

Persiapan Portal Data Spektrum dari Pengamatan di Observatorium Bosscha

Evaria Puspitaningrum^{1,a)}, Lucky Puspitarini^{2,b)}, Hakim L. Malasan^{2,c)},
Aprilia^{2,d)} dan M. Iqbal Arifyanto^{2,e)}

¹Program Pascasarjana Program Studi Astronomi,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

²Program Studi Astronomi dan Observatorium Bosscha,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

^{a)} evariap@students.itb.ac.id (corresponding author)

^{b)} lucky@as.itb.ac.id

^{c)} hakim@as.itb.ac.id

^{d)} aprilialia@as.itb.ac.id

^{e)} ikbal@as.itb.ac.id

Abstrak

Astronomi merupakan ilmu alam yang melibatkan pengamatan objek-objek langit. Berbeda dengan ilmu lainnya, objek astronomi tidak dapat atau sukar sekali di-uji coba di laboratorium, namun objek ini dipelajari melalui pengamatan. Tidak semua objek langit dapat diamati di suatu lokasi di Bumi, sehingga perlu adanya usaha untuk berbagi informasi. Untuk memberikan kemudahan akses data dan meningkatkan riset kolaboratif astronomi di Indonesia, maka dilakukan usaha pengumpulan data dari pengamatan di Observatorium Bosscha, pada khususnya yaitu data spektroskopi. Spektrum-spektrum yang dikumpulkan berasal dari pengamatan dengan Bosscha Compact Spectrograph (BCS) dan NEO R-1000. BCS merupakan instrumen spektrograf resolusi menengah ($R = \Delta\lambda/\lambda \approx 8000$) dalam rentang panjang gelombang visual, sedangkan NEO R-1000 merupakan spektrograf dengan resolusi yang lebih rendah ($R \approx 1000$). Saat ini, terdapat lebih dari 170 spektrum bintang telah dikumpulkan dan direduksi secara seksama. Pada paparan ini akan ditunjukkan contoh data dan persiapan portal data (web service) yang diharapkan menjadi cikal bakal virtual observatory Indonesia.

Kata-kata kunci: Astronomi, spektroskopi, portal data

PENDAHULUAN

Astronomi merupakan cabang ilmu alam yang mempelajari benda – benda langit (seperti bintang, planet, komet, nebula, gugus bintang dan galaksi) dan fenomena – fenomena alam di luar atmosfer Bumi melalui pengamatan (observasional). Secara umum, ilmu ini mempelajari berbagai aspek dari benda – benda langit seperti asal – usul, sifat fisika/kimia dan gerak serta pemahaman tentang fenomena tersebut. Selain itu, fenomena benda langit yang dipelajari memiliki sifat periodik maupun tidak-periodik sehingga pengamatan dari landas Bumi maupun teleskop luar angkasa secara berkala penting untuk dilakukan karena objek yang dipelajari tidak dapat disentuh atau dilakukan eksperimen secara langsung. Namun, walaupun pengamatan secara berkala telah dilakukan, terdapat beberapa kendala yang harus dihadapi untuk mendapatkan data yang

memadai yaitu tidak semua objek dapat teramati dari suatu lokasi di Bumi sehingga strategi pengamatan secara kolaboratif pun banyak dilakukan.

Adanya kolaborasi pengamatan astronomi baik dari landas Bumi maupun teleskop yang diluncurkan ke luar angkasa mengakibatkan bertambahnya data pengamatan secara eksponensial, sehingga era penelitian "big data" di bidang astronomi pun dimulai. Selain itu, peningkatan ketersediaan dan akses data menyebabkan gaya penelitian yang cenderung dilakukan sekarang adalah penelitian secara *on-line*, sehingga lebih banyak pula sumber daya manusia terlibat. Di samping itu, adanya berbagai sumber data (multi-panjang gelombang, cakupan waktu pengamatan yang lebih panjang) menyebabkan tujuan sains dari suatu penelitian lebih banyak tercakup seperti,

1. Citra multi-panjang gelombang suatu objek (contoh: sisa supernova, kosmologi)
2. Aktivitas matahari dan dampaknya terhadap Bumi
3. Fenomena dengan resolusi waktu yang tinggi
4. Pemetaan detail galaksi
5. Pemetaan skala besar

