

**KARAKTERISTIK GELOMBANG KELVIN ATMOSFER
MENGUNAKAN PERSAMAAN KORTEWEG DE VRIES**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sain



OLEH :

SILVA AZARIA MAHAPUTRI

00325/2008

PROGRAM STUDI FISIKA

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUANALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2014

PERSETUJUAN SKRIPSI

**KARATERISTIK GELOMBANG KELVIN ATMOSFER
MENGUNAKAN PERSAMAAN *KORTEWEG DE VRIES***

Nama : Silva Azaria Mahaputri
NIM : 00325
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Januari 2014

Disetujui Oleh

Pembimbing I,



Dra. Hidayati, M.Si
NIP. 19671111 199203 2 001

Pembimbing II,



Drs. Mahrizal, M.Si
NIP. 19510512 197603 1 005

PENGESAHAN

Dinyatakan Lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Fisika Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

**Judul : KARATERISTIK GELOMBANG KELVIN ATMOSFER
MENGUNAKAN PERSAMAAN KORTEWEG DE VRIES**

Nama : Silva Azaria Mahaputri
NIM : 00325
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Januari 2014

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

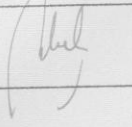
1. Ketua : Dra. Hidayati, M.Si
2. Sekretaris : Drs. Mahrizal, M.Si
3. Anggota : Prof. Dr. Festiyed, M.S
4. Anggota : Drs. Akmam, M.Si
5. Anggota : Drs. Masril, MS

1. 

2. 

3. 

4. 

5. 

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, Januari 2014

Yang menyatakan,

Silva Azaria Mahaputri

ABSTRAK

**Silva Azaria Mahaputri: Karateristik Gelombang Kelvin Atmosfer
Menggunakan Persamaan Korteweg De Vries**

Gelombang Kelvin atmosfer merupakan gelombang yang merambat ke arah timur dan mempunyai pertubasi angin zonal dan geopotensial yang bervariasi dalam arah meridional mengikuti fungsi Gaussian yang terpusat di ekuator. Gelombang Kelvin memiliki karakteristik gelombang yang rotasional dengan penjalaran gelombang yang stabil dan merambat tanpa perubahan bentuk. Karakteristik ini merupakan salah satu sifat dari soliton sebagai gelombang nonlinier. Penelitian ini bertujuan memperlihatkan karakteristik gelombang Kelvin secara analitik dan memperlihatkan pengaruh amplitudo gelombang dan ketinggian gelombang terhadap kecepatan angin menggunakan solusi persamaan Non Linear.

Penelitian yang dilakukan termasuk jenis penelitian deskriptif, yaitu penelitian yang bersifat analisis dan memaparkan dengan bahasa yang jelas. Penelitian ini mengkaji fenomena yang terjadi saat ini dengan membandingkan persamaan yang dihasilkan untuk membuat gambarannya berdasarkan analisis fisika yang dihasilkan, hasil persamaan yang didapat digambarkan dengan menggunakan program Maple 17.

Berdasarkan solusi persamaan Non Linear yang dihasilkan, dapat dianalisis sifat gelombang Kelvin Atmosfer yang menunjukkan bahwa besar kecepatan (v) gelombang Kelvin dipengaruhi oleh ketinggian (h) dan amplitudo (a), yaitu kecepatan gelombang Kelvin atmosfer sebanding dengan nilai amplitudo dan ketinggian lapisannya.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan karuniaNya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini. Sebagai judul skripsi ini yaitu: “Karateristik Gelombang Kelvin Atmosfer Menggunakan Persamaan *Korteweg De Vries*”. Penulisan laporan skripsi ini berguna untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) UNP.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis dibantu dan dibimbing oleh berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dra.Hidayati, M.Si, sebagai dosen Pembimbing I yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Mahrizal, M.Si sebagai dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Prof. Dr. Festiyed, M.S, Bapak Drs. Masril, M.Si, dan Bapak Drs, Akmam, M.Si sebagai dosen penguji.
4. Bapak Drs. Amran Hasra, sebagai Pembimbing Akademis (PA)
5. Bapak Drs. Akmam, M.Si sebagai Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNP.
6. Bapak dan Ibu Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA UNP.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam perencanaan, pelaksanaan, penyusunan dan penyelesaian skripsi ini.

Semoga bantuan dan bimbingan yang telah diberikan menjadi amal shaleh bagi Bapak dan Ibu serta mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan kelemahan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran untuk menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Padang, Januari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
A.Latar Belakang Masalah	1
B.Perumusan Masalah	4
C.Pembatasan Masalah	5
D.Pertanyaan Penelitian.....	5
E.Tujuan Penelitian.....	5
F.Kontribusi Penelitian.	5
BAB II KAJIAN TEORI.....	6
A.Iklim dan Cuaca.	6
B.Gelombang.	7
C.Gelombang Non Linear.....	10
D.Gelombang Kelvin Atmosfer	13

