

radiasi sinar kosmis tersebut. Astronot hanya diperbolehkan menjalankan misi luar angkasa selama kurang dari 300 hari berdasarkan prediksi yang mengikuti skenario minimum Dalton. Resiko kematian meningkat bila durasi misi melebihi batasan tersebut.

Space Weather (2020) 18: e2019SW002428

IONOSFER

Variasi foF2 di Atas Roma Selama Tiga Minimum

Observatorium Roma telah mengoperasikan ionosonda selama lebih dari 30 tahun serta mencakup tiga fase minimum aktivitas Matahari. Ippolito dkk. melakukan analisis terhadap data frekuensi kritis pada lapisan F2 ionosfer yang diperoleh di Roma selama masa tersebut. Beberapa

temuan penting mereka kemukakan. Penurunan foF2 (badai negatif) jarang terjadi saat siang hari sementara badai positif lebih sering terjadi dan dapat dikategorikan menjadi dua tipe. Badai positif tipe I terjadi selama 6 jam atau lebih dan diikuti dengan kondisi tenang. Badai positif tipe II terjadi lebih singkat dan diikuti oleh penurunan foF2.

Space Weather & Space Climate (2020) 10: 52

MANAJEMEN DATA

Pengolahan Data VLF Menggunakan Python

Oleh

R. Suryana | Pussainsa LAPAN

Setiap peralatan pengamatan sains antariksa memiliki format data yang berbeda-beda antara satu peralatan dengan peralatan yang lainnya. Hal ini terjadi karena setiap peralatan pengamatan dibuat oleh pengembang yang berbeda dan memiliki format standar tertentu sesuai dengan kesepakatan melalui komunikasi antarpengguna data. Walaupun format data berbeda-beda antara satu peralatan pengamatan dengan yang lainnya, tetapi ada satu format data yang secara umum digunakan yaitu format *raw data* (format biner). *Raw data* merupakan data asli yang diambil dari sumbernya (peralatan elektronik) secara langsung, belum melalui pengolahan, dan semua informasinya tersimpan dalam bentuk bilangan heksadesimal. Penyimpanan data hasil pengamatan dalam format *raw data* memiliki kekurangan, yaitu ukuran fail yang besar. Namun, penggunaan format *raw data* memiliki keuntungan, seperti proses penyimpanan data yang lebih cepat, alur kerja yang

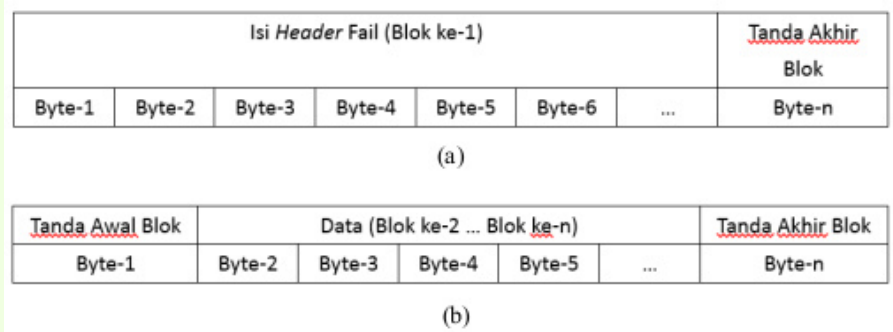
efisien, kualitas data yang terjaga dengan baik, dan terhindar dari kerusakan data akibat virus.

Data hasil pengamatan dari peralatan pengamatan sains antariksa yang tersimpan dalam format *raw data* adalah ionosonda, spektrograf radio SN4000, GISTM, MWR, radar VHF, dan VLF. Secara umum format *raw data* dikelompokkan dalam blok-blok untuk memudahkan pembacaan data, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Blok pertama secara umum merupakan *header* fail atau deskripsi yang menjelaskan tanggal, jam pengamatan, banyaknya data yang tersimpan, informasi yang tersedia, nilai dari setiap parameter, dan tanda akhir dari blok ke-1. Pada blok ini data dapat berupa angka, karakter huruf, atau gabungan angka dan karakter. Blok ke-2 sampai blok ke-n merupakan data hasil pengamatan atau pengukuran, pada *byte* awal merupakan

Tabel 1. Format *raw data* secara umum.

