

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Pasang Surut Air Laut

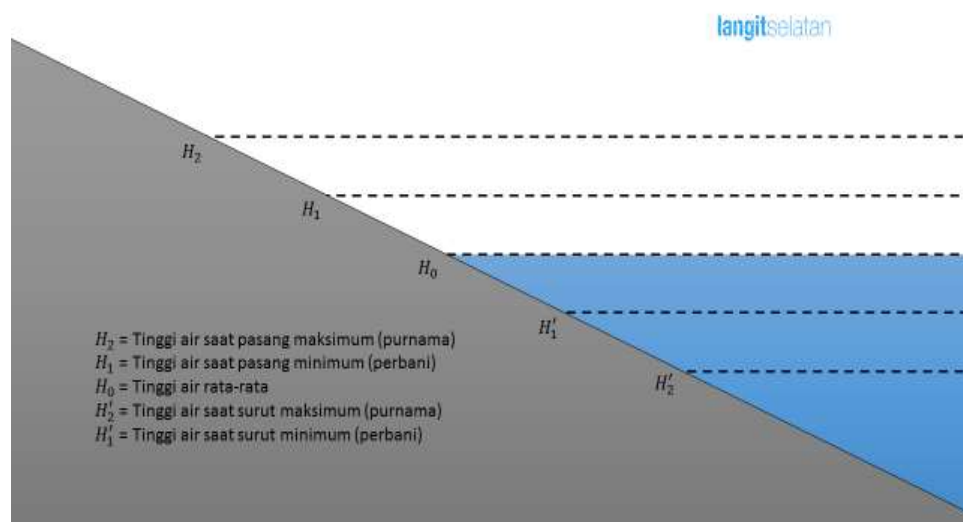
Kita mungkin sering mendengar kata pasang surut air laut. Seperti ketika kita memilih laut sebagai destinasi wisata, mungkin informasi yang di banyak dicari sebelumnya adalah mengenai kondisi dari laut tujuan wisata itu sendiri, apakah sedang dalam kondisi baik maupun tidak. Salah satu kondisi yang menjadi tolak ukur adalah pasang surutnya air laut. Apabila laut sedang pasang maka akan lebih baik kita tidak memilih laut sebagai tujuan wisata. Sebaliknya apabila laut sedang surut mungkin hal itu baik untuk kita memilih wisata laut. Pasang merupakan kondisi atau keadaan dimana air laut naik daripada biasanya. Sementara surut merupakan kondisi dimana permukaan air laut turun dari pada biasanya. Pada intinya, pasang surut merupakan fenomena pergerakan naik ataupun turunnya posisi permukaan perairan laut secara berkala yang disebabkan oleh faktor-faktor tertentu. Pasang surut air laut ini akan terjadi bergantian sesuai dengan periodenya atau faktor yang mempengaruhinya masing-masing. Selain itu, pasang surut yang terjadi pada lautan ini mempunyai beberapa tipe yang berbeda-beda. Hal ini akan kita jelaskan secara detail pada pembahasan di karya tulis ini.

Pasang Surut Air Laut adalah peristiwa perubahan tinggi rendahnya permukaan laut yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi benda-benda astronomi, terutama matahari dan bulan. Pengaruh benda astronomi lainnya sangatlah kecil karena ukurannya yang lebih kecil dari matahari dan jaraknya lebih jauh dari bulan. Periode pasang surut yang terjadi di seluruh dunia bervariasi, kebanyakan antara 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit. Pasang surut air laut merupakan salah satu gerak air laut selain gelombang laut dan arus laut. Pasang surut terdiri dari dua kata, yaitu pasang yang berarti keadaan saat permukaan air laut lebih tinggi dari pada rata-rata, dan surut yang berarti

keadaan saat permukaan air laut lebih rendah dari pada rata-rata. Di Indonesia istilah pasang surut sering disingkat dengan pasut. (Ahab, 2017).

