

IDENTIFIKASI GELOMBANG GRAVITAS MENGUNAKAN DATA RADAR MF

Sri Ekawati, P. Abadi dan G. Wikantho

Peneliti Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, Pusfatsainsa, LAPAN

e-mail: ekawa_srie@bdg.lapan.go.id, cie_demes@yahoo.com

RINGKASAN

Ionosfer sangat sensitif oleh berbagai gangguan. Salah satu faktor gangguan tersebut adalah gelombang gravitas. Gelombang ini memegang peranan yang penting dalam dinamika daerah mesosfer, thermosfer bawah dan ionosfer. Propagasi gelombang gravitas dari bawah akan menyebabkan turbulensi, menyalurkan momentum dan energi dari troposfer ke atmosfer lebih atas serta mempengaruhi sirkulasi global, temperatur dan komposisi dari atmosfer tengah dan atas. Gelombang gravitas dapat diamati dengan radar *Medium Frequency* (MF). Data yang digunakan dalam makalah ini adalah data kecepatan angin dari radar MF Pameungpeuk-LAPAN bulan Januari 2009. Makalah ini bertujuan untuk mengidentifikasi kemunculan gelombang gravitas dari data kecepatan angin radar MF dengan metode *hodograph*. Analisis *hodograph* digunakan untuk mengetahui ada tidaknya gelombang gravitas dan arah penjalaran gelombang gravitas. Hasil menunjukkan grafik *hodograph* yang berbentuk *elips* dan berlawanan arah jarum jam terbentuk pada pukul 18:00 WIB pada 3 Januari 2009 dan pukul 19:00 WIB pada 04 Januari 2009.

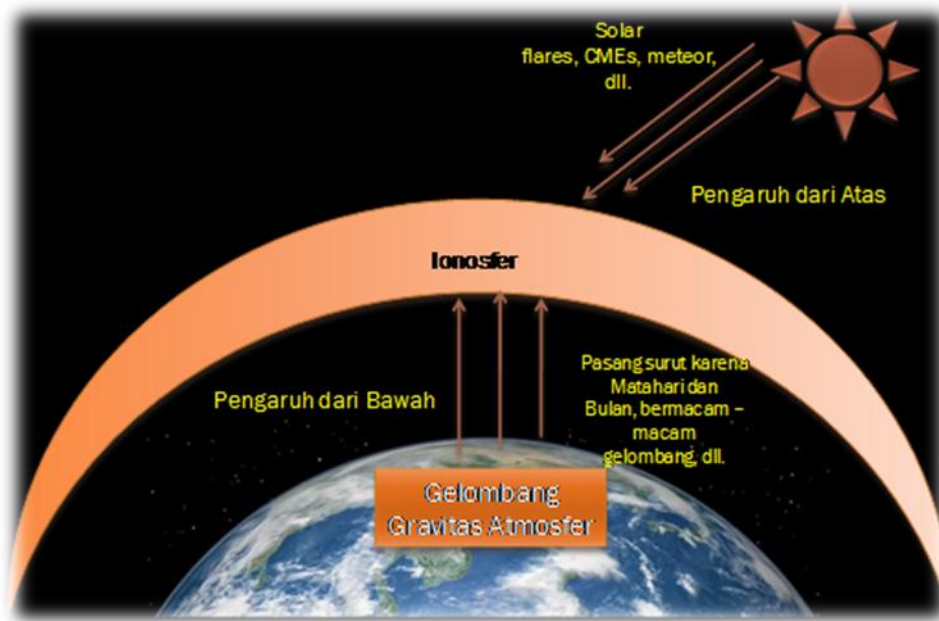
1 PENDAHULUAN

Ionosfer sangat sensitif terhadap berbagai gangguan. Konsentrasi elektron dan ion di ionosfer tidak hanya dipengaruhi oleh radiasi sinar dan partikel bermuatan dari matahari saja, tetapi dipengaruhi juga oleh angin, pasang karena matahari dan bulan, sistem arus listrik dan bermacam-macam gelombang (Soegeng, 1994). Gambar 1-1 menunjukkan ilustrasi berbagai faktor yang mempengaruhi ionosfer. Selain gangguan dari atas, ionosfer juga dipengaruhi gangguan dari bawah ionosfer seperti gelombang atmosfer. Salah satu gelombang tersebut adalah gelombang gravitas.