Blok Data	Keterangan
Blok ke-1	Berisi data hasil pengamatan atau pengukuran ke-1
Blok ke-2	Berisi data hasil pengamatan atau pengukuran ke-2
Blok ke-3	Berisi data hasil pengamatan atau pengukuran ke-3
...	...
Blok ke-n	Berisi data hasil pengamatan atau pengukuran ke-n



Gambar 1. Struktur format *raw data* secara umum: (a) Blok data ke-1; (b) Blok data ke-2 sampai ke-n

tanda blok data, *byte* kedua dan seterusnya merupakan data hasil pengamatan atau pengukuran, *byte* akhir merupakan akhir dari blok data. Gambar 1 menunjukkan struktur format *raw data* secara umum.

Jumlah *byte* dalam satu blok data dapat dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\text{Jumlah byte} = \text{Jumlah informasi} \times 2 \text{ byte} + 4 \text{ byte} \quad (1)$$

Sebagai contoh, satu blok data terdiri dari 10 informasi, setiap informasi memiliki rentang nilai -32.768 (0xFFFF8000) sampai 32.767 (0x7FFF) dengan panjang data sebesar 2 *byte*, maka total *byte* dalam satu blok data adalah $10 \times 2 \text{ byte} + 4 \text{ byte} = 24 \text{ byte}$.

Format Raw Data Penerima VLF Pontianak

Pengamatan lapisan ionosfer sangat penting dilakukan karena lapisan ionosfer dapat memengaruhi perambatan gelombang radio dari satu wilayah ke wilayah lain yang sangat jauh di Bumi dan antara satelit dengan penerima di Bumi (Manik, 2014). Ionosfer memiliki beberapa lapisan pada ketinggian yang berbeda-beda dan masing-masing lapisan mengalami tingkat ionisasi yang berbeda. Lapisan ionosfer terdiri dari lapisan D, lapisan E, dan lapisan F.

Tabel 3. Format *header fail*.

Isi/Informasi	Panjang data (byte)
Year [YYYY]	2 byte
Month/Day [MMDD]	2 byte
Hour [HH]	2 byte
Sampling frequency [kHz]	2 byte
Data length for FFT [point] (n_fft)	2 byte
Average time [sec] (n_ave_t)	2 byte
Number of average point in freq [point] (n_ave_f)	2 byte
Number of freq channel [point] (n_fq)	2 byte
Frequency resolution [Hz] (d_fq)	2 byte
Block size [byte] (n_block)	2 byte

Pengamatan lapisan ionosfer dapat dilakukan dengan berbagai macam teknologi dan peralatan, salah satunya adalah dengan penerima gelombang radio *Very Low Frequency (VLF)*. Pengamatan lapisan E dan lapisan F dapat dilakukan menggunakan radar ionosonda. Namun, ionosonda tidak mampu mengamati lapisan D dan lapisan di bawahnya secara langsung sehingga digunakanlah radar VLF. Perubahan kerapatan elektron di lapisan D dan lapisan di bawahnya sangat sensitif terhadap partikel berenergi tinggi seperti saat kemunculan fenomena *flare* Matahari (kelas X), partikel berenergi tinggi dari sabuk radiasi (*radiation belts*), energi dari kemunculan petir, dan fenomena gerhana. Dengan demikian, manfaat dari data VLF ini dapat digunakan untuk studi *flare* Matahari dan juga petir di