Untuk memahami mekanisme pasut, terlebih dahulu perlu diketahui bahwa tinggi air laut di pantai memiliki nilai rata-rata. Nilai ketinggian rata-rata ini merupakan nilai ketinggian permukaan air laut di saat normal, yakni saat tidak sedang terjadi pasut. Jika tinggi permukaan air laut berada di atas nilai rata-rata ini, berarti permukaan laut sedang naik dan hal ini disebut “pasang”. Sebaliknya, saat tinggi permukaan air laut berada di bawah nilai rata-rata akan disebut sebagai “surut”

Mereka yang tinggal di tepi pantai biasanya akan dengan mudah membedakan pasang dan surut ini. Jika digunakan contoh sederhana, di saat pasang daerah yang berpasir di pantai menjadi lebih sempit karena terendam air. Sedangkan saat surut, daerah berpasir di pantai menjadi lebih luas. Selisih antara tinggi air saat laut pasang dengan tinggi air saat laut surut akan disebut sebagai “tinggi pasut”.



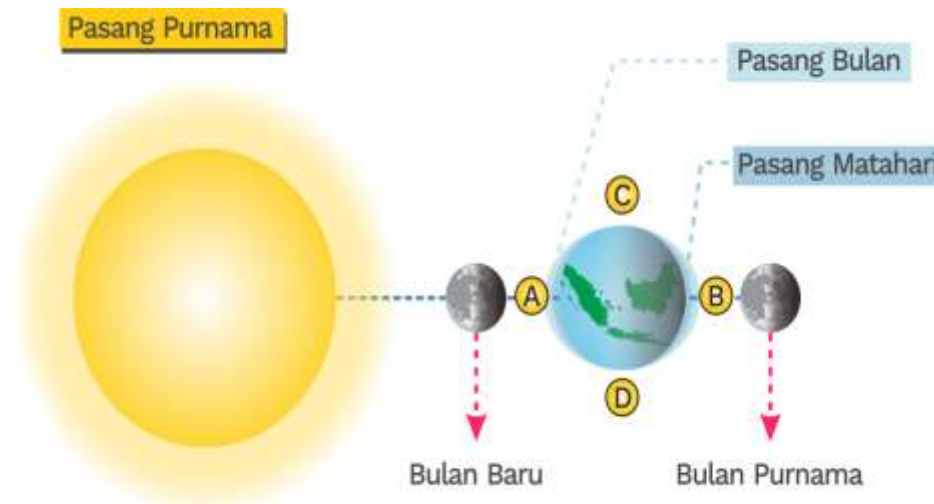
Gambar 1 Batas tinggi permukaan air saat laut mengalami pasang surut
 Sumber: langit selatan

Pasang surut yang terjadi di bumi ada tiga jenis yaitu: pasang surut atmosfer (*atmospheric tide*), pasang surut laut (*oceanic tide*) dan pasang surut bumi padat (*tide of the solid earth*). (Bambang Triatmodjo, 2003)

Pasang surut air laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. 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 dan 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. (Bambang Triatmodjo, 2003)

Pada pasang purnama, faktor yang paling dominan bekerja adalah gaya gravitasi bulan. Besarnya dua kali lipat gaya gravitasi yang disebabkan oleh matahari. Hal ini dikarenakan posisi bulan yang lebih dekat dengan bumi. Gaya gravitasi menyebabkan tarikan air laut ke arah bulan dan matahari sehingga menghasilkan dua tonjolan keluar (*bulge*) air laut. Terdapat dua jenis pasang yaitu pasang purnama (*spring tide*) dan pasang perbani (*neap tide*). Berikut merupakan ilustrasi fenomena pasang laut purnama:



Gambar 2 Pasang purnama

Sumber: langit selatan

Terlihat dari gambar fenomena air laut pasang purnama terjadi dua kali dalam sebulan yaitu saat bulan baru (*new moon*) dan bulan purnama (*full moon*). Hal ini terjadi saat matahari, bumi dan bulan berada pada satu garis lurus. Pada saat

ini permukaan air laut pada daerah yang mengalami purnama akan pasang pada titik tertinggi (titik A dan B), dan daerah yang tidak mengalami purnama akan surut pada titik terendah (titik C dan D).