BAB III METODE PENELITIAN.....	22
A.Jenis Penelitian.....	22
B.Tempat Penelitian.....	22
C.Pelaksanaan Penelitian	22
D.Instrumen Penelitian	22
E.Desain Penelitian.....	23
F.Analisa Data.	24
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A.Persamaan Korteweg de Vries (KDV) untuk Gelombang Kelvin	25
B.Bentuk Gambaran Karakteristik Gelombang Kelvin.	39
C.Pembahasan.....	43
 BAB V PENUTUP.....	46
A.Kesimpulan	47
B.Saran.....	47
 DAFTAR PUSTAKA	
 LAMPIRAN.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Gelombang Merambat pada Tali dengan Amplitudo Tetap.	9
2. Diagram Percobaan J.S Russell	11
3. Profil Horizontal Gelombang Kelvin.....	15
4. Sistem Koordinat Kartesian	21
5. Tampilan Gelombang Kelvin dengan Ketinggian dan Amplitudo ($h = 16$ km dan $a = 14$ km)	40
6. Tampilan Gelombang Kelvin dengan Variasi Ketinggian dan Amplitudo Tetap ($h = 18$ km dan $a = 14$ km)	41
7. Tampilan Gelombang Kelvin dengan Variasi Ketinggian dan Amplitudo Tetap ($a = 20$ km dan $h = 18$ km)	41
8. Tampilan Gelombang Kelvin dengan Variasi Amplitudo dan Ketinggian Tetap ($a = 12$ km dan $h = 18$ km)	42
9. Tampilan Gelombang Kelvin dengan Variasi Amplitudo dan Ketinggian Tetap ($a = 14$ km dan $h = 18$ km)	43

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Nilai Kecepatan (v) yang Dipengaruhi Ketinggian(h)	45
2. Nilai Kecepatan (v) yang Dipengaruhi Amplitudo (a)	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

Halaman

1. Program Untuk Variasi Nilai Ketinggian dengan Amplitudo (a)
Tetap..... 47
2. Program Untuk Variasi Nilai Amplitudo (a) dengan Ketinggian (h) Tetap
..... 49

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Cuaca dan iklim adalah faktor lingkungan yang besar pengaruhnya terhadap kehidupan makhluk hidup. Wilayah Indonesia memiliki cuaca dan iklim yang unik. Hal ini terlepas dari pengaruh interaksi fisis yaitu beberapa macam sirkulasi yang terjadi di dunia antara lain sirkulasi global, sirkulasi regional dan sirkulasi lokal. Kondisi atmosfer yang dinamis, berubah dalam waktu singkat (dalam jam atau hari) ini di sebut cuaca, sedangkan karakteristik cuaca pada suatu wilayah di dasarkan atas data yang terkumpul selama kurun waktu yang lama (sekitar 30 tahun) disebut iklim (Benyamin,2002).

Perubahan iklim dan penyebab yang ditimbulkannya saat ini telah menjadi isu utama permasalahan global. Keseluruhan permasalahan tersebut menyebabkan banyaknya wacana dan pembahasan tentang perkembangan iklim yang dibahas sebagai studi keikliman. Studi tentang iklim mencakup kajian tentang fenomena fisik atmosfer sebagai hasil interaksi proses-proses fisik dan kimia fisik yang terjadi di atmosfer dengan permukaan bumi.

Secara geografis, Indonesia terletak di garis khatulistiwa yang juga diapit oleh dua benua dan dua samudera. Selain itu, 2/3 bagian wilayah Indonesia terdiri dari lautan dan tersebar diantara kurang lebih 17.000 pulau,

sehingga Indonesia terkenal sebagai kawasan benua maritim. Keadaan ini memungkinkan kawasan Indonesia sebagai penyimpan panas baik panas sensible maupun panas laten yang sangat berpengaruh terhadap kondisi iklimnya. Keseluruhan keadaan geografis, keunikan karakteristik atmosfer dan dinamika panas sensibel ini menyebabkan iklim di Indonesia bersifat tropis. Sebagai daerah yang memiliki iklim tropis, stabilitas iklim di Indonesia dipengaruhi oleh notasi osilasi TBO (*Trophosperic Biennial Oscillation*) dan QBO (*Quasi Biennial Oscillation*).

Notasi TBO biasanya digunakan untuk menggambarkan perilaku maupun pola untuk unsur iklim seperti curah hujan, konveksi, sirkulasi atmosfer dan lain-lain yang terjadi di lapisan troposfer, sedangkan notasi QBO biasanya digunakan untuk menggambarkan perilaku maupun pola untuk unsur seperti angin zonal maupun angin meridional di lapisan stratosfer. Notasi QBO angin zonal juga merupakan tipe osilasi alami yang dominan di daerah stratosfer bawah, khususnya di daerah tropis, dengan gaya penyebab utamanya adalah transfer vertikal momentum dari lapisan troposfer ke lapisan stratosfer oleh gelombang kelvin dan gelombang rossby atmosfer (Holton, 2004).

Gelombang Kelvin berpengaruh terhadap dinamika atmosfer menengah karena ia merambatkan energi ke atas. Menurut Philander (1990), gelombang kelvin terjadi akibat adanya anomaly angin *westerly* yang mencerminkan penjarangan gelombang kelvin ke arah timur. Berdasarkan observasi yang dilakukan oleh para ahli seperti *wallace* dan Kousky serta Hirota dapat

diketahui bahwa gelombang kelvin tersebut berada pada lapisan stratosfer dengan ciri perambatan fasa ke timur dan periode rata – rata 15 hari. Suatu gangguan dapat diidentifikasi sebagai gelombang kelvin jika amplitudo gelombang berkurang ketika menjauhi ekuator dan kecepatan fasa gelombang berarah ke timur.