lapisan ionosfer paling bawah. Data hasil pengamatan penerima VLF memiliki dua versi, yaitu versi 1.x dan 2.x, dengan format *raw data*. Data VLF yang beroperasi di Balai Pengamatan Antariksa dan Atmosfer (BPAA) Pontianak menggunakan format *raw data* versi 2.x. Perbedaan format *raw data* versi 1.x dan versi 2.x dapat dilihat pada situs web <http://c.gp.tohoku.ac.jp/lf/doku.php>. Nama fail hasil pengamatan penerima VLF memiliki format RRRYYYYMMDDHH.spc. RRR adalah nama lokasi pengamatan, YYYY adalah tahun pengamatan, MM adalah bulan pengamatan, DD adalah hari pengamatan, dan HH adalah jam pengamatan. Struktur data VLF ditunjukkan pada Tabel 2.

Setiap blok data memiliki jumlah *byte* yang sama menggunakan Persamaan (2).

$$\text{Jumlah byte} = n_fft/n_ave_f/2 + 1 \times 4 \text{ byte} \quad (2)$$

dengan n_fft adalah panjang data FFT dan n_ave_f adalah jumlah poin rata-rata dalam frekuensi. Format *header fail* dan format blok data ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

NS merupakan kanal frekuensi, jumlah kanal frekuensi (n_fq) yang terekam dalam data VLF

Tabel 2. Struktur data VLF versi 2.x..

Blok Data	Keterangan
Blok ke-1	<i>Header fail</i> yang berisi informasi tanggal, frekuensi sampling, panjang data FFT, waktu rata-rata, jumlah poin rata-rata pada frekuensi, jumlah kanal frekuensi, resolusi frekuensi, dan ukuran blok data
Blok ke-2	Berisi informasi waktu ke-1 dalam satuan detik, amplitudo, dan fase
Blok ke-3	Berisi informasi waktu ke-2 dalam satuan detik, amplitudo, dan fase
...	...
Blok ke-n	Berisi informasi waktu ke-n dalam satuan detik, amplitudo, dan fase

dapat dilihat pada *header* fail

Tabel 4. Format blok data.

Blok Data	Keterangan
<i>Start mark</i> (0x7FFF)	<i>Signed single</i> (-32768 sampai 32767) dan 2 <i>byte</i>
<i>Time</i> (menit dan detik)	<i>Signed single</i> (-32768 sampai 32767) dan 2 <i>byte</i>
<i>Amplitude</i> × NS	<i>Signed single</i> (-32768 sampai 32767) dan 2 <i>byte</i>
<i>Phase</i> × NS	<i>Signed single</i> (-32768 sampai 32767) dan 2 <i>byte</i>

pada Tabel 3. Jika *n_fq* mendapatkan nilai 800 maka jumlah data yang tersimpan dalam fail tersebut untuk 800 kanal frekuensi yang dimulai dari 0,05 kHz–100,5 kHz dengan resolusi frekuensi sesuai dengan nilai *d_fq* pada *header* fail.

Tahapan Pengolahan Data VLF

Pengolahan data VLF menggunakan perangkat lunak Python karena bersifat terbuka (*open source*) yang mendukung pengolahan data sains dan dapat berjalan pada semua sistem operasi. Pengolahan *raw data* dengan Python membutuhkan beberapa pustaka/modul. Modul ini berfungsi untuk mengonversi bilangan heksadesimal ke desimal, menampung data dalam bentuk *array* yang besar, dan sekaligus dapat membuat grafik hasil pengolahan. Beberapa modul yang digunakan dalam pengolahan data VLF adalah *struct*, *numpy*, dan *matplotlib*. *Struct* adalah sebuah modul untuk mengonversi bilangan heksadesimal ke bilangan desimal yang tersimpan dalam fail atau dari koneksi jaringan komputer dan sumber data lain. *Numpy* adalah sebuah modul yang digunakan untuk komputasi sains dan berfungsi untuk membentuk *array* multidimensi. *Matplotlib* adalah sebuah modul yang digunakan untuk

memvisualisasikan pengolahan data dalam bentuk grafik. Tahapan-tahapan pengolahan *raw data* VLF adalah sebagai berikut:

1. Membuka fail *raw data* dengan menambahkan opsi 'b', pada kode program Python, contohnya:

```
f=open(namaFile, 'rb')
```

Opsi 'b' ini menandakan fail yang dibaca berupa format *raw data*, untuk mengetahui opsi ini secara detail dapat dilihat pada halaman situs web

```
https://www.guru99.com/reading-and-writing-files-in-python.html
```

2. Mengambil data *header* fail sebanyak 20 *byte* kemudian dilakukan konversi ke dalam bilangan desimal menggunakan modul *struct*, contohnya:

```
header_raw = f.read(20)
header = np.array(struct.unpack('h'*10, header_raw))
```

Pada perintah *header_raw = f.read(20)* angka 20 menunjukkan jumlah *byte* yang akan diambil, 'h' menyatakan data yang berada pada variabel *header_raw* dikonversi ke tipe data integer, dan angka 10 menyatakan informasi

yang terdapat pada variabel *header_raw* terdiri dari 10 informasi dan hasil konversi akan menjadi 10 *array*. Tipe data dalam modul *struct* untuk lebih detailnya dapat dilihat pada situs web <https://docs.python.org/2/library/struct.html>.

3. Mengambil *zero padding*, yaitu satu blok data yang bernilai 0, dengan jumlah *byte* yang diambil sebanyak 7988 *byte*.
4. Mengambil data hasil pengamatan, jumlah *byte* yang diambil sebanyak 8008 *byte*. Jumlah *byte* tersebut dikonversi ke tipe data integer dengan jumlah *array* sebanyak 4004 *array*. Pengambilan data hasil pengamatan dilakukan dengan pengulangan hingga blok data terakhir. Banyaknya pengulangan adalah N pengulangan = ukuran fail/n_block - 1.

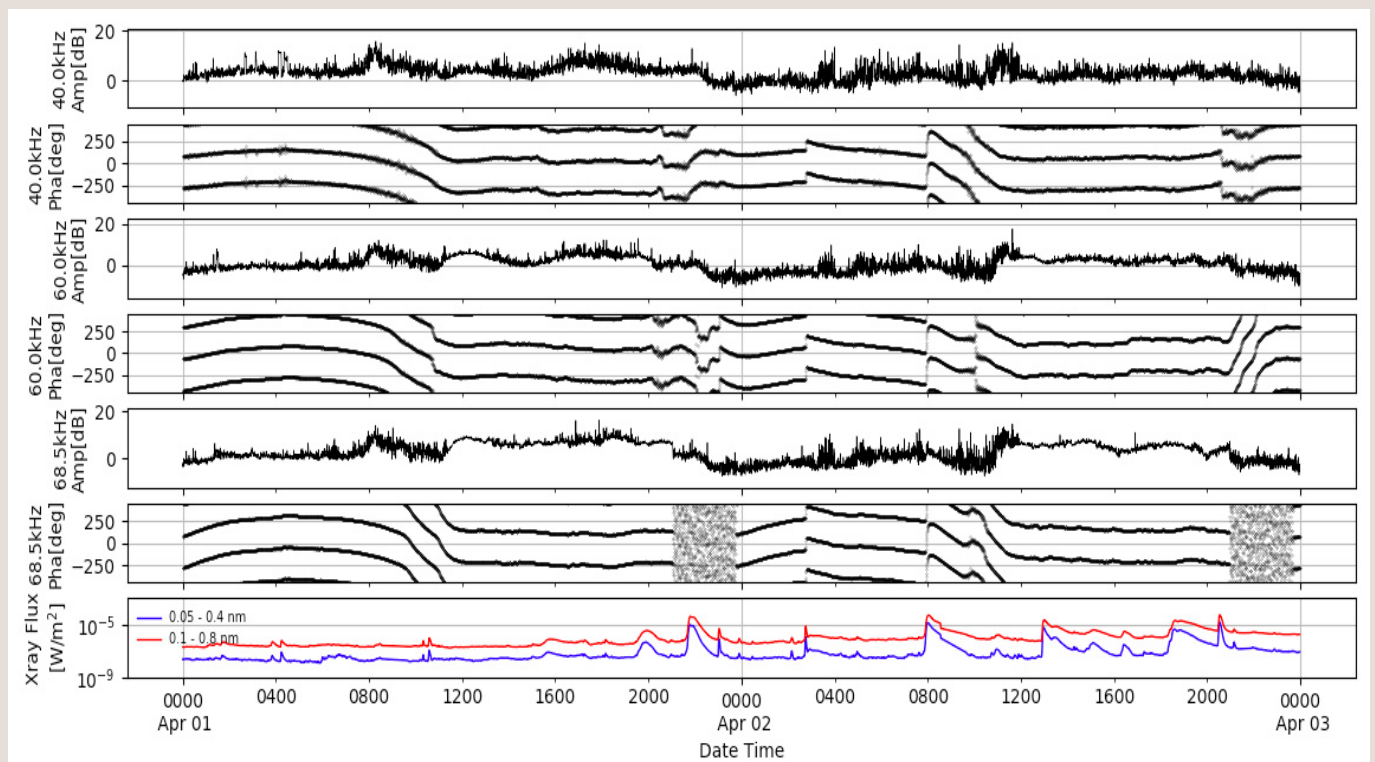
Mendapatkan nilai amplitudo dan fase dari frekuensi yang diinginkan dengan membuat indeks dari 4004 *array*. Indeks 0 merupakan tanda awal data, sedangkan indeks 1 merupakan waktu dalam menit dan detik. Indeks 2 sampai 2003 merupakan data amplitudo untuk frekuensi 0,05 kHz–100,5 kHz, dan indeks 2004 sampai 4004 merupakan data fase untuk frekuensi 0,05 kHz–100,5 kHz. Hasil pengolahan data VLF ditunjukkan pada Gambar 2.