Sedangkan pada pasang perbani (neap tide) terjadi saat bumi, bulan dan Matahari membentuk sudut tegak lurus satu sama lain. Pada saat ini permukaan air laut mengalami pasang naik yang tidak terlalu tinggi (titik A dan B) dan surut yang tidak terlalu rendah (titik C dan D). Pasang laut perbani ini terjadi pada saat bulan kuartal pertama dan kuartal ketiga. Berikut merupakan ilustrasi fenomena pasang laut perbani:



Gambar 3 Pasang perbani
Sumber: langit selatan

2.2 Teori Pasang Surut Air Laut

a. Teori Keseimbangan (*Equilibrium Theory*)

Teori keseimbangan dikemukakan oleh *Sir Isaac Newton*. Teori ini menjelaskan mengenai sifat-sifat pasang surut air laut secara kualitatif. Teori ini terjadi pada Bumi ideal dimana seluruh permukaannya ditutupi oleh air dan juga pengaruh kelembaban diabaikan. Teori keseimbangan juga menyatakan bahwa naik turunnya permukaan air laut ini sebanding dengan gaya pembangkit pasang surut. Maka dari itu untuk memahami gaya pembangkit dari pasang surut ini dilakukan dengan memisahkan pergerakan sistem bumi, bulan, matahari menjadi dua macam, yakni bumi-bulan dan bumi-matahari.

Teori ini diasumsikan tertutup air dimana kedalaman dan juga densitas sama dan naik turun muka laut sebanding dengan gaya pembangkit pasang surut atau resultante gaya tarik bulan dan gaya *sentrifugal*.

Teori keseimbangan ini berkaitan dengan hubungan antara laut, massa air yang naik, bulan dan juga matahari dimana gaya pembangkit ini akan menimbulkan air tinggi pada dua lokasi, dan juga air rendah pada dua lokasi.

1. Rotasi Bumi pada Sumbunya.
2. Revolusi Bulan Terhadap Matahari.
3. Revolusi Bumi Terhadap Matahari.

b. Teori Pasang Surut Dinamik (*Dynamical Theory*)

Teori pasang surut dinamik ini dikemukakan oleh *Laplace*. Teori pasang surut dinamik ini melengkapi teori keseimbangan yang telah dijelaskan di atas, sehingga sifat-sifat pasang surut dapat diketahui secara kuantitatif. Teori pasang surut dinamis ini menyatakan lautan yang homogen masih diasumsikan menutupi seluruh permukaan bumi dengan kedalaman yang konstan. Namun keberadaan gaya tarik periodik dapat membangkitkan gelombang dengan periode yang sesuai dengan konstitue-konstituenya. Teori ini juga menyatakan bahwa gelombang pasang surut terbentuk karena dipengaruhi oleh *resultante* gaya tarik bulan dan gaya *sentrifugal*, kedalaman dan luas perairan, pengaruh rotasi bumi dan pengaruh gesekan dasar. Selain factor-faktor tersebut, menurut teori ini pasang surut air laut juga dipengaruhi oleh:

1. Kedalaman perairan dan luas perairan.
2. Pengaruh rotasi Bumi.
3. Gesekan dasar rotasi Bumi.

Rotasi bumi menyebabkan semua benda yang bergerak di permukaan bumi akan berubah arah (*Coriolis Effect*). Di belahan bumi utara benda membelok ke kanan, sedangkan di belahan bumi selatan benda membelok ke kiri. Pengaruh ini tidak terjadi di equator, tetapi semakin meningkat sejalan dengan garis lintang dan mencapai maksimum pada kedua kutub. Besarnya juga bervariasi tergantung pada kecepatan pergerakan benda tersebut.