Salah satu fenomena atau gangguan di atmosfer yang mempengaruhi kondisi atmosfer adalah gelombang kelvin yang secara tidak langsung mempengaruhi curah hujan. Seperti yang di ungkapkan oleh tim BPPT meninjau lokasi banjir bandang di wilayah Kabupaten Sinjai. Tim ini mengkaji kasus banjir di lokasi tersebut mulai dari fenomena iklim (curah hujan) sampai dampaknya terhadap faktor geologi. Dari hasil analisis tim tersebut, curah hujan sangat tinggi di wilayah Sinjai dan sekitarnya yang memicu longsor dan banjir bandang pada tanggal 21 dan 22 juni 2006 di sebabkan oleh gangguan gelombang atmosfer MJO dan kelvin yang bergerak ke timur (BPPT,2006). Gelombang Kelvin mengidentifikasi dampak dari fenomena penjalaran gelombang kelvin terhadap perilaku curah hujan di kawasan Sumatera Barat .

Penelitian tersebut dilakukan dengan cara menganalisis spektrum daya angin sehingga diketahui keberadaan penjalaran gelombang kelvin di atmosfer, kemudian di bandingkan dengan hasil analisis spektrum curah hujan harian. Sehingga didapatkan hubungan antara penjalaran gelombang kelvin dengan keadaan curah hujan pada saat itu. (Citra,2003)

Sebagai gelombang atmosfer yang bergerak dilintasan ekuatorial dan memiliki periode waktu, gelombang ini sulit teridentifikasi sehingga belum diketahui karakteristiknya secara jelas. Bila dilihat berdasarkan sifat gelombangnya, gelombang kelvin merambat tanpa perubahan bentuk serta stabil melawan tumbukan. Sifat ini merupakan karakteristik dari soliton. Menurut Ridwan (2007), soliton adalah sebuah gelombang nonlinier yang memiliki sifat terlokalisasi dan merambat tanpa perubahan serta stabil melawan tumbukan dan mempertahankan identitasnya. Jadi, secara sifatnya gelombang kelvin ini dapat dikatakan sebagai soliton.

Berdasarkan fenomena dan kasus yang terjadi, penulis tertarik untuk melakukan penelitian gelombang kelvin secara karakteristik dengan menggunakan solusi soliton.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan, dapat dirumuskan permasalahan penelitian yaitu bagaimana menampilkan karakteristik gelombang kelvin yang dipengaruhi oleh amplitudo dan ketinggian permukaan udara atas.

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan perumusan masalah dan mengingat luasnya cakupan penelitian ini, maka penulis akan memfokuskan permasalahan menjadi :

1. Karakteristik gelombang kelvin atmosfer dianalisis menggunakan persamaan gelombang non linear

2. Analisis identifikasi karakter gelombang kelvin ditinjau secara fisis.

D. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan rumusan penelitian dapat ditentukan masalah yang dikaji dalam penelitian ini, yaitu : bagaimana karakteristik dari gelombang kelvin dan bentuk simulasi gelombang kelvin menggunakan persamaan gelombang non linear?

E. Tujuan Penelitian

Dari perumusan masalah dalam penelitian ini, dapat dijelaskan bahwa penelitian ini bertujuan untuk :

1. Memperlihatkan karakteristik gelombang kelvin secara analitik.
2. Mengkaji dan menganalisis gelombang kelvin dengan memperlihatkan pengaruh amplitudo gelombang dan ketinggian lapisan permukaan udara atas terhadap kecepatan angin menggunakan solusi persamaan gelombang non linear.

F. Kontribusi Penelitian

Adapun penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan kontribusi yaitu :

1. Peneliti sendiri, untuk mengaplikasikan ilmu yang didalami di perkuliahan dan merealisasikannya dalam bentuk informasi bagi masyarakat.
2. Peneliti lainnya, sebagai referensi dan acuan bagi penelitian lanjutan.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Iklim dan Cuaca

Cuaca adalah keadaan udara pada saat tertentu dan di wilayah tertentu yang relatif sempit dan pada jangka waktu yang singkat. Cuaca itu terbentuk dari gabungan unsur cuaca dan jangka waktu cuaca bias hanya beberapa jam saja. Misalnya pagi hari, siang hari atau sore hari, dan keadaannya bisa berbedabeda untuk setiap tempat serta setiap jamnya.

Iklim adalah keadaan cuaca rata-rata dalam waktu satu tahun yang penyelidikannya dilakukan dalam waktu yang lama (minimal 30 tahun) dan meliputi wilayah yang luas. Matahari adalah kendali iklim yang sangat penting dan sumber energi di bumi yang menimbulkan gerak udara dan arus laut. Kendali iklim yang lain, misalnya distribusi darat dan air, tekanan tinggi dan rendah, massa udara, pegunungan, arus laut dan badai. Iklim dapat terbentuk karena adanya:

1. Rotasi dan revolusi bumi sehingga terjadi pergeseran semu harian matahari dan tahunan; dan
2. Perbedaan lintang geografi dan lingkungan fisis. Perbedaan ini menyebabkan timbulnya penyerapan panas matahari oleh bumi sehingga besar pengaruhnya terhadap kehidupan di bumi.

