dalam proses penelitian yang berkaitan dengan pemrograman komputer berbasis *software*.

Berkaitan dengan hal tersebut, ada beberapa orang yang melakukan penelitian sejenis dengan penelitian ini yaitu penelitian tentang pemrograman komputer. Adapun judul penelitian yang telah dilakukan antara lain:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Rio Bhakti (2010) dengan judul *Analisis Periode Dominan Curah Hujan Rerata di Kabupaten Tanggamus* tahun 2010. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mempelajari data curah hujan di Tanggamus dalam rangka untuk menentukan periode dominan curah hujan rata-rata dan standar deviasi yang sesuai dengan menggunakan program komputer Metode Transformasi Fourier. Periode dominan ditentukan dari

grafik spektrum menyajikan korelasi antara periode (hari) curah hujan dan amplitudo (mm) yang sesuai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak semua periode dominan yang berasal dari periode 10 tahun muncul sebagai periode dominan untuk periode tahunan. Sepuluh periode yang muncul sebagai periode dominan selama sepuluh tahun direkomendasikan digunakan untuk menghasilkan curah hujan buatan.

2. Penelitian yang dilakukan oleh M. Angga Wirly Putra (2011) dengan judul *Analisis Periode Dominan Data Curah Hujan Harian di Kota Bandar Lampung* tahun 2011. Tujuan penelitian ini adalah mengolah data statistik curah hujan dan mencari frekuensi dominan dari data curah hujan menggunakan metode spektrum Transformasi Fourier. Dalam penelitian ini, data diperoleh dari data curah hujan harian sekunder di wilayah Bandar Lampung berdasarkan laporan dari beberapa stasiun pemantauan; stasiun Pahoman, stasiun Sumur Putri, dan Stasiun Sumber Rejo dalam kurun waktu 14 tahun. Frekuensi periode dominan tahunan ditentukan dengan cara menggabungkan semua data curah hujan tahunan disetiap tahunnya dan diaplikasikan kedalam metode spektral, metode transformasi yang dipresentasikan sebagai Transformasi Fourier. Hasilnya adalah spektrum curah hujan harian dari tahun 1987—2000. Pada penelitian ini didapat 11 frekuensi periode dominan, dari tiap-tiap periode dominan didapat nilai standar deviasi yang terjadi.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dipaparkan, kedua peneliti tersebut semuanya membahas dan menganalisis metode spektrum Transformasi Fourier,

dengan data yang digunakan adalah data curah hujan. Berbeda dengan judul penelitian ini yang menggunakan data pasang surut.

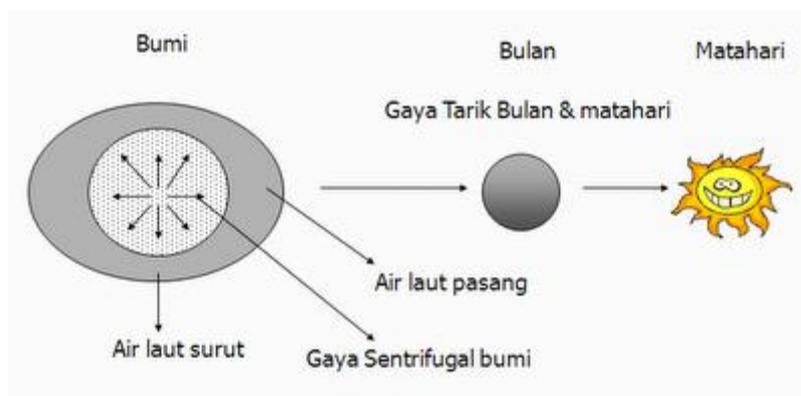
2.2 Pasang Surut

Fenomena pasang surut diartikan sebagai naik turunnya muka air laut secara berkala akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi (Pariwono, 1989). Pendapat sama diungkapkan oleh pakar lain, yaitu pasang surut adalah 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 (Dronkers, 1964). Sedangkan menurut Poerbandono dan Djunarsjah, (2005), pasang surut (*ocean tide*) adalah sebuah fenomena naik dan turunnya permukaan air laut yang disebabkan oleh pengaruh gaya tarik benda-benda langit terutama bulan dan matahari, yang mana fenomena naik dan turunnya permukaan air laut bergerak secara periodik.