Gelombang gravitas merupakan gelombang atmosfer yang gayanya tersimpan sebagai gaya apung (*buoyancy*). Pecahnya gelombang gravitas menyebabkan terjadinya turbulensi pada troposfer dan atmosfer tengah. Pada sirkulasi global, sejumlah gelombang gravitas menyalurkan momentum dan energi dari troposfer ke atmosfer lebih

atas yang dikenal dengan fenomena kopel dinamis (Martiningrum, 2000). Selain itu, gelombang gravitas juga dapat mempengaruhi temperatur dan komposisi dari atmosfer tengah dan atas (Gavrilov, 2004).

Salah satu teknik pengamatan gelombang gravitas dapat menggunakan radar MF. Di Pameungpeuk-LAPAN terdapat alat Radar MF dengan daya 10 kwatt beroperasi pada frekuensi 2.008 MHz dan *sounding* setiap 2 menit, selama 24 jam. Secara terperinci dijelaskan pada Tabel 1-1. Radar ini adalah produk dari GENESIS-Australia, yaitu perusahaan yang berkecimpung di bidang perangkat pengukur parameter atmosfer yang menggunakan gelombang radio. Data yang dihasilkan berupa kecepatan angin rata-rata dari ketinggian 52 km sampai dengan ketinggian 122 km dalam arah zonal (Timur-Barat), meridional (Utara-Selatan), vertikal dan Horizontal (Pusainsa, 2010).



Gambar 1-1: Ionosfer rentan dipengaruhi oleh faktor dari atas dan dari bawah (sumber : D.R. T. Ram S.)

Tabel 1-1: SPESIFIKASI RADAR MF PAMEUNGPEUK-LAPAN

Jenis Radar	Radar Medium Frequency (MF)
Posisi Koordinat Geografis	7,4°LS, 107,4° BT
Frekuensi	2,008 MHz
Daya <i>peak</i> (kW)	10 kWatt (peak)
Sasaran	Mesosfer, Thermosfer Bawah
Daerah Jangkauan Ketinggian	52 – 122 km
Memancar (<i>Sounding</i>)	Setiap 2 menit



Gambar 1-2: Lokasi Radar MF di Pameungpeuk (Pusainsa, 2010)

Oleh karena itu, tujuan dari makalah ini adalah mengidentifikasi gelombang gravitas dengan menggunakan data radar MF Pameungpeuk. Pada makalah ini menitikberatkan pada pengolahan data radar MF dan metodenya sehingga identifikasi gelombang gravitas dapat diperoleh.

2 METODOLOGI

Untuk mengolah data Radar MF tidak mudah. Ada tiga proses pengolahan data, yaitu:

- Mengkonversi dari data mentah ke data format teks dengan *software Spaced Sensor Wind Measurement Analysis (SSWMA)*.

- Menghilangkan *header* setiap 2 menit dan seleksi data.
- Menghitung rata-rata per-jam.

Data hasil pengukuran Radar MF disimpan dalam file biner, yang berukuran relatif kecil dibandingkan file teks. *Software* yang mengontrol pengoperasian radar MF, tampilan data *real-time* dan *software* konversi dibuat dengan bahasa C untuk Unix. Karena beragamnya *software* para pengguna data, maka program konversi untuk mengubah file data biner menjadi file data teks sangat penting. *Software* konversi data file biner ke dalam file teks adalah SSWMA. Pengkonversian dilakukan dengan memberikan perintah (dalam *prompt* Unix) sebagai berikut:

```
sswma -cat /local10/results/pameungpeuk.20090104.sswma
>/usr/home/ags/20090104.txt
```

Tabel 2-1: DATA RADAR MF PAMEUNGPEUK 04 JANUARI 2009

/local0/Results/pameungpeuk.20090104.sswma is a version 2 SSWMA data file
 Record 0 acquired at 04/01/2009 00:01:01 GMT (mode 1)