Menurut Hendro (2008) perbedaan antara cuaca dan iklim,

1. Cuaca mudah berubah sedangkan iklim relative tetap
2. Cuaca berlaku untuk waktu yang terbatas sedangkan iklim dalam waktu yang lama.
3. Cuaca cangkupan daerahnya sempit sedangkan iklim cangkupan wilayahnya luas.
4. Cuaca merupakan hasil pencatatan baru sedangkan iklim merupakan hasil rata – rata keadaan cuaca.
5. Ilmu yang mempelajari cuaca disebut dengan Meteorologi sedangkan ilmu yang mempelajari iklim di sebut dengan Klimatologi.

Tidak ada suatu batas pemisah tepat antara apa yang dikatakan iklim dan apa yang dikatakan cuaca. Ia bergantung kepada kegunaan. Umpamanya, fenomena [El Nino](#) adalah satu fenomena cuaca untuk segolongan pemerhati, tetapi untuk segolongan yang lain, ia suatu ciri [perubahan iklim](#).

Bila konsep iklim sebagai satu sistem cuaca dikemukakan pada akhir kurun ke-19, jangka waktu 30 [tahun](#) merupakan satu jangka waktu yang baik. Tetapi, dengan adanya perolehan arah aliran cuaca bagi satu jangkauan masa yang panjang meliputi suhu, hujan dan sebagainya, mendapatkan sesuatu yang menyeluruh untuk “iklim” menjadi lebih sulit karena dalam jangka waktu 30 tahun tersebut, suhu, hujan dan sebagainya boleh berubah, dan dalam satu jangka waktu singkat, perolehan statistik kurang stabil.

B. Gelombang

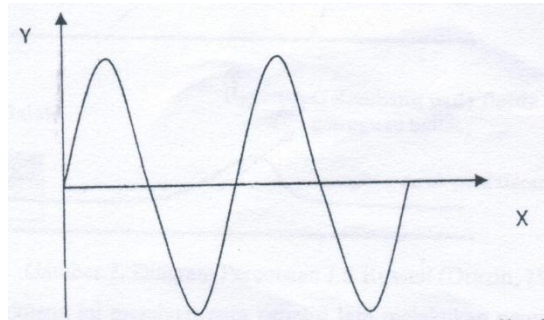
Gelombang merupakan suatu gejala gangguan yang merambat dalam selang waktu tertentu ke ruang sekitarnya. Gelombang dapat terjadi apabila suatu sistem diganggu dari posisi kesetimbangannya dan gangguan itu merambat dari suatu daerah sistem ke daerah lainnya. Gerak gelombang dapat

dilihat sebagai perpindahan berupa pulsa energi dan momentum dari suatu tempat ke tempat lain. Gelombang mekanik adalah gelombang yang dalam perambatannya memerlukan medium. Contohnya bunyi, gelombang tali, gelombang permukaan air dan lain sebagainya.

Dalam aspek meteorologis, gerak gelombang atmosfer dikelompokkan menjadi beberapa jenis gelombang. Beberapa tipe gelombang tersebut sangat menarik dan sering dikaji dalam bidang meteorologi dinamik. gelombang atmosfer dapat dibagi dalam tiga bagian yaitu :

1. Gelombang longitudinal yaitu partikel udara berosilasi secara periodik searah dengan penjaran gelombang.
2. Gelombang transversal – vertikal yaitu partikel udara berosilasi dalam bidang vertical sementara gelombang menjalar dalam arah horizontal.
3. Gelombang transversal – horizontal yaitu partikel udara melakukan osilasi dalam bidang horizontal tegak lurus terhadap arah penjaran gelombang.

Bentuk gelombang secara umum dapat dilihat pada gejala rambatan gelombang pada tali yang diperlihatkan oleh grafik y sebagai fungsi dari x , seperti Gambar1:



Gambar 1 : Gelombang Merambat pada Tali dengan Amplitudo Tetap

Berdasarkan Gambar 1 dapat dianalisa, jika gelombang bergerak dengan kecepatan v dan merambat kekanan searah sumbu x , maka persamaan gelombangnya adalah $y = f(x - vt)$ dan jika gelombangnya merambat ke kiri sumbu x maka persamaan gelombangnya adalah $y = f(x + vt)$. Secara umum persamaan gelombang yang merambat pada sumbu x dapat dituliskan sebagai berikut :

$$y = f(x \pm vt) \quad (1)$$

Selanjutnya dengan mendifferensial persamaan (1) secara parsial terhadap x dan t diperoleh :