Dari beberapa pendapat yang dikemukakan oleh para ahli di atas, definisi pasang surut mengacu pada pendapat Poerbandono dan Djunarsjah (2005) karena secara jelas mengemukakan bahwa pasang surut adalah fenomena naik turunnya permukaan air laut yang disebabkan oleh pengaruh gaya tarik benda-benda langit terutama bulan dan matahari, yang mana fenomena naik dan turunnya permukaan air laut bergerak secara periodik.

Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil. Pasang surut yang terjadi di bumi ada tiga jenis yaitu: pasang surut atmosfer (*atmospheri tide*), pasang surut laut (*oceanic tide*) dan

pasang surut bumi padat (*tide of the solid earth*). Pasang surut laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi. Gravitasi bervariasi secara langsung dengan massa tetapi berbanding terbalik terhadap jarak. Meskipun ukuran bulan lebih kecil dari matahari, gaya tarik gravitasi bulan dua kali lebih besar dari pada gaya tarik matahari dalam membangkitkan pasang surut laut karena jarak bulan lebih dekat daripada jarak matahari ke bumi. Gaya tarik gravitasi menarik air laut ke arah bulan dan matahari yang menghasilkan dua tonjolan (*bulge*) pasang surut gravitasional di laut. Lintang dari tonjolan pasang surut ditentukan oleh deklinasi, sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari.



Gambar 2.1 Gaya Pembangkit Pasang Surut

2.2.1 Teori Pasang Surut

2.2.1.1 Teori Keseimbangan (*Equilibrium Theory*)

Teori keseimbangan pertama kali diperkenalkan oleh Sir Isaac Newton (1642—1727). Teori ini menerangkan sifat-sifat pasang surut secara kualitatif. Teori terjadi pada bumi ideal yang seluruh permukaannya ditutupi oleh air dan pengaruh

kelembaban (*Inertia*) diabaikan. Teori ini menyatakan bahwa naik turunnya permukaan laut sebanding dengan gaya pembangkit pasang surut (King, 1966). Untuk memahami gaya pembangkit pasang surut dilakukan dengan memisahkan pergerakan sistem bumi-bulan-matahari menjadi 2 (dua) yaitu, sistem bumi-bulan dan sistem bumi matahari. Pada teori kesetimbangan bumi diasumsikan tertutup air dengan kedalaman dan densitas yang sama dan naik turun muka laut sebanding dengan gaya pembangkit pasang surut atau GPP (*Tide Generating Force*) yaitu *Resultante* gaya tarik bulan dan gaya sentrifugal, teori ini berkaitan dengan hubungan antara laut, massa air yang naik, bulan, dan matahari. Gaya pembangkit pasut ini akan menimbulkan air tinggi pada dua lokasi dan air rendah pada dua lokasi (Gross, 1990).

2.2.1.2 Teori Pasang Surut Dinamik (*Dynamical Theory*)

Dalam teori ini lautan yang homogen masih diasumsikan menutupi bumi pada kedalaman yang konstan, tetapi gaya-gaya tarik periodik dapat membangkitkan gelombang dengan periode sesuai dengan konstitue-konstituennya (Pond dan Pickard, 1978). Gelombang pasut yang terbentuk dipengaruhi oleh GPP, kedalaman dan luas perairan, pengaruh rotasi bumi, dan pengaruh gesekan dasar. Teori ini pertama kali dikembangkan oleh Laplace (1749—1827). Teori ini melengkapi teori kesetimbangan sehingga sifat-sifat pasut dapat diketahui secara kuantitatif. Menurut teori dinamis, gaya pembangkit pasut menghasilkan gelombang pasut (*tide wave*) yang periodenya sebanding dengan gaya pembangkit pasut. Karena terbentuknya gelombang, maka terdapat faktor lain yang perlu diperhitungkan selain GPP. Menurut Defant (1958), faktor-faktor tersebut adalah :

- Kedalaman perairan dan luas perairan
- Pengaruh rotasi bumi (gaya Coriolis)
- Gesekan dasar rotasi bumi menyebabkan semua benda bergerak di permukaan bumi akan berubah arah (*Coriolos Effeck*).

Menurut Mac Millan (1966) berkaitan dengan fenomena pasut, gaya Coriolis mempengaruhi arus pasut. Faktor gesekan dasar dapat mengurangi tunggang pasut dan menyebabkan keterlambatan fase (*Phase lag*) serta mengakibatkan persamaan gelombang pasut menjadi non linier semakin dangkal perairan maka semakin besar pengaruh gesekannya.