Menurut *Mac Millan (1966)* berkaitan dengan dengan fenomeana 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.

c. Teori Pasang Surut Kisaran (*Tidal Ranges Theory*)

Kisaran pasang surut (*tidal ranges*), yaitu perbedaan tinggi air pada saat pasang maksimum dengan tinggi air pada saat surut minimum, rata-rata berkisar antara 1 meter hingga 3 meter. Sebagai contoh, di Tanjung Priok Jakarta hanya sekitar 1 meter, Ambon sekitar 2 meter, Bagan Siapi-api sekitar 4 meter, sedangkan yang tertinggi di muara Sungai Digul dan Selat Muli di Irian Jaya dapat mencapai sekitar 7 sampai 8 meter. Faktor-faktor alam yang dapat mempengaruhi terjadinya pasang surut antara lain: dasar perairan, letak benua dan pulau serta pengaruh gaya *coriolis*. Dasar perairan, terutama pada perairan dangkal, memperlambat perambatan gerakan pasang, sehingga suatu tempat dapat mempunyai Lunital Interval yang besar. Tahanan dasar dapat juga meredam energi pasang, sehingga pada perairan tertentu pasang sangat kecil. Pantai atau pulau dapat menyebabkan pematahan (*refraksi*) atau pemantulan (*refleksi*) gelombang pasang. Demikian pula gaya *coriolis* dapat mengubah perambatan pasang. Akibat adanya fenomena peredaman, pematahan dan pemantulan, maka komponen pasang mengalami perubahan tidak sama. Beberapa tempat misalnya hanya mengalami pasang naik satu kali, sedangkan di tempat lain terjadi dua kali pasang dan ada pula kombinasi dari kedua fenomena ini.

2.3 Faktor Penyebab Terjadinya Psang 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 disuatu perairan seperti, topografi dasar laut, lebar selat, bentuk teluk, dan sebagainya, sehingga berbagai lokasi memiliki ciri pasang surut yang berlainan (Wyrski, 1961).

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 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 bidang 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. Bulan memberikan gaya tarik (gravitasi) yang lebih besar dibanding matahari. Hal ini disebabkan karena walaupun masa bulan lebih kecil dari matahari, tetapi posisinya lebih dekat ke bumi. Gaya-gaya ini mengakibatkan air laut, yang menyusun 71% permukaan bumi, menggelembung pada sumbu yang menghadap ke bulan. 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 dari pada 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, sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang *orbital*

bulan dan matahari (Triatmodjo, 1999). Menurut Pariwono (1981) dalam Suyarso, 1989 menyatakan bahwa pasangan matahari dan bumi akan menghasilkan fenomena pasang surut yang mirip dengan fenomena yang diakibatkan oleh pasangan bumi bulan. Perbedaan yang utama adalah Gaya Penggerak Pasut (GPP) yang disebabkan oleh matahari hanya sebesar separuh kekuatan yang disebabkan oleh bulan. Hal ini disebabkan oleh jarak bumi dengan bulan yang jauh lebih dekat dari pada jarak matahari dengan bumi walaupun massa matahari lebih besar daripada bulan. Komponen harmonik pasang surut ini dibedakan menjadi tiga yaitu komponen tengah harian, komponen harian dan komponen periode panjang.

d. Topografi dasar laut

Faktor lainnya diluar kedua teori tentang pasang surut (yakni teori keseimbangan dan teori dinamis) adalah topografi dasar laut. Topografi dasar laut merupakan keadaan bentang alam yang ada di dasar suatu samudera atau lautan. Keadaan bentang alam ini ternyata sangat mempengaruhi terjadinya pasang surut air laut. Topografi yang rata, intensitas dan juga besarnya pasang surut tentu tidak akan sama dengan laut yang topografinya beraneka ragam, seperti ada tonjolan maupun ada cekungan.

e. Lebar selat

Faktor selanjutnya yang mempengaruhi terjadinya pasang surut air laut adalah lebar selat. Selat merupakan perairan yang memisahkan dua pulau. Selat biasanya berukuran lebih sempit daripada lautan karena diapit oleh dua pulau. Dan lebar dari selat ini dipercaya memberikan pengaruh terhadap suatu laut dalam mengalami peristiwa pasang surut.

f. Bentuk teluk

Selain lebar selat dan bentuk topografi dasar laut, faktor lainnya yang dipercaya dapat mempengaruhi terjadinya pasang surut air laut adalah bentuk teluk. Teluk merupakan bagian dari daratan dimana air laut lebih menjorok ke dalam daratan. sehingga apabila kita lihat, teluk ini seperti kue yang sudah

digigit dan ada bagian yang lebih menjorok ke daratan. Bentuk dari teluk ternyata juga mempengaruhi terjadinya pasang surut. Teluk yang berupa pantai landai akan berbeda dengan teluk yang berupa tebing curam. Terlebih ketika pasang terjadi. Pantai yang landai akan lebih terlihat pasang apabila dibandingkan dengan dinding jurang yang curam karena ditahan oleh dinding jurang tersebut.