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad (2)$$

Besaran y adalah simpangan gelombang, t waktu perambatan gelombang, x posisi gelombang, dan v adalah cepat rambat gelombang. Persamaan (2) disebut persamaan umum gelombang linier. Secara matematis persamaan ini merupakan persamaan differensial orde dua, dengan besaran y adalah besaran yang bergantung pada x dan t . Salah satu solusi dari persamaan (2) berbentuk :

$$y(x,t) = a \sin(k(x - vt)) \quad (3)$$

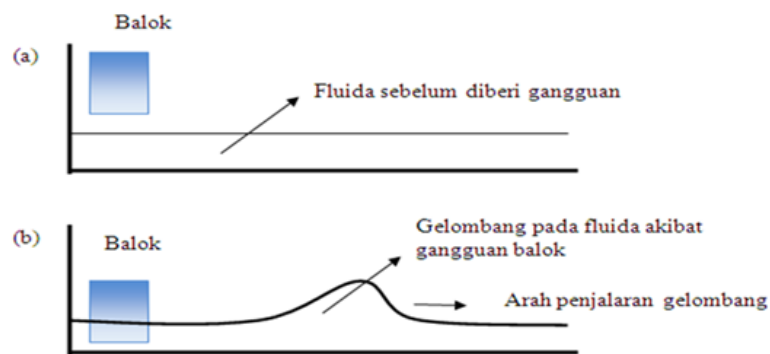
dimana y merupakan simpangan dari gelombang, a adalah amplitudo, k adalah bilangan gelombang, v adalah cepat rambat gelombang, dan t adalah waktu perambatan gelombang. Berdasarkan persamaan (3) dapat terlihat bahwa cepat rambat gelombang tidak dipengaruhi oleh amplitudo. Gelombang yang cepat rambatnya tidak dipengaruhi oleh amplitudo disebut gelombang linier. Dan sebaliknya gelombang yang cepat rambatnya dipengaruhi oleh besar amplitudo disebut dengan gelombang nonlinier.

C. Gelombang Non Linier

Gejala mengenai gelombang nonlinier merupakan salah satu bentuk permasalahan fisika yang umum terjadi di alam, artinya semua fenomena alam semesta yang memiliki sifat nonlinier. Salah satu contohnya adalah soliton. Soliton disebut juga dengan gelombang soliter dalam medium nonlinier.

Sebagai suatu istilah "soliton", menyiratkan gelombang ini berperilaku seperti "partikel". Ketika soliton ditempatkan terpisah satu sama lain, masing-masing soliton menjalar dengan bentuk dan kecepatan konstan. Sebagaimana dua gelombang soliton semakin mendekat, mereka secara berangsur-angsur berubah bentuk, kemudian bergabung menjadi paket gelombang tunggal, lalu segera berpisah menjadi dua gelombang soliton dengan bentuk dan kecepatan yang sama dengan sebelum terjadinya "tumbukan".

Kajian mengenai gelombang nonlinier ini bermula pada tahun 1834. Seorang fisikawan Skotlandia bernama John Scott Russell mengamati suatu gerak gelombang tunggal yang bergerak sepanjang kanal tanpa mengalami perubahan bentuk maupun pengurangan laju lambat gelombang. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut Russel mampu menghasilkan gelombang serupa dalam satu eksperimen dan mendapatkan bahwa laju gelombang tersebut sebanding dengan amplitudonya. Gelombang tunggal tersebut dikenal dengan gelombang Russel



Gambar 2 : Diagram Percobaan J.S Russell

Fenomena ini membuat para peneliti lain melakukan penyelidikan terhadap gejala gelombang Russel ini. Peneliti tersebut meneliti bagaimana gelombang tersebut bisa terjadi. Boussinesq (1872) dan Rayleigh (1876) berhasil memperoleh profil sech^2 pada gelombang Russel. Korteweg dan de Vries (1895) dapat mendeskripsikan penjalaran gelombang satu arah pada gelombang Russel yang dikenal dengan persamaan Korteweg de Vries atau persamaan KdV. Korteweg dan de Vries mencari solusi analitik persamaan KdV dan dapat membuktikan persamaan bahwa kecepatan yang didapatkan

oleh Russel ternyata benar. Model KdV kembali diselidiki oleh Zabusky dan Kruskal (1965) yang menggunakan nama soliton pada gelombang menyendiri yang pertama kali diamati oleh Russel.

Persamaan cepat rambat gelombang yang bergantung dengan amplitudo, sesuai dengan pengamatan yang dilakukan Russel adalah sebagai berikut :

$$c^2 = g(h + a) \quad (4)$$

cepat rambat gelombang adalah c , g percepatan gravitasi, h kedalaman air tanpa gangguan dan a adalah amplitudo. Berdasarkan persamaan (4) dikatakan bahwa untuk h konstan semakin besar a maka c juga semakin besar, sehingga gelombang ini tidak bisa dikategorikan sebagai gelombang linier, melainkan gelombang nonlinier. Jadi gelombang nonlinier dapat juga dikatakan sebagai gelombang yang cepat rambatnya dipengaruhi oleh amplitudo.