2.2.2 Faktor Penyebab Terjadinya Pasang Surut

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya pasang surut berdasarkan teori kesetimbangan adalah rotasi bumi pada sumbunya, revolusi bulan terhadap matahari, revolusi bumi terhadap matahari. Sedangkan berdasarkan teori dinamis adalah kedalaman dan luas perairan, pengaruh rotasi bumi (gaya coriolis), dan gesekan dasar. Selain itu juga terdapat beberapa faktor lokal yang dapat mempengaruhi pasut suatu perairan seperti, topografi dasar laut, lebar selat, bentuk teluk, dan sebagainya, sehingga berbagai lokasi memiliki ciri pasang surut yang berlainan (Wyrcki, 1961).

Pasang surut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi. Gravitasi bervariasi secara langsung dengan massa tetapi berbanding terbalik terhadap jarak. Meskipun ukuran bulan lebih kecil dari matahari, gaya tarik gravitasi bulan dua kali lebih besar daripada gaya tarik matahari dalam membangkitkan pasang surut laut

karena jarak bulan lebih dekat daripada jarak matahari ke bumi. Gaya tarik gravitasi menarik air laut ke arah bulan dan matahari dan menghasilkan dua tonjolan (*bulge*) pasang surut gravitasional di laut. Lintang dari tonjolan pasang surut ditentukan oleh deklinasi, yaitu sudut antara sumbu rotasi bumi dan bisang orbital bulan dan matahari (Priyana, 1994).

Bulan dan matahari keduanya memberikan gaya gravitasi tarikan terhadap bumi yang besarnya tergantung kepada besarnya masa benda yang saling tarik menarik tersebut. Gaya-gaya ini mengakibatkan air laut, yang menyusun 71% permukaan bumi, menggelembung pada sumbu yang menghadap ke bulan. Gaya tarik gravitasi matahari juga memiliki efek yang sama namun dengan derajat yang lebih kecil. Daerah-daerah pesisir mengalami dua kali pasang dan dua kali surut selama periode sedikitnya di atas 24 jam (Priyana, 1994).

2.2.3 Tipe Pasang Surut

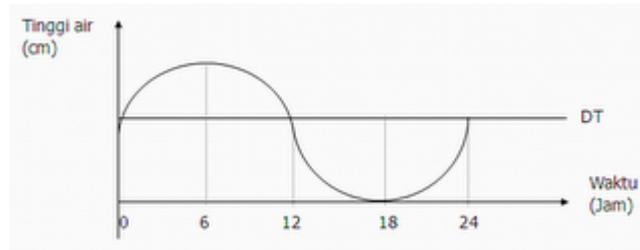
Perairan laut memberikan respon yang berada terhadap gaya pembangkit pasang surut, sehingga terjadi tipe pasang surut yang berlainan di sepanjang pesisir. Menurut Dronkers (1964), ada tiga tipe pasut yang dapat diketahui, yaitu :

- a. Pasang surut diurnal. Yaitu bila dalam sehari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Biasanya terjadi di laut sekitar katulistiwa.
- b. Pasang surut semi diurnal. Yaitu bila dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang hampir sama tingginya.
- c. Pasang surut campuran. Yaitu gabungan dari tipe 1 dan tipe 2, bila bulan melintasi katulistiwa (deklinasi kecil), pasutnya bertipe semi diunal, dan jika deklinasi bulan mendekati maksimum, terbentuk pasut diunal.

Menurut Wyrтки (1961), pasang surut di Indonesia dibagi menjadi 4 (empat) yaitu:

a. Pasang surut harian tunggal (*Diurnal Tide*)

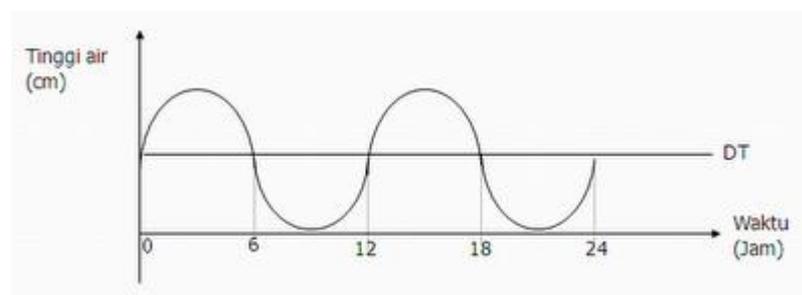
Merupakan pasut yang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari ini terdapat di Selat Karimata.