Riset kolaboratif pun dapat dilakukan untuk mengungkap lebih lengkap gambaran fisis suatu objek karena kompleksitas data meningkatkan permintaan analisis data, visualisasi dan pemahaman lebih dalam tentang objek tersebut. Kemudahan akses data astronomi juga dapat meningkatkan media edukasi dan sarana belajar tentang ilmu alam khususnya fisika kepada mahasiswa, guru dan siswa SMP/SMA di Indonesia untuk keperluan studi maupun edukasi. Untuk mencapai tujuan tersebut, usaha pengumpulan dan arsip data yang baik perlu dilakukan. Dalam makalah ini akan dijelaskan mengenai persiapan portal data spektroskopi hasil pengamatan yang dilakukan di Observatorium Bosscha. Adapun data spektroskopi digunakan karena bermanfaat untuk mengungkap komposisi suatu objek, materi di antara objek dengan pengamat dan pola gerak objek tersebut.

DATA PENGAMATAN

Instrumen Pengamatan

Langkah pertama yang dilakukan untuk persiapan portal data adalah mengumpulkan data spektroskopi yang dilakukan di Observatorium Bosscha. Untuk data pengamatan, yang dikumpulkan adalah data yang diamati dengan menggunakan spektrograf *Bosscha Compact Spectrograph* (BCS) dan NEO R-1000. BCS merupakan spektrograf resolusi menengah ($R = \Delta\lambda/\lambda \approx 8000$) yang dikombinasikan dengan Refraktor Ganda Zeiss dan kamera CCD ST-7 XE, sedangkan NEO R-1000 merupakan spektrograf resolusi rendah ($R = 1000$) yang dikombinasikan dengan Reflektor C-8 dan kamera CCD ST-8 XME. Kedua instrumen tersebut akan memberikan data spektrum dengan rentang panjang gelombang yang berbeda. Adapun spesifikasi instrumen tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Spesifikasi spektrograf *Bosscha Compact Spectrograph* (BCS) dan NEO R-1000

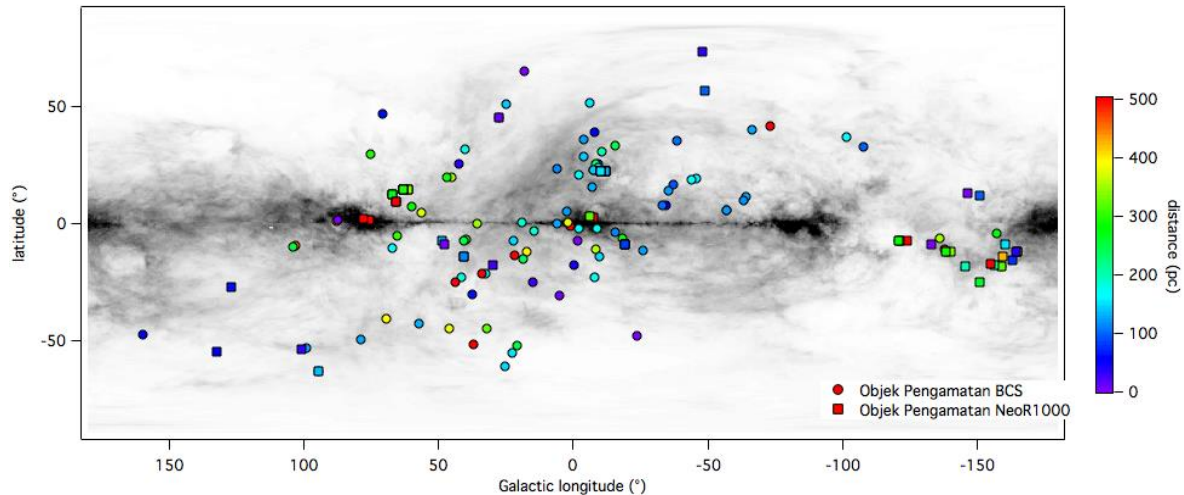
| Parameter | BCS | NEO R-1000 |
|-------------------------|---|-----------------------|
| Tipe | Slit dan <i>plane grating</i> | Slit |
| Lebar Slit | 80 μm | 65 μm |
| Panjang Slit | 20 mm | 7.4 mm |
| Panjang fokus kolimator | 240 mm | 150 mm |
| Panjang fokus kamera | 200 mm | 50 mm |
| <i>Grating</i> | a. 300 baris/mm @ 500 nm b. 1200 baris/mm @ 500 nm | 600 baris/mm @ 550 nm |
| Resolusi | a. 900 – 2200 b. 3000 – 8000 | 1000 |
| Lampu pembanding | Fe-Ne-Ar | HCT:Fe-Ne-Ar |