Height	Status	Za	Ma	Zt	Mt	Vv	FT	CFT	Ps	Rat	Rot	NTD	SNR1	SNR2	SNR3	AMP1	AMP2	AMP3	NSR1	NSR2	N:	
52.00 km																						
54.00 km																						
56.00 km																						
58.00 km																						
60.00 km																						
62.00 km																						
64.00 km																						
66.00 km																						
68.00 km																						
70.00 km																						
72.00 km																						
74.00 km																						
76.00 km																						
78.00 km																						
80.00 km																						
82.00 km																						
84.00 km																						
86.00 km																						
88.00 km																						
90.00 km																						
92.00 km																						
94.00 km																						
96.00 km																						
98.00 km																						
52.00 km																						
54.00 km																						
56.00 km																						
58.00 km																						
60.00 km																						
62.00 km																						
64.00 km																						
66.00 km																						
68.00 km																						
70.00 km																						
72.00 km																						
74.00 km																						
76.00 km																						
78.00 km																						
80.00 km																						
82.00 km																						
84.00 km																						
86.00 km																						

Record 1 acquired at 04/01/2009 00:02:43 GMT (mode 1)

Height	Status	Za	Ma	Zt	Mt	Vv	FT	CFT	Ps	Rat	Rot	NTD	SNR1	SNR2	SNR3	AMP1	AMP2	AMP3	NSR1	NSR2	N:	
52.00 km																						
54.00 km																						
56.00 km																						
58.00 km																						
60.00 km																						
62.00 km																						
64.00 km																						
66.00 km																						
68.00 km																						
70.00 km																						
72.00 km																						
74.00 km																						
76.00 km																						
78.00 km																						
80.00 km																						
82.00 km																						
84.00 km																						
86.00 km																						

Hasil yang diperoleh adalah data dalam bentuk teks dengan nama file 20090104.txt. Seperti terlihat pada Tabel 2-1. Format datanya terdiri dari *header* dan tabel data. *Header* memberikan informasi waktu *sounding* yang ditandai dengan *record*. *Record-0* mengambil data pada pukul 00:01:01 GMT, selanjutnya *Record-1* mengambil data pada pukul 00:02:43 GMT, begitu seterusnya. Satu hari, data dapat mempunyai *record* mencapai lebih dari 800 *Record*. Kolom pertama adalah ketinggian, kemudian status data. Selanjutnya kecepatan Angin yaitu *Za*, *Ma*, *Zt*, *Mt* dan *Vv*. Kemudian status penghitungan internal yaitu *Ft*, *CFT*, *Ps*, *rat*, *Rot*, *NTD* dan yang terakhir adalah status sinyal pada ketiga grup

antena, yaitu: *SNR1*, *SNR2*, *SNR3*, *AMP1*, *AMP2*, *AMP3*, *NSR1*, *NSR2* dan *NSR3*.

Data sudah dalam bentuk teks tetapi masih sulit untuk diolah. Maka, data tersebut perlu diolah kembali menggunakan Matlab sehingga menjadi data yang siap olah. Seperti ditunjukkan pada Tabel 2-2 dengan keterangan kolom Tabel 2-3.

Pengolahan yang dilakukan meliputi penambahan kolom waktu yang diambil dari data setiap *record*. Data yang diambil adalah data ketinggian, status, *Zt* (kecepatan angin arah barat-timur/*zonal true*) dan *Mt* (kecepatan angin arah utara-selatan/*meridional true*) dan *Vv* (kecepatan angin arah vertikal). Status data yang digunakan hanyalah data yang ber-status '0'.

Tabel 2-2: DATA RADAR MF 4 JANUARI 2009 SIAP OLAH

0	1.0000	1.0000	80.0000	0	-9.0000	-11.0000	3.0700
0	1.0000	1.0000	86.0000	0	33.0000	-15.0000	-2.2400
0	1.0000	1.0000	88.0000	0	38.0000	-17.0000	0.7300
0	2.0000	43.0000	80.0000	0	-8.0000	-14.0000	-1.7200
0	2.0000	43.0000	82.0000	0	9.0000	-25.0000	1.1400
0	2.0000	43.0000	84.0000	0	33.0000	-13.0000	0.0700
0	2.0000	43.0000	86.0000	0	40.0000	-18.0000	1.1800
0	2.0000	43.0000	90.0000	0	29.0000	-1.0000	1.4600
0	2.0000	43.0000	92.0000	0	37.0000	-17.0000	2.4400
0	4.0000	25.0000	80.0000	0	-12.0000	-4.0000	2.8600
0	4.0000	25.0000	84.0000	0	26.0000	-12.0000	2.5400
0	4.0000	25.0000	86.0000	0	42.0000	-33.0000	3.4000
0	4.0000	25.0000	90.0000	0	33.0000	-3.0000	-2.5800
0	4.0000	25.0000	92.0000	0	26.0000	-7.0000	-1.0200
0	6.0000	8.0000	84.0000	0	31.0000	-13.0000	1.6000