Gambar 2.2 Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)

b. Pasang surut harian ganda (*Semi Diurnal Tide*)

Merupakan pasut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang tingginya hampir sama dalam satu hari, ini terdapat di Selat Malaka hingga Laut Andaman.

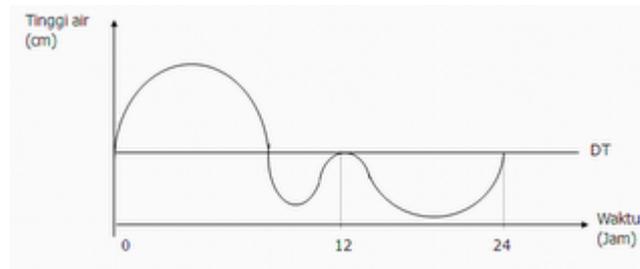


Gambar 2.3 Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*)

c. Pasang surut campuran condong harian tunggal (*Mixed Tide, Prevailing Diurnal*)

Merupakan pasut yang tiap harinya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut tetapi terkadang dengan dua kali pasang dan dua kali surut yang berbeda

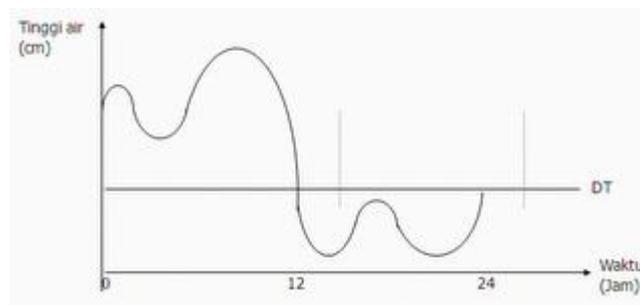
dalam tinggi dan waktunya, ini terdapat di Pantai Selatan Kalimantan dan Pantai Utara Jawa Barat.



Gambar 2.4 Pasang surut campuran condong harian tunggal (*Mixed Tide, Prevailing Diurnal*)

- d. Pasang surut campuran condong harian ganda (*Mixed Tide, prevailing Semi Diurnal*)

Merupakan pasang surut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari tetapi terkadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan memiliki tinggi dan waktu yang berbeda, ini terdapat di Pantai Selatan Jawa dan Indonesia bagian Timur.



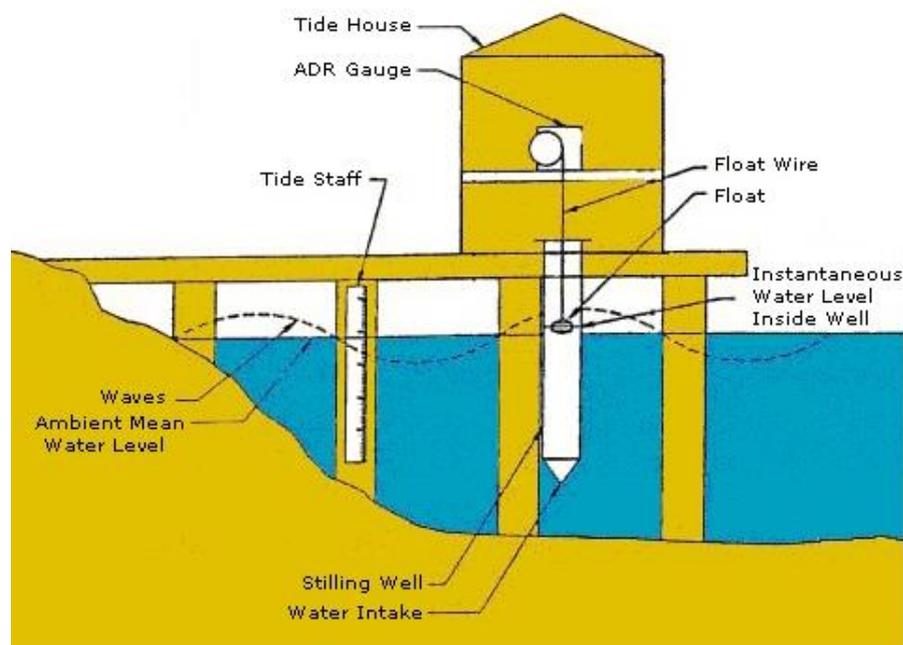
Gambar 2.5 Pasang surut campuran condong harian ganda (*Mixed Tide, prevailing Semi Diurnal*)