2.4 Jenis-Jenis Pasang Surut Air Laut

a. Pasang Surut Harian Tunggal (*Diurnal Tide*)

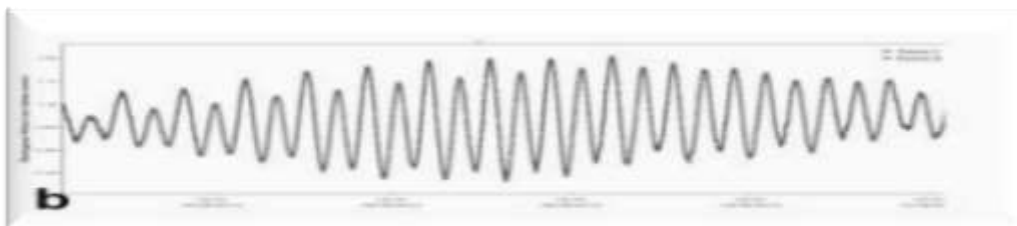
Terjadinya satu kali air pasang dan satu kali air surut dengan periode rata-rata 12 jam 24 menit.



Gambar 4 Pasang surut harian tunggal
Sumber: ilmu kelautan

b. Pasang Surut Harian Ganda (*Semi Diurnal Tide*)

Terjadinya dua kali pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dalam satu hari (secara berurutan dan teratur). Periode pasang surut biasanya 24 jam 50 menit.



Gambar 5 Pasang surut harian ganda
Sumber: ilmu kelautan

c. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Tunggal.

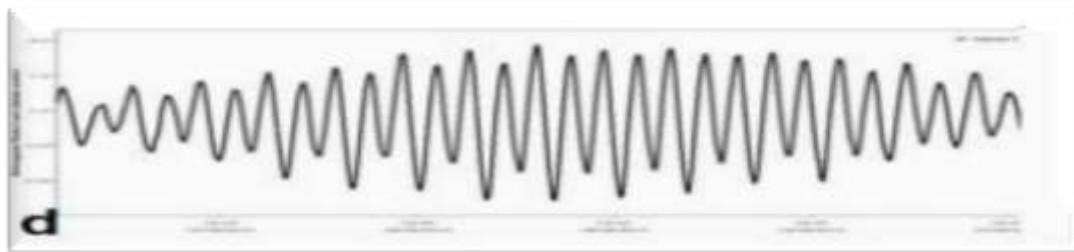
Terjadinya satu kali air pasang dan satu kali air surut dalam satu hari, tetapi terkadang hanya untuk sementara waktu (sementar) terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut.



Gambar 6 Pasang surut condong ke harian tunggal
Sumber: ilmu kelautan

d. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda.

Terjadinya dua kali air pasang dan dua kali air surut tetapi dengan tinggi permukaan laut dan periode yang berbeda-beda. (Prima Tegar Anugrah, 2013)



Gambar 7 Pasang surut campuran condong ke harian ganda
Sumber: ilmu kelautan

2.5 Elevasi Muka Air Laut Rencana

Elevasi muka air laut rencana merupakan parameter sangat penting di dalam perencanaan bangunan pantai. Elevasi tersebut merupakan penjumlahan dari beberapa parameter yaitu pasang surut, *wave setup*, *wind setup*, dan kenaikan muka air karena perubahan suhu global. Tsunami tidak diperhitungkan mengingat kejadiannya sangat jarang. Apabila tsunami diperhitungkan, akan menyebabkan bangunan menjadi sangat besar, sementara terjadinya belum tentu seratus atau dua ratus tahun sekali. Di Indonesia sangat jarang terjadi badai, sehingga sering pengaruh *wind setup* tidak diperhitungkan dalam menentukan muka air laut rencana.

Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Muka air tinggi (*high water level*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*low water level*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.

3. Muka air tinggi rerata (*mean high water level, MHWL*), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rendah rerata (*mean low water level, MLWL*), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. Muka air laut rerata (*mean sea level, MSL*), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.
6. Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level, HHWL*), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Muka air rendah terendah (*lowest low water level, LLWL*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
8. *Higher high water level*, adalah air tertinggi dari dua air tinggi dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran.
9. *Lower low water level*, adalah air terendah dari dua air rendah dalam satu hari.

2.6 Manfaat Dan Arus Pasang Surut Air Laut

1. Manfaat Pasang Surut Air Laut

Pasang surut air laut bukan saja merupakan sebuah fenomena biasa. Pasang surut yang terjadi di lautan ini ternyata membawa dampak baik bagi manusia yang *notabene* tinggal di daratan. Pasang surut air laut ini memberikan manfaat karena tenaga yang ditimbulkannya. Beberapa manfaat pasang surut air laut ini untuk manusia antara lain sebagai berikut:

a. Sumber penghasil tenaga listrik

Pasang surut air laut dapat menghasilkan tenaga yang besar. Tenaga yang besar ini dapat dimanfaatkan salah satunya sebagai tenaga untuk penghasil tenaga listrik. Pembangkit listrik tenaga ombak sudah banyak dikembangkan untuk menyokong keberadaan listrik di bumi. Kita semua mengetahui bahwa listrik sangat dibutuhkan bagi semua elemen atau lapisan masyarakat, maka

dari itu manusia mengembangkan pembangkit listrik yang bersumber dari alam supaya keberadaannya tidak terancam habis.

b. Dapat menghasilkan garam

Pasang surut air laut juga dapat menghasilkan garam. Air laut merupakan bahan baku untuk membuat garam. Garam dihasilkan dari air laut yang dikeringkan. Kita semua mengetahui bahwasannya garam sangat dibutuhkan bagi kehidupan sehari-hari. Dengan demikian pasang surut air laut membawa manfaat yang begitu banyak bagi manusia.

c. Melakukan surfing atau selancar

Bagi penyuka olahraga ekstrim, maka pasang surut air laut dapat menjadi berkah tersendiri. Pasalnya pasang surut air laut dapat memberikan peluang bagi peselancar untuk menunjukkan kebolehannya. Air laut pada saat pasang biasanya mempunyai ombak yang besar. Peselancar memanfaatkan keadaan tersebut untuk berselancar. Biasanya selancar merupakan olahraga yang istimewa dan mempunyai penggemarnya sendiri.

d. Pasang surut untuk kehidupan sehari-hari.

Pengetahuan pasang surut dalam dunia pelayaran sangat berguna sekali, terutama jika mengetahui jadwal pasang surut di suatu pelabuhan, maka dengan mudah sebuah kapal dapat masuk dan meninggalkan pelabuhan tersebut. Demikian pula energi yang ditimbulkan oleh arus pasang surut dalam jumlah besar dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit tenaga listrik. Sedangkan khusus dalam dunia perikanan, fenomena pasang surut dapat dimanfaatkan untuk menangkap jenis-jenis ikan pantai dengan menggunakan alat perangkap, seperti bubu dan sero. Demikian pula fenomena ini dapat dimanfaatkan dalam melakukan penggantian air di tambak.

2. Arus Pasang Surut Air Laut

Gerakan air vertikal yang berhubungan dengan naik dan turunnya pasang surut, diiringi oleh gerakan air *horizontal* yang disebut dengan arus pasang

surut. Permukaan air laut senantiasa berubah-ubah setiap saat karena gerakan pasut, keadaan ini juga terjadi pada tempat-tempat sempit seperti teluk dan selat, sehingga menimbulkan arus pasut (*Tidal current*). Gerakan arus pasut dari laut lepas yang merambat ke perairan pantai akan mengalami perubahan, faktor yang mempengaruhinya antara lain adalah berkurangnya kedalaman (Mihardja et., al 1994).