Persamaan – persamaaan nonlinear dan aplikasinya

- a. Persamaan Burger aplikasinya di bidang akustik nonlinear dan turbulensi.
- b. Persamaan Kadomtshv-Petviashvili dan persamaan Korteweg-de Vries aplikasinya di bidang gelombang laut dangkal, gelombang Rossby atmosfer, gelombang Kelvin atmosfer jaringan transmisi listrik.
- c. Persamaan Schrodinger nonlinear aplikasinya di bidang komunikasi serat optik tanpa *repeater*.
- d. Persamaan medan Affine-Toda dan persamaan sine-Gordon aplikasinya di bidang *switching* superkonduktor, pulsa optik ultra pendek.(Miftahul Hadi, 2005)

Dari beberapa persamaan nonlinear dan aplikasinya persamaan yang digunakan untuk aplikasi dari gelombang Kelvin adalah persamaan Korteweg

de Vries (KdV). Karena gelombang kelvin sama dengan aplikasi pada bidang gelombang laut dangkal.

D. Gelombang Kelvin Atmosfer

Posisi geografis Indonesia sebagai kontinen maritim memberikan pengaruh yang sangat berarti bagi dinamika atmosfer dalam berbagai skala. Indonesia terletak di antara dua benua (Asia dan Australia) dan dua Samudera (Pasifik dan Hindia) dengan dominasi lautan hampir dua pertiga wilayahnya. Hal ini menyebabkan kawasan ini diduga sebagai penyimpan panas terbesar baik yang sensibel ataupun laten. Hal ini sangat baik bagi pembentukan awan-awan kumululus, seperti Cumulonimbus. Dinamika awan-awan Cumulonimbus (Cb) yang dikenal dengan istilah *Super Cloud Cluster* (SCCs) inilah yang membangkitkan fenomena atmosferik.

Gelombang atmosfer merupakan osilasi variabel medan atmosferik yang merambat dalam ruang seperti: suhu, tekanan, dan kecepatan angin. Gelombang atmosfer memiliki skala gerak yang luas, yaitu mulai dari skala-mikro dengan panjang gelombang beberapa kilometer hingga skala planeter dengan panjang gelombang lebih dari 10.000 km. (Widyastuti 1995)

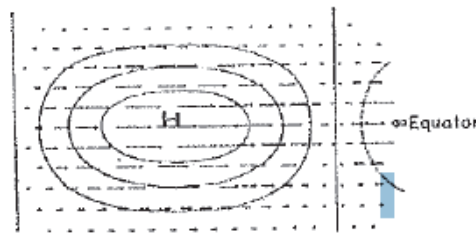
Salah satu kajian dinamika atmosfer yang cukup penting di kawasan tropis adalah kajian mengenai fenomena gelombang atmosferik, khususnya gelombang atmosfer ekuatorial berskala-planeter. Salah satu dinamika gelombang ekuatorial yang cukup penting adalah gelombang kelvin.

Berdasarkan hasil kajian Wallace dan Kousky pada tahun 1968 menunjukkan bahwa Gelombang kelvin bergerak dominan ke arah timur dengan periode bervariasi antara 15-20 harian di lapisan stratosfer bawah. Gelombang Kelvin yang pertama kali ditemukan memiliki panjang gelombang zonal 20.000 km dan panjang gelombang vertikalnya 6-10 km (Holton 2004). Gelombang kelvin berpropagasi di *Tropical Tropopause Layer* (TTL) dan sangat mempengaruhi modulasi suhu

Ada dua tipe gelombang kelvin yaitu *coastal kelin waves* yang terjadi di lautan dan *equatorial kelin waves* yang terjadi di atmosfer ekuatorial. Gelombang kelvin atmosfer merupakan gelombang yang merambat ke arah timur dan mempunyai perturbasi angin zonal dan geopotensial yang bervariasi dalam arah meridional mengikuti fungsi Gaussian yang terpusat di ekuator. Gelombang kelvin merupakan gelombang yang dispersif, sehingga gelombang tidak mengalami perubahan bentuk selama perambatannya.

Gelombang kelvin yang pertama kali ditemukan oleh Wallace dan Kousky pada tahun 1968 di Pasifik Barat memiliki periode 15 – 20 hari. Namun ada juga yang periodenya 7-10 hari (pada stratosfer atas) yang dikenal dengan Fast Kelvin (FK) dan juga periodenya 3-4 hari (pada lapisan mesosfer dan termosfer bawah) yang dikenal dengan Ultra Fast Kelvin (U FK). Panjang gelombang zonal 20.000 km, serta panjang gelombang vertikalnya 6-10 km. Gelombang kelvin berpropagasi ke timur (secara zonal) dan ke bawah (secara vertikal). Selain itu tidak ada perambatan dalam komponen angin

meridional. Selain itupun, gelombang kelin hanya terjadi ketika aliran dasarnya adalah timuran. gelombang kelin muncul ketika aliran dasar timuran yang merambat ke timur dengan kecepatan +25 m/s relatif terhadap permukaan bumi ciri khas dari gelombang kelin adalah tidak adanya pertubasi kecepatan dalam arah meridional. Profil Terhadap gelombang kelin seperti Gambar 3.



Gambar 3 : Profil Horizontal Gelombang Kelvin
(Matsuno,1966)

Dapat kita lihat dari Gambar 3 bahwa gelombang Kelvin bergerak dari barat menuju timur sehingga gelombang Kelvin ini sering disebut juga dengan angin timuran. Sedangkan gelombang Kelvin itu sendiri adalah gelombang planeter atmosfer yang dibangkitkan oleh osilasi pada pola pemanasan konvektif skala luas di lapisan troposfer ekuatorial. Gelombang kelin memiliki peran yang sangat penting dalam dinamika atmosfer tropis. Gelombang ini diduga sebagai pemicu terjadinya fenomena *Madden Julian Oscillation* (MJO) dan ikut berperan dalam proses pembangkitan fenomena *Quasi Biennial Oscillation* (QBO).