2.2.4 Alat Pengukur Pasang Surut

Beberapa alat pengukuran pasang surut diantaranya adalah sebagai berikut :

2.2.4.1 Tide Staff.

Alat ini berupa papan yang telah diberi skala dalam meter atau centi meter. Biasanya digunakan pada pengukuran pasang surut di lapangan. *Tide staff* (papan pasut) merupakan alat pengukuran pasut paling sederhana yang umumnya digunakan untuk mengamati ketinggian muka laut atau tinggi gelombang air laut. Bahan yang digunakan biasanya terbuat dari kayu, aluminium atau bahan lain yang di cat anti karat.



Gambar 2.6 Alat Pengukur Pasang Surut *Tide Staff*

2.2.4.2 Tide gauge

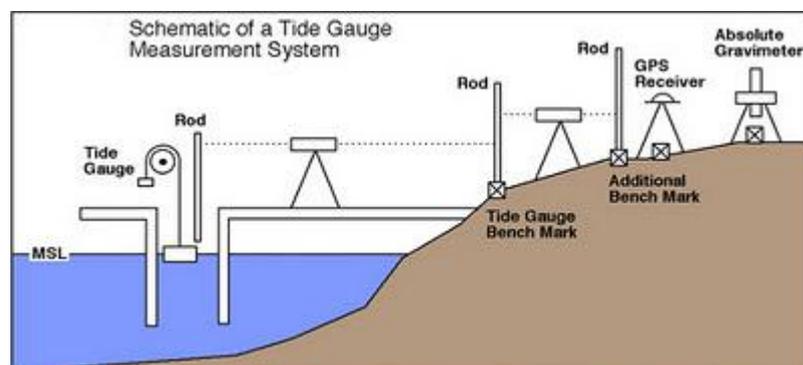
Merupakan perangkat untuk mengukur perubahan muka laut secara mekanik dan otomatis. Alat ini memiliki sensor yang dapat mengukur ketinggian permukaan air laut yang kemudian direkan ke dalam komputer. *Tide gauge* terdiri dari dua jenis :

a. *Floating tide gauge (self registering)*

Prinsip kerja alat ini berdasarkan naik turunnya permukaan air laut yang dapat diketahui pelampung yang dihubungkan dengan alat pencatat (*recording unit*). Pengamatan pasut dengan alat ini banyak dilakukan, namun yang lebih banyak dipakai adalah dengan cara rambu pasut.

b. *Pressure tide gauge (self registering)*

Prinsip kerja presure *tide gauge* hampir sama dengan *floating tide gauge*, namun perubahan naik-turunnya air laut direkam melalui perubahan tekanan pada dasar laut yang dihubungkan dengan alat pencatat (*recording unit*). Alat ini dipasang sedemikian rupa sehingga selalu berada di bawah permukaan air laut tersurut, namun alat ini jarang sekali dipakai untuk pengamatan.



Gambar 2.7 Alat Pengukur Pasang Surut *tide gauge*

2.2.4.3 Satelit

Prinsip dasar Satelit Altimetri adalah satelite altimetri dilengkapi dengan pemancar pulsa radar (*transmitter*), penerima pulsa radar yang sensitif (*receiver*), serta jam berakurasi tinggi. Pada sistem ini, altimeter radar yang dibawa oleh satelit memancarkan pulsa-pulsa gelombang elektromagnetik (radar) kepermukaan laut. Pulsa-pulsa tersebut dipantulkan balik oleh permukaan laut dan diterima kembali oleh satelit. Prinsip penentuan perubahan kedudukan muka laut dengan teknik altimetri yaitu pada dasarnya satelit altimetri bertugas mengukur jarak vertikal dari satelit kepermukaan laut. Karena tinggi satelit di atas permukaan elipsoid referensi diketahui maka tinggi muka laut (*Sea Surface Height* atau SSH) saat pengukuran dapat ditentukan sebagai selisih antara tinggi satelit dengan jarak vertikal.