Tabel 2-3: KETERANGAN KOLOM DATA RADAR MF SIAP OLAH

Kolom ke-	Keterangan	Satuan
1	Jam	
2	Menit	
3	Detik	
4	Ketinggian	kilometer
5	Status	Data yang valid → status 0
6	Kecepatan Angin Zonal	m/s
7	Kecepatan Angin Meridional	m/s
8	Kecepatan Angin Vertikal	m/s

Tabel 2-4: TABEL DATA KECEPATAN ANGIN ZONAL 04/01/09 (RATA-RATA SETIAP JAM)

Ketinggian	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
82								9	23		66,5		9,5
84				9		19,5		33,6	20,5	-8	0,5		-145
86		-1,1429	-5,6364	-13,6	5,0909	15,8333	32,8889	37,1333	38,9167	42,8	33,1667		20
88	-25	-4	16,8095	18,5	17,8333	33,7273	35,9412	41,8333	46,1667	41	37,25	40,5	31,35
90	-21	-0,1333	24,7	31,1818	40,0769	38,6	43	51,25	48,8125	37,2308	36,125	17,5	34,8636
92	3,2	12,1333	28,9474	39,2308	45,75	44,3913	37,2	42,5385	51,6111	48,5333	39,0556	44,4615	34,4615
94	-7,875	20,5385	26,8333	50,7647	43,0833	36,1765	34,0417	44,45	54,7368	37,6667	15,6	22,4	
96	14,5714	23	19,75	43,4615	35,5	23,9091	30,2143	34	39				
98	11,1667	13,625	20,6667	38			16,75	24,8889					
100		27	13				-49,2222	-47,6364	-46,6667	16,2222	-7,6667	-19,6667	
102		27,25				-16,3333	-18,9	-55,3333	-72	24	-8,5		
104		21,6667				-63	2	-21,5	-50,6667	22,8571	-54	-96,6	
106		13,2857				-65	-34,6667	-35,5	-31,5714	-24,25	-41,3333	-38	
108		8,5	-41			-39	8	-44,6	-10	-17,5	-44,8	-56	
110		-6,25	-37			-8,6	6,7273	-9,4286	-49		-63	-106,8	
112		3,6667	17,5		5	-28,4286	4,7143	-1,25	-45,7143	26,8	-52,5	-60,6	
114		-17,2			-34,8333	-18,375	15,8571	-10,5	-36,2857	-96	-49	3	
116		3,3333	9	19	15	-9,75	16,3333	-20,5	-38,5	37,5	-67,6667	-67,5	
118		30,7778	-7		9	-17	-1,8571	-59	-20	-57,5	-85,6667	-64	
120		28,875			11,5	-18,7273	-12,3333	-8,2	-39,75	-1	-1	-115,5	
122		16,4286			-2	-18,25	-23,5714	16,2	-9,1818	-42	1,6667	-12,5	
124													

Tabel 2-5: TABEL DATA KECEPATAN ANGIN MERIDIONAL 04/01/09 (RATA-RATA SETIAP JAM)