QBO adalah osilasi yang dihasilkan dari interaksi antara gelombang ekuatorial, gelombang kelvin dan gelombang rossby gravity, dengan aliran dasar permukaan (*mean, flow*). Gelombang kelvin dan gelombang rossby-gravity memberikan sumber momentum dalam arah zonal bagi QBO (Holton, 2004).

Selama periode transisi monsun (musim panca-roba) yaitu sekitar April-Mei dan Oktober-Nopember, berhembus angin daratan yang sangat kuat di ekuator Samudera Hindia sebelah barat yang kemudian membangkitkan arus deras ke timur. Arus deras yang terbatas ini hanya di permukaan perairan ekuator ini terbentuk setelah kira-kira satu minggu setelah angin baratan mulai bertiup. Massa air di bawahnya kemudian menyesuaikan gaya angin tersebut sebagai apa yang disebut dengan *downwelling kelvin wave*. Gelombang ini selanjutnya bergerak ke timur sepanjang ekuator barat Samudera Hindia dan kemudian membentur pantai barat Sumatera di garis ekuator Indonesia dan direfleksikan kembali ke Samudera Hindia.

Gelombang balik ini terbagi dua yang kemudian bergerak ke utara dan ke selatan. Gelombang kelvin yang bergerak ke selatan bergerak dari ekuator Samudera Hindia ke arah tenggara sejajar pantai Sumatera dan sepanjang pantai selatan Jawa hingga Lombok. Sedangkan yang ke arah utara bergerak menuju pantai barat Aceh. Gelombang balik yang terjadi di ekuator timur – barat merupakan penyebab utama dari gelombang kelvin.

Gelombang kelvin itu sendiri sering di sebut dengan Tsunami langit. Fenomena ini terjadi ketika ada lapisan fluida (udara maupun air) yang bergerak lebih cepat di atas lapisan fluida yang bergerak lebih lambat. Contoh nyata, gelombang air terbentuk ketika fluida di atasnya berupa angin bergerak lebih cepat daripada air di permukaan. Ketika ada perbedaan kecepatan, gelombang terbentuk dan puncak gelombang akan bergerak ke depan. Walcek mengatakan, biasanya perbedaan suhu dan kecepatan antara dua lapisan udara kecil sehingga lapisan udara yang lebih atas hanya bergerak layaknya peselancar. Tapi, ketika perbedaannya besar, turbulensi terbentuk di antara dua lapisan itu. Gelombang kelvin terjadi ketika perbedaan dua lapisan udara terjadi di tempat yang tepat. Besarnya perbedaan mencapai ambang batas terjadinya turbulensi. Akibatnya, dua lapisan bercampur.

Dampak dari gelombang kelvin adalah gelombang kelvin membawa pengaruh besar terhadap banyak segi kehidupan terutama segi ekonomi para nelayan. Dari data dinas kelautan dan perikanan di perairan Kabupaten Pandeglang pada tahun 2001 adalah 92.917,7 ton, produksi perikanan laut 29.592,3 ton dan potensi yang belum dimanfaatkan 63.325,4 ton. Hal itu menunjukkan tingkat pemanfaatan sumberdaya ikan di perairan Pandeglang menjadi hanya sebesar 31,85%. data ini menunjukan bahwa terjadi penurunan tingkat produksi perikanan di daerah tersebut selama akibat gelombang kelvin.

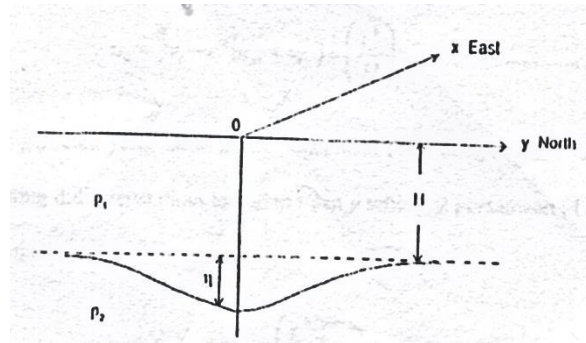
Selain itu gelombang kelin menyebabkan adanya Fenomena rob yang sebenarnya telah banyak dikaji oleh para peneliti. Beberapa pakar berpendapat bahwa banjir rob yang puncaknya pada bulan April hingga Juni ini disebabkan oleh terjadinya amblesan tanah (*land subsidence*) yang merupakan fenomena alami karena adanya konsolidasi tanah atau penurunan permukaan tanah akibat pematangan lapisan tanah yang umurnya masih muda di kota bawah. Amblesan ini kemudian dipercepat akibat adanya pengambilan air bawah tanah yang berlebihan. Beberapa peneliti juga berpendapat bahwa banjir rob dapat disebabkan oleh adanya kegiatan pengerukan pelabuhan dan reklamasi pantai serta akibat pembebanan tanah oleh bangunan-bangunan yang ada di atasnya. Gelombang dapat membentuk dan merusak pantai dan berpengaruh pada bangunan-bangunan pantai. Selain itu gelombang kelin menyebabkan kerusakan fisik terhadap bangunan bangunan pinggiran pantai dan kerusakan terhadap ekosistem terumbu karang. Oleh karena itu, gelombang kelin merupakan penyebab adanya gelombang – gelombang tinggi yang diakibatkan oleh adanya gelombang yang terjadi di samudera pasifik timur serta di pengaruhi gravitasi. Pengaruh gravitasi menimbulkan gelombang pasang surut. Gerak arus laut ke utara itu membuat ketinggian di pesisir selatan di atas 2,5 meter dan di pesisir utara di atas 1,25 meter. Gerak arus laut yang merupakan siklus rutin tahunan ini memengaruhi ketinggian di pesisir utara karena arus laut dari pesisir selatan mengalir melalui Selat Bali dan Selat Sunda menuju Laut Jawa.