2.3 Komponen Pasang Surut

Pasang surut bersifat periodik sehingga dapat diramalkan. Untuk meramalkan pasang surut dibutuhkan besaran amplitudo dan fase dari tiap komponen pembangkit pasang surut. Komponen-komponen utama pasang surut terdiri dari komponen tengah harian, pasang surut harian dan pasang surut periode panjang. Namun demikian, karena interaksinya dengan bentuk morfologi pantai dan superposisi antar gelombang pasang surut komponen utama, terbentuk komponen-komponen pasang surut yang baru. Komponen-komponen utama ini disebut juga frekuensi astronomi yang digunakan dalam pembuatan program interaktif untuk penguraian komponen pasang surut.

Tabel 2.1: 13 Komponen harmonik pasut yang penting

Nama Komponen	Simbol	Frekuensi (deg/jam)	Periode(jam)
Tengah harian			
<i>(Semi-diurnal):</i>			
- <i>Principal lunar</i>	M ₂	28,98	12,42
- <i>Principal solar</i>	S ₂	30,00	12,00
- <i>Large lunar elliptic</i>	N ₂	28,44	12,66
- <i>Lunar-solar</i>	K ₂	30,08	11,97
<i>semi diurnal Harian (diurnal)</i>			
- <i>Luni-solar diurnal</i>	K ₁	15,04	23,94
- <i>Principal lunar diurnal</i>	O ₁	13,94	25,82
- <i>Principal solar diurnal</i>	P ₁	14,96	24,06
- <i>Large lunar elliptic</i>	Q ₁	13,40	26,87
<i>Periode Panjang (long-period)</i>			
- <i>Lunar fortnightly</i>	M _f	1,1	327,86
- <i>Lunar monthly</i>	M _m	0,54	661,31
- <i>Solar semi-diurnal</i>	S _{sa}	0,08	4382,80
Komponen laut dangkal	M ₄	57,97	6,21
	MS ₄	58,98	6,10

Doodson dalam (Zakaria, 2009) mengembangkan metode sederhana untuk menentukan komponen-komponen(*contituents*) utama pasang surut, dengan menggunakan panjang data pengamatan pasang surut 15 dan 29 harian dengan pengamatan jam-jaman. Metode yang dikembangkan oleh Doodson ini dinamakan metode Admiralty. Dalam metode Admiralty tidak menjelaskan secara rinci dalam pengambilan tanggal dalam memulai pengamatan 15 hari, tetapi dalam penelitian ini menggunakan tanggal 1 dan tanggal 16 tiap bulan. Dan pengamatan 29 hari dimulai tanggal 1 tiap bulannya. Ke 9 komponen yang digunakan doodson tersebut adalah seperti dalam Tabel 2.2 berikut,

Tabel 2.2 Tabel frekuensi 9 komponen gelombang pasut

No.	Jenis Komponen	Frekuensi (deg/jam)	Periode (jam)
1	K1	15,05	23,94
2	O1	13,94	25,82
3	P1	14,96	24,06
4	M2	28,96	12,42
5	S2	30,00	12,00
6	K2	30,08	11,97
7	N2	28,44	12,66
8	M4	57,97	6,21
9	MS4	58,98	6,10

2.4 Metode Spektral

Dalam penelitian ini metode pengolahan data menggunakan metode *Spektral*. Metode *Spektral* merupakan metode transformasi yang dipresentasikan sebagai *Fourier Transform* (Zakaria, 1998; Zakaria, 2003)

$$P(f_m) = \frac{\Delta t}{2\sqrt{\pi}} \sum_{n=-N/2}^{n=N/2} P(t_n) e^{-\frac{2\pi \cdot i}{M} m \cdot n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana $P(t_n)$ merupakan data pasang surut dominan waktu (*time series*) dan $P(f_m)$ merupakan data pasang surut dalam dominan frekuensi (*frequency domain*). t_n merupakan seri waktu yang menunjukkan jumlah data sampai ke N , f_m merupakan seri frekuensi (*frequency domain*).

Berdasarkan data frekuensi pasang surut yang didapat menggunakan metode spektrum, dihasilkan frekuensi yang mempunyai amplitudo dominan. Dan membandingkan frekuensi yang didapat dari metode spektrum dengan frekuensi astronomi.