Ketinggian	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
82								65	-12		-183		-76,5
84				17		12,5		24,8	-8,75	-18	-21		-56
86		31,2857	28,6364	38	23,4545	19,75	5,5556	-3,1333	-26,0833	-21,8	-28		-51,7143
88	41	39,3667	30,6667	20,5714	15,4167	2,5909	-4,8235	-22,2917	-26	-23,5714	-36,25	-52	-43,2
90	40	34,8333	25,3	19,8636	-0,7692	4,1667	-17,3462	-28	-30,125	-27,7692	-38,875	-27,5	-36,7273
92	32,7	33,9333	21,3684	15,5385	-4,5	7,2174	-8,68	-16,6154	-20,4444	-27,4	-19,2778	-16,9231	-15,6154
94	20,125	28,5769	22,1667	6,9412	5,3333	0,4118	4,4167	-14,95	-9,1579	-18,6667	8,4	-5,3	
96	19,5714	22,9231	13,75	0,0769	4	15,8182	20,2143	9	6,75				
98	26,8333	14,75	8	32			37,4167	44,8889					
100		23	33				74,3333	36,5455	13,3333	34,3333	104,3333	-4,3333	
102		23,25				-27	58,9	0,2222	59	38,6667	74		
104		28,6667				22	85,4	27,875	5	47,2857	-38	81,8	
106		19,8571				-49,3333	69,7778	-4,25	94,8571	25,5	75,6667	44,75	
108		37,8333	20			21	51,0909	-4,6	105,5	4,5	12	44,8333	
110		115,5	20			26	32,2727	20,4286	65,25		-64	96,8	
112		26,7778	100		-13,5	54,4286	38,7143	16,5	39,4286	65	31	46	
114		6	0		68	41,25	41	50,5	48,4286	59	13	65,3333	
116		18,6667	-2	77	58,75	39,75	30,1111	41,25	26,625	178	3,6667	-1	
118		20	-13		52	53,6154	56,2857	37	51,8571	95,5	-13	78	
120		30,125			64,5	28,9091	69,6667	66	50,75	38	92	20	
122		-14,7143			42,5	32,9375	71,4286	51,4	52,2727	21	27,6667	37	
124													

Tabel 2-3 adalah keterangan dari setiap kolom data pada Tabel 2-2. Sebagai contoh, pada baris ke-1. Kolom 1 sampai 3 menunjukkan waktu. Waktu pengamatan adalah 0:01:01, pada ketinggian 80 kilometer, status 0, $Z_t = -9$ (kecepatan angin zonal sebesar 9 m/s ke arah barat), $M_t = -11$ (kecepatan angin meridional sebesar 11 m/s ke arah selatan) dan $V_v = 3,07$ (kecepatan angin vertikal sebesar 3 m/s ke arah atas).

Proses ketiga adalah pengolahan dari data siap olah menjadi tabel rata-rata setiap jam. Data kecepatan angin

dirata-ratakan setiap satu jam berdasarkan ketinggian. Hasil tabel data rata-rata setiap jam kecepatan angin zonal ditunjukkan pada Tabel 2-4 dan rata-rata setiap jam kecepatan angin meridional ditunjukkan pada Tabel 2-5.

Pengolahan selanjutnya adalah menggunakan metode *Hodograph* untuk mengolah data rata-rata setiap jam. *Hodograph* berasal dari bahasa Yunani, yaitu *hodos* yang artinya arah, dan *graph* yang artinya grafik. *Hodograph* adalah salah satu metode untuk mengetahui adanya gelombang gravitas. Untuk

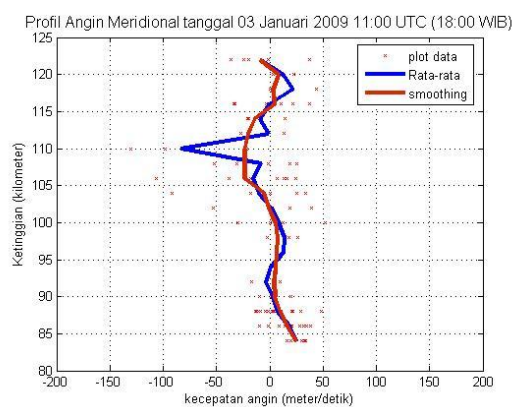
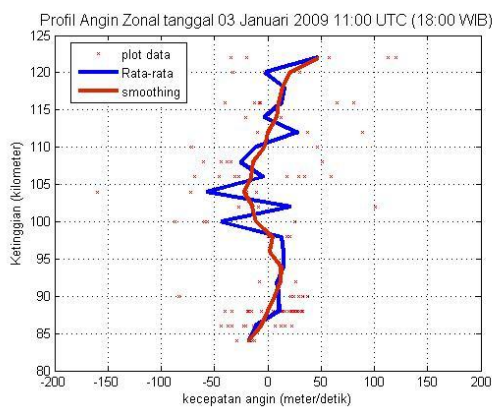
memperoleh *hodograph* ini, dibuat profil kecepatan angin zonal dan meridional pada tiap ketinggian. Koordinat yang terbentuk dari masing-masing ketinggian, mulai ketinggian terbawah hingga teratas, maka akan menggambarkan suatu bentuk mirip elips. Pembentukan gambar elips tersebut dapat terjadi searah gerakan jarum jam ataupun berlawanan dengan arah jarum jam. Gambar elips yang terbentuk yang berlawanan dengan arah jarum jam menunjukkan arah penjalaran gelombang gravitas ke atas (Ristanti, 1998 dan Ekawati, 2011).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