Perambatan gelombang merupakan gejala yang ditimbulkan oleh suatu gangguan local pada besaran fisis tertentu serta perambatan gangguan itu dalam medium disekitarnya. Gangguan tersebut dapat berupa osilasi kedudukan partikel, osilasi tekanan atau kerapatan massa dalam medium bersangkutan dan osilasi rapat muatan listrik. Gelombang yang terjadi dapat bersifat satu dimensi (misalnya gelombang tali), dua dimensi (misalnya gelombang permukaan air atau selaput tipis) dan bersifat tiga dimensi seperti gelombang elektromagnetik, gelombang laut dan gelombang gempa bumi.

Gelombang kelvin umumnya didefinisikan sebagai gelombang gravitasi perairan dangkal (Shallow Water) yang merambat paralel terhadap garis pantai dan amplitudo gelombang melemah secara eksponensial ketika menjauhi pantai. Pada tinjauan gelombang kelvin atmosfer maka ekuator memainkan peranan yang serupa dengan garis pantai tersebut, amplitudo gelombang akan melemah secara eksponensial ketika menjauhi ekuator (Holton dan Linze, 1968).

Menurut Philander (1990), gelombang kelvin terjadi akibatnya adanya anomaly angin *westerly* yang mencerminkan penjalaran gelombang kelvin ke arah timur dan pengangkatan lapisan termoklin. Angin *westerly* terjadi pada musim peralihan yaitu bulan April-Mei dan Oktober-November. Pada musim peralihan tersebut angin *westerly* ekuator menggenerasi gelombang kelvin yang menjalar ke timur.

Gelombang kelvin merupakan salah satu gangguan yang terjadi di atmosfer yang berpengaruh terhadap dinamika atmosfer menengah. Secara teori studi tentang gelombang kelvin dimulai oleh Matsuno pada tahun 1966 yang memperlihatkan bahwa penjalaran ke timur gelombang kelvin merupakan suatu solusi pertubasi model persamaan peraiaran dangkal pada bidang- β ekuator. Sedangkan adanya observasi gelombang kelvin ekuator atmosfer diperkenalkan pertama kalinya oleh Wallace dan Kousky (1968) dengan menggunakan radiosonde yaitu dengan periode 10-20 hari. Dalam observasinya Wallace dan Kousky menemukan model pokok dari gelombang Kelvin dalam lapisan bawah stratosfer yang diberi nama gelombang Wallace dan Kousky dengan karakteristik berarah ketimur dengan periode gelombang 10-20 hari. Gelombang ini disebut juga sebagai sebuah penjalaran gelombang kelvin. Mengobservasi kembali gelombang kelvin yang cepat dengan periode 6-10 hari pada lapisan atas stratosfer dengan menggunakan roketsonde. Persamaan gelombang kelvin didekati dengan model perairan dangkal seperti terlihat pada Gambar 4:



Gambar 4 : Sistem Koordinat Kartesian (Philander,1990)

Lapisan atasnya memiliki densitas ρ_1 dan kedalaman H. lapisan bawah memiliki densitas ρ_2 dan kedalaman yang tak berhingga sehingga tidak harus bergerak pada energi kinetik yang terbatas dengan $\rho_1 < \rho_2$. Memperlihatkan bahwa penjalaran ke timur gelombang kelvin merupakan suatu solusi perturbasi model persamaan perairan dangkal pada bidang- β ekuator.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Kecepatan gelombang Kelvin dipengaruhi oleh amplitudo (a) dan ketinggian (h) sebagai berikut :
 - a. Pada ketinggian (h) yang sama, kecepatan gelombang Kelvin berbanding lurus dengan amplitudo (a)
 - b. Pada amplitudo (a) yang sama, kecepatan gelombang Kelvin berbanding lurus dengan ketinggiannya (h)
2. Karakteristik Gelombang Kelvin atmosfer secara analitik dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan KdV (*Korteweg de Vries*).

B. Saran

Dari kesimpulan yang penulis dapatkan, penulis menyarankan untuk lebih lanjut :

1. Memperlihatkan model gelombang Kelvin dengan pengaruh arah pergerakannya.
2. Memperlihatkan simulasi gelombang Kelvin menggunakan data yang dihasilkan alat ukur.