Menurut King (1962), arus yang terjadi di laut teluk dan laguna adalah akibat massa air mengalir dari permukaan yang lebih tinggi ke permukaan yang lebih rendah yang disebabkan oleh pasut. Arus pasang surut adalah arus yang cukup dominan pada perairan teluk yang memiliki karakteristik pasang (*Flood*) dan surut atau ebb. Pada waktu gelombang pasut merambat memasuki perairan dangkal, seperti muara sungai atau teluk, maka badan air kawasan ini akan bereaksi terhadap aksi dari perairan lepas.

Pada daerah-daerah di mana arus pasang surut cukup kuat, tarikan gesekan pada dasar laut menghasilkan potongan arus *vertikal*, dan *resultan turbulensi* menyebabkan bercampurnya lapisan air bawah secara vertikal. Pada daerah lain, di mana arus pasang surut lebih lemah, pencampuran sedikit terjadi, dengan demikian stratifikasi (lapisan-lapisan air dengan kepadatan berbeda) dapat terjadi. Perbatasan antar daerah-daerah kontras dari perairan yang bercampur dan terstratifikasi seringkali secara jelas didefinisikan, sehingga terdapat perbedaan lateral yang ditandai dalam kepadatan air pada setiap sisi batas.

2.7 Alat-Alat Pengukuran Pasang Surut Air Laut

Beberapa alat pengukuran pasang surut diantaranya adalah sebagai berikut :

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 pengukur 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.

Syarat pemasangan papan pasut adalah :

- a. Saat pasang tertinggi tidak terendam air dan pada surut terendah masih tergenang oleh air.
- b. Jangan dipasang pada gelombang pecah karena akan bias atau pada daerah aliran sungai (aliran debit air).
- c. Jangan dipasang didaerah dekat kapal bersandar atau aktivitas yang menyebabkan air bergerak secara tidak teratur.
- d. Dipasang pada daerah yang terlindung dan pada tempat yang mudah untuk diamati dan dipasang tegak lurus.
- e. Cari tempat yang mudah untuk pemasangan misalnya dermaga sehingga papan mudah dikaitkan.
- f. Dekat dengan bench mark atau titik referensi lain yang ada sehingga data pasang surut mudah untuk diikatkan terhadap titik referensi.
- g. Tanah dan dasar laut atau sungai tempat didirikannya papan harus stabil.
- h. Tempat didirikannya papan harus dibuat pengaman dari arus dan sampah

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 direkam ke dalam komputer.

Tide gauge terdiri dari dua jenis yaitu :

- *Floating tide gauge (self registering)*

Prinsip kerja alat ini berdasarkan naik turunnya permukaan air laut yang dapat diketahui melalui 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.

- *Pressure tide gauge (self registering)*

Prinsip kerja *pressure 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 pasang surut.

3. Satelit.

Sistem satelit altimetri berkembang sejak tahun 1975 saat diluncurkannya sistem satelit *Geos-3*. Pada saat ini secara umum sistem satelit *altimetri* mempunyai tiga objektif ilmiah jangka panjang yaitu mengamati sirkulasi lautan global, memantau volume dari lempengan es kutub, dan mengamati perubahan muka laut rata-rata (*MSL*) global. Prinsip Dasar Satelit *Altimetri* adalah satelit *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*) ke permukaan 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 ke permukaan laut. Karena tinggi satelit di atas permukaan *ellipsoid* referensi diketahui maka tinggi muka laut (*Sea Surface Height* atau *SSH*) saat pengukuran dapat ditentukan sebagai selisih antara tinggi satelit dengan jarak *vertikal*. Variasi muka laut periode pendek harus dihilangkan sehingga fenomena kenaikan muka laut dapat terlihat melalui analisis deret waktu (*time series analysis*). Analisis deret waktu dilakukan karena kita akan melihat variasi temporal periode panjang dan fenomena sekularnya.