Pada Gambar 2, grafik yang paling bawah merupakan peristiwa *flare* Matahari pada tanggal 1 sampai 2 April 2020 dari data satelit *Geostationary Operational Environmental Satellite-15* (GOES-15). Hasil dari

data GOES-15 menjadi acuan untuk konfirmasi data VLF dalam mendeteksi kejadian *flare* Matahari. Data VLF yang diolah adalah hasil pengamatan pada penerimaan frekuensi 68,5 KHz, 60,0 KHz, dan 40,0 KHz. Kejadian *flare* Matahari dapat terdeteksi dengan melihat amplitudo sinyal atau fase dari data VLF. Grafik fase yang ditunjukkan pada Gambar 2 memperlihatkan adanya perubahan fase yang diterima VLF pada saat terjadi *flare* Matahari. Pada grafik fase

tersebut terdiri dari tiga grafik, tetapi sebenarnya data fase tersebut hanya terdiri dari 1 grafik. Jika hanya ditampilkan satu grafik fase secara langsung maka akan sangat sulit untuk melihat kejadian *flare* Matahari dari data fase. Demi kemudahan maka data fase tersebut harus ditambah dan dikurangi 360 untuk menghindari perubahan fase yang melebihi 360 derajat. Dengan demikian, kita dapat melihat perubahan fase jika terjadi *flare* Matahari. Grafik pada

Gambar 2 tidak menunjukkan adanya perubahan amplitudo ketika terjadi *flare* Matahari karena adanya masalah pada sistem penerima VLF. Ketika terjadi peristiwa *flare* Matahari, data VLF tidak selalu menunjukkan perubahan pada fase dan amplitudo sekaligus. Perubahan tersebut kadang-kadang hanya dapat dilihat pada fasa saja atau amplitudo saja karena adanya masalah pada perangkat VLF.



Gambar 2. Hasil pengolahan data VLF tanggal 1–2 April 2017.

"Research is what I'm doing when I don't know what I'm doing."

– Werner von Braun