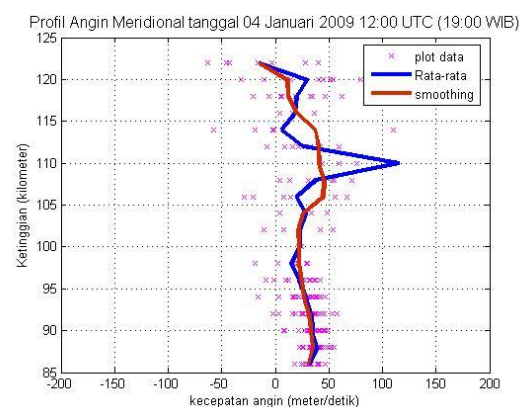
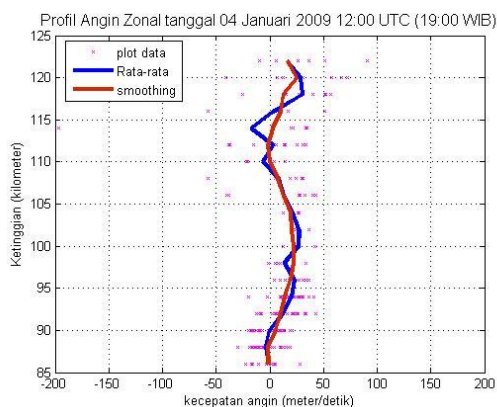
Gambar 3-1 adalah plot angin zonal (kiri) dan meridional (kanan) pada tanggal 3 Januari 2009 pukul 18:00 WIB. Gambar 3-2 adalah plot angin zonal (kiri) dan meridional (kanan) pada tanggal 4 Januari 2009 pukul 19:00 WIB. Dari semua data bulan Januari 2009 setiap jam, grafik *hodograph* yang berbentuk

elips hanya terlihat pada tanggal 3 dan 4 Januari 2009 saja dan hanya terbentuk pada pukul 18:00 WIB pada 3 Januari 2009 dan pukul 19:00 WIB pada 04 Januari 2009. Titik berwarna violet adalah plot data, sedangkan warna garis biru adalah rata-rata data per-jam dan garis merah adalah *smoothing* data menggunakan metode *5-point moving average*.

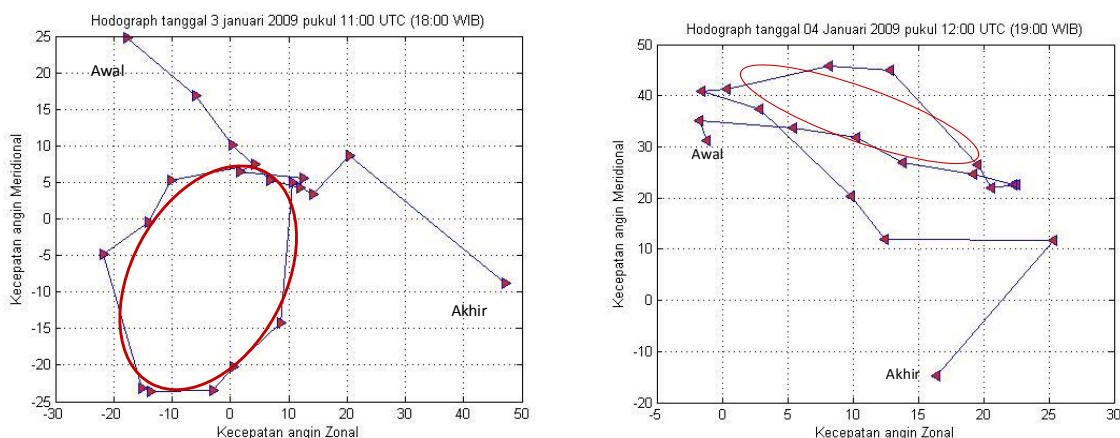
Gambar 3-3 adalah grafik *hodograph* tanggal 3 Januari 2009 pukul 18:00 WIB (kiri) dan *hodograph* kecepatan angin 4 Januari 2009 pukul 19:00 WIB (kanan). Sumbu-x adalah *smoothing* kecepatan angin zonal rata-rata per-jam dan sumbu-y adalah *smoothing* kecepatan angin meridional rata-rata per-jam. Hasilnya, terlihat *hodograph* berbentuk elips yang menandakan keberadaan gelombang atmosfer gravitas. Arahnya pun berlawanan jarum jam yang menunjukkan arah penjalaran gelombang menuju ke arah atas.