Data Spektrum

Terdapat sekitar 170 data spektrum yang dikumpulkan dan merupakan data – data pengamatan yang telah dipublikasikan untuk berbagai riset seperti berikut,

1. Penelitian variasi *Violet-to-Red* (V/R) profil emisi H α pada bintang B-emisi (Be) [1][2]
2. Pengamatan bintang dan objek emisi dengan menggunakan NEO R=1000 [3]
3. Penelitian materi antar bintang [Puspitarini dkk. 2017]
4. Penelitian garis telurik [Puspitaningrum dkk. 2017]
5. Arsip data pengamatan di Observatorium dari tahun 2004 – 2017 (*private communication*)

Gambar 1 menunjukkan posisi objek – objek pengamatan di bidang galaksi yang telah teramati dengan menggunakan BCS maupun NEO R-1000 dan dimasukkan dalam portal data. Terdapat daerah yang tidak terdapat objek langit teramati pada Gambar 1. Hal tersebut dikarenakan lokasi Observatorium Bosscha yang berada di lintang selatan, sehingga tidak seluruh belahan langit dapat dicakup khususnya objek – objek langit di belahan langit utara. Oleh karena itu, kolaborasi dalam pengamatan maupun riset sangat diperlukan untuk mengakomodir masalah ini.



Gambar 1. Posisi benda – benda langit yang telah diamati dengan menggunakan BCS dan NEO R-1000 di bidang Galaksi.

FORMAT DATA

FITS

Format data standar dalam astronomi dimulai dengan menggunakan *Flexible Image Transport System* [4], atau disebut dengan FITS. FITS telah diadopsi untuk produksi data baik format arsip maupun format *run-time* dalam analisis data secara virtual yang digunakan pada riset astronomi. FITS berkembang dari mekanisme pertukaran citra sampai menjadi hal yang lebih umum digunakan dan mendukung tabel *text-based*, tabel *binary*, maupun data spektrum. FITS merupakan rangkaian konvensi metadata yang menyediakan pengkodean kompleks untuk "*world coordinate system*" dan proyeksi geometrik terkait yang diperlukan untuk memetakan data dari bola langit ke bidang peta dan tampilan gambar. FITS juga umum digunakan untuk format citra pada *software* astronomi, sehingga secara umum citra – citra yang didapatkan di Observatorium Bosscha juga menggunakan format ini.

Langkah selanjutnya dalam proses persiapan portal data adalah membuat standard untuk *header* atau informasi metadata pada format data FITS. Hal tersebut penting dilakukan untuk memudahkan proses penyimpanan, *query*, akses maupun analisis data – data yang telah dikumpulkan. Gambar 2 menunjukkan beberapa contoh format *header* data FITS untuk data spektrum yang didapatkan. Terdapat beberapa masalah pada *header* data, seperti tidak adanya keterangan teleskop yang digunakan dalam pengamatan dan ditunjukkan dengan kotak merah.

```

BITPIX = 8 / 8-bit ASCII characters
NAXIS = 1 / Number of Image Dimensions
NAXIS1 = 1461 / Length of axis
ORIGIN = 'NOAO-IRAF: WTEXTIMAGE' /
IRAF-MAX= 0. / Max image pixel (out of date)
IRAF-MIN= 0. / Min image pixel (out of date)
IRAF-B/P= 32 / Image bits per pixel
IRAFTYPE= 'REAL FLOATING' / Image datatype
OBJECT = ' ' /
FILENAME= 'OORI-DFCTAC[*],1] ' / IRAF filename
FORMAT = '5G14.7' / Text line format
EXTEND = 'F' / File may contain extensions
ORIGIN = 'NOAO-IRAF FITS Image Kernel July 2003' / FITS file originator
DATE = '2015-11-24T11:04:50' / Date FITS file was generated
IRAF-TLM= '2015-11-24T11:04:50' / Time of last modification
OBJECT = ' ' /
TELESCOP= 'Unknown Telescope'
INSTRUME= 'SBIG ST-8'
OBSERVER= 'Observer's Name'
DATE-OBS= '2015-11-22T16:30:19.000' / GMT START OF EXPOSURE [WIN]
EXPTIME= +4.000000000000E+002 / EXPOSURE IN SECONDS
CCD-TEMP= -1.523319095486E+001 / CCD TEMP IN DEGREES C
XPIXSZ = +9.000000000000E+000 / PIXEL WIDTH IN MICRONS
YPIXSZ = +9.000000000000E+000 / PIXEL HEIGHT IN MICRONS
XBINNING= 1 / HORIZONTAL BINNING FACTOR
YBINNING= 1 / VERTICAL BINNING FACTOR
XORGSUBF= 0 / SUB_FRAME ORIGIN X POS
YORGSUBF= 0 / SUB-FRAME ORIGIN Y POS
EGAIN = +2.520000000000E+000 / ELECTRONS PER ADU
FOCALLEN= +2.032000000000E+003 / FOCAL LENGTH IN MM
    
```

Gambar 2. Contoh header file FITS dengan keterangan teleskop yang tidak lengkap (ditunjukkan dengan kotak merah)

VOTable

Format data FITS sangat luas digunakan dalam astronomi sehingga modifikasi dan ekstensi format ini dievaluasi dengan hati – hati dan menyebabkan perubahan untuk format ini cenderung lambat. Aturan untuk membangun file FITS yang valid dan untuk mewakili metadata juga sangat jelas. Namun, dengan adanya sistem koordinat secara spesifik menyebabkan adanya beberapa kesepakatan yang semantik sehingga pertukaran data interoperabilitas terbatas oleh standar semantik.

Proyek *virtual observatory* merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan standar pada format data dan aplikasi astronomi sehingga memudahkan astronomer untuk bekerja dengan berbagai sumber data. Salah satu terobosan pada format data standar yang diusulkan adalah VOTable. Format VOTable adalah standar XML untuk pertukaran data yang diwakili sebagai seperangkat tabel. Dalam hal ini, tabel adalah kumpulan baris yang tidak berurutan, masing-masing dengan format seragam, seperti yang ditentukan dalam tabel metadata. Setiap baris pada tabel adalah rangkaian sel tabel yang masing-masing berisi tipe data primitif, atau *array* data primitif. VOTable berasal dari format *Astrores* dan dimodelkan sesuai format tabel FITS; VOTable dirancang menyerupai format FITS Binary Table.

Portal data ini diharapkan menjadi cikal bakal *virtual observatory* Indonesia sehingga standar yang digunakan akan menyesuaikan model data VOTable sebagai berikut,

```

VOTable = hierarki metadata + TableData terasosiasi, diurutkan sebagai rangkaian tabel
Metadata = Parameter + Info + Deskripsi + Link + Field + Group
Tabel = rangkaian Field + TableData
TableData = rangkaian baris
Baris = rangkaian sel
Sel = Primitif atau daftar variabel primitif atau array multidimensi dari primitif
Primitif = integer, karakter, float dll.
    
```

Berikut merupakan contoh format VOTable yang akan digunakan pada format standar portal data. Format ini didapatkan dari www.ivoa.net. Konten format ini disesuaikan dengan konten file FITS data spektrum dari pengamatan di Observatorium Bosscha, sehingga konversi dari file FITS ke VOTable atau sebaliknya lebih mudah dilakukan.

```

<?xml version="1.0"?>
<VOTABLE version="1.1" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://www.ivoa.net/xml/VOTable/VOTable/v1.1">
<COOSYS ID="J2000" equinox="J2000." epoch="J2000." system="eq_FK5"/>
<RESOURCE name="myFavouriteGalaxies">
<TABLE name="results">
<DESCRIPTION>Velocities and Distance estimations</DESCRIPTION>
<PARAM name="Telescope" datatype="float" ucd="phys.size;instr.tel"
unit="m" value="3.6"/>
<FIELD name="RA" ID="col1" ucd="pos.eq.ra;meta.main" ref="J2000"
datatype="float" width="6" precision="2" unit="deg"/>
<FIELD name="Dec" ID="col2" "pos.eq.dec;meta.main" ref="J2000"
datatype="float" width="6" precision="2" unit="deg"/>
<FIELD name="Name" ID="col3" ucd="meta.id;meta.main"
datatype="char" arraysize="8"/>
<FIELD name="RVel" ID="col4" ucd="src.veloc.hc" datatype="int"
width="5" unit="km/s"/>
<FIELD name="e_RVel" ID="col5" ucd="stat.error;src.veloc.hc"
datatype="int" width="3" unit="km/s"/>
<FIELD name="R" ID="col6" ucd="phys.distance" datatype="float"
width="4" precision="1" unit="Mpc">
<DESCRIPTION>Distance of Galaxy, assuming H=75km/s/Mpc</DESCRIPTION>
</FIELD>
<DATA>
<TABLEDATA>
<TR>
<TD>010.68</TD><TD>+41.27</TD><TD>N 224</TD><TD>-297</TD><TD>5</TD><TD>0.7</TD>
</TR>
</TABLEDATA>
</DATA>
</TABLE>
</RESOURCE>
</VOTABLE