Gambar 3-1: Profil angin zonal (kiri) dan angin meridional (kecepatan angin (meter/detik) tanggal 3 Januari 2009



Gambar 3-2: Profil angin zonal (kiri) dan angin meridional (kecepatan angin (meter/detik) tanggal 4 Januari 2009



Gambar 3-3: *Hodograph* kecepatan angin 3 Januari 2009 pukul 18:00 WIB (kiri) dan *Hodograph* kecepatan angin 4 Januari 2009 pukul 19:00 WIB (kiri)

4 PENUTUP

Radar MF memberikan informasi kecepatan angin yang selanjutnya dapat diolah untuk identifikasi gelombang gravitas dengan berbagai metode. Pada makalah ini digunakan metode perhitungan rata-rata setiap jam, perhitungan *smoothing* data dan analisis *hodograph*. Analisis *hodograph* cukup baik dalam mengidentifikasi keberadaan gelombang gravitas. Dari semua data bulan Januari 2009 setiap jam, grafik *hodograph* yang berbentuk *elips* hanya terlihat pada tanggal 3 dan 4 Januari 2009 saja dan hanya terbentuk pada pukul 18:00 WIB pada 3 Januari 2009 dan pukul 19:00 WIB pada 04 Januari 2009. Arah grafik tersebut berlawanan jarum jam. Ini menunjukkan pada waktu tersebut terdapat gelombang gravitas dengan propagasi dari bawah ke arah atas. Selanjutnya akan menyebabkan turbulensi dan gangguan di Ionosfer.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada personil Loka Pengamatan Pameungpeuk dan Tim Jaringan LAPAN Bandung yang telah mengunggah data radar MF ke <ftp://ftp.dirgantara-lapan.or.id/>.

DAFTAR RUJUKAN

- Abadi, P., Ekawati, S., Dedi, N., 2011. *Observasi kemunculan Spread-F di atas pameungpeuk dan Keterkaitannya terhadap Gelombang dari Atmosfer Bawah dengan Menggunakan Radar MF dan HF*. Prosiding Seminar Radar Nasional 2011. ISSN : 1979-2921.
- Ekawati, S., 2011. *Identifikasi Gelombang Gravitasi Atmosfer dari Fenomena Awan Gelombang*. Prosiding Seminar Radar Nasional 2011. ISSN: 1979-2921.
- Gavrilov, N. M., Riggini, DM, Fritts, DC, 2004. *Interannual variations of the Mean Wind and Gravity Wave Variances in the Middle Atmosphere over Hawaii*. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 66 (2004). 637-645.
- Martiningrum, D. R., 2000. *Teknologi Pengamatan Gelombang Atmosfer dengan Radar dan Airglow Imaging (Pencitraan Airglow) untuk Mendukung Penelitian Dinamika Atmosfer*. Warta LAPAN, 2000.
- Pusainsa, 2010, <http://pameungpeuk.dirgantara-lapan.or.id/content/peralatan-dan-fasilitas>. 2010.

Ram, S. T., Yamamoto, M., Liu, H., Thampi, S.V., Liu, C.H., Su, S.Y., Lei, J., 2011. *Periodic Solar Wind Forcing During the Extreme Solar Minimum and the response of Global Ionosphere at Different altitudes Observed by FORMOSAT-3/COSMIC*. Presentation at LAPAN. 2011. RISH, Kyoto University.

Ristanti, N., Gatot, W., Yasminal, A., Nolly, A.H. dan Heri, 1998. *Pengaruh Gelombang Gravitasi terhadap Lapisan Ionosfer*. majalah LAPAN, No. 87. Tahun XXII bulan Oktober 1998. ISSN 0126-0480.

Soegeng, 1994. *Ionosfir*. Yogyakarta: Andi Offset.