```

KOMPONEN PORTAL DATA

Registry

Pusat dari portal data, seluruh informasi dan sumber didaftarkan bersama metadata. Metadata tersebut berfungsi menjadi acuan dan disesuaikan dengan permintaan pengguna (user). Pada bagian ini sumber data akan diizinkan untuk ditambahkan, dihapus atau diperbaharui.

Community

Mengatur komunitas seperti membuat akun perorangan atau grup, menambah akun ke grup dan menghapusnya serta memberikan peran – peran tertentu ke suatu grup.

Filemanager

Mengizinkan pengguna untuk memiliki tempat penyimpanan data virtual

Berikut adalah *flow* akses portal data pengamatan yang akan diaplikasikan,

1. Register
Pengguna (atau kelompok) harus mendaftarkan diri terlebih dahulu untuk mendapatkan akses ke portal data. Email konfirmasi akan dikirimkan ke email pengguna untuk aktivasi akun
2. Login
Untuk melakukan akses, pengguna harus login terlebih dahulu ke portal data.
3. Akses
Pengguna dapat melakukan pencarian dengan memasukkan nama objek (sesuai standard Simbad) atau koordinat (RA, Dec) sesuai dengan standard yang telah ditetapkan. Pengguna hanya dapat mengubah/menghapus sumber data yang diupload sendiri

KESIMPULAN

Persiapan portal data spektrum dari pengamatan di Observatorium Bosscha mulai dilakukan untuk menginisiasi pembangunan *virtual observatory* di Indonesia. Untuk saat ini, fokus persiapan portal data adalah standarisasi format data pengamatan sesuai dengan format *VOTable* dan komponen portal. Terdapat sekitar 170 spektrum yang disertakan dalam portal data saat ini yang diperoleh dari pengumpulan spektrum pengamatan yang telah dipublikasikan sebelumnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bu April, Pak Hakim, Imanul Jihad (Prodi Sains Komputasi, FMIPA, ITB) dan Robiatul Muztaba (Prodi Sains Atmosfer dan Keplanetan, ITERA) yang telah menyediakan data pengamatan spektrum bintang. Penelitian penulis mendapatkan dukungan dari P3MI ITB.

REFERENSI

1. E. Puspitaningrum, R. Muztaba, G. E. Ramadhani, M. Irfan, Aprilia, dan H. L. Malasan. *V/R Variation Profile of Be Star Spectra in the Southern Hemisphere*, SEMINAR NASIONAL ANTARIKSA 2015, At Bandung Indonesia, (2015).
2. R. Muztaba, G. E. Ramadhania, E. Puspitaningrum, Aprilia, M. Irfan, H. L. Malasan, *B-emission (Be) Star Gallery as A Teaching Media in Senior High School and University Level*, SEMINAR KONTRIBUSI FISIKA 2015, At Bandung Indonesia (2015).
3. I. Jihad, H. L. Malasan, R. Muztaba, G. E. Ramadhani, I. T. Andika, E. Puspitaningrum, A. M. Al Kholis, A. Arai, H. Kawakita, dan T. Yamamuro, *NEO-R1000: The Fast and Efficient Compact Spectrograph For Studying Emission Object at Bosscha Observatory*, SEMINAR KONTRIBUSI FISIKA 2015, At Bandung Indonesia (2015).
4. Wells, D. C, Greisen, E. W, Harten, R. H, *FITS - a Flexible Image Transport System*, Astronomy and Astrophysics Supplement, Vol. 44, P. 363, (1981)