

Rancang Bangun Sistem Pengolahan Data Satelit Metop Untuk Menghasilkan Data IASI

Design of Metop Data Processing System to Produce IASI Data

B. Pratiknyo Adi Mahatmanto¹⁾, Andy Indradjad, Sugiyanto, Ayom Widipaminto

Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh – LAPAN

¹⁾E-mail: beni.pratiknyo@gmail.com; pratiknyo.adi@lapan.go.id

ABSTRAK – Dua buah satelit Metop telah dikembangkan oleh Eumetsat dan telah diluncurkan pada tahun 2006 dan tahun 2012. Salah satu sensor yang dibawa oleh satelit Metop adalah *Infrared Atmospheric Sounding Interferometer* (IASI). Keunggulan dari sensor IASI yang terdapat pada satelit Metop yaitu dapat menghasilkan data yang akurat mengenai kondisi atmosfer bumi, daratan dan lautan yang dapat dimanfaatkan untuk prediksi cuaca harian. Sistem Pengolahan data IASI yang dikembangkan oleh LAPAN Pustekdata dengan menggunakan *software* ATOVS dan AVHRR *Pre-processing Package* (AAPP) versi 8.1 sebagai pengolah data dari level *raw* data sampai menjadi data level-0 dan level-1 kemudian dilanjutkan dengan menggunakan *software* *Community Software Processing Package* (CSPP) *University of Wisconsin-Madison* (UW) *Hyperspectral* (HS) *Retrieval Software for Direct Broadcast* versi 1.3 untuk mengolah data IASI level-1 menjadi level-2. LAPAN Pustekdata melalui Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Pekayon telah menerima data dari satelit Metop-A dan telah melakukan pengembangan *software* pengolahan data satelit Metop untuk menghasilkan data level-1 dan data level-2 dari sensor IASI.

Kata kunci: Metop, IASI, SBPJ Pekayon, *software*, pengolahan

ABSTRACT - Two Metop satellites have been developed by Eumetsat and have been launched in 2006 and 2012. One of the sensors brought by Metop satellites was *Infrared Atmospheric Sounding Interferometer* (IASI). The advantages of IASI sensors contained in Metop satellites are to produce data about the Earth's atmospheric conditions, land and oceans that can be used for daily weather prediction. IASI data processing system developed by LAPAN Pustekdata using ATOVS and AVHRR *Pre-processing Package* (AAPP) *software* version 8.1 as data processing system from raw data to level-0 and level-1 data, and using *Community Software Processing Package* *software* (CSPP) *University of Wisconsin-Madison* (UW) *Hyperspectral* (HS) *Retrieval Software for Direct Broadcast* version 1.3 to process IASI level-1 data to level-2 data. LAPAN Pustekdata through Pekayon Ground Station has received data from Metop-A satellite and has developed Metop satellite data processing *software* to generate data level-1 and level-2 data from IASI sensors.

Keywords: Metop, IASI, Pekayon Ground Station, *software*, processing

1. PENDAHULUAN

Satelit Metop membawa beberapa instrumen yang terdiri dari sensor *imager* dan sensor *sounding* untuk mengamati planet bumi. Instrumen atau sensor yang dibawa oleh satelit Metop antara lain yaitu: *Infrared Atmospheric Sounding Interferometer* (IASI), *Global Ozone Monitoring Experiment-2* (GOME-2), *Advanced Very High Resolution Radiometer/3* (AVHRR), *Advanced Scatterometer* (ASCAT), *Global Navigation Satellite System Receiver for Atmospheric Sounding* (GRAS), *High Resolution Infrared Radiation Sounder/4* (HIRS), *Advanced Microwave Sounding Unit A1 and A2* (AMSU-A), *Microwave Humidity Sounder* (MHS), *Advanced Data Collection System/2* (A-DCS), *Search And Rescue Satellite* (SARSAT) *Aided Tracking System dan Space Environment Monitor* (SEM).

Salah satu sensor utama yang dibawa oleh satelit Metop adalah sensor IASI. *Infrared Atmospheric Sounding Interferometer* (IASI) adalah instrumen spektral suara beresolusi tinggi yang berdasarkan pada spektrometer transformasi fourier yang dikirim hingga 8461 sampel spektral pada panjang gelombang 3,62 μ m hingga 15,2 μ m dengan resolusi spektral 0,35-0,5 cm^{-1} (Phillips dkk. 2005; Blumstein dkk. 2004; Cayla dkk. 1995). Program pengembangan instrumen IASI merupakan perjanjian kerjasama antara CNES dan EUMETSAT dimana dalam kesepakatan ini CNES mempunyai tugas dalam pengembangan instrumen

dan *software* pengolahan data sedangkan EUMETSAT bertanggung jawab untuk mengoperasikan, menyimpan dan mendistribusikan data IASI (Blumstein dkk. 2007).

Data dari sensor IASI yang didapatkan dari satelit Metop dapat digunakan untuk memperoleh data dari bermacam gas yang berada di atmosfer seperti: amonia (NH_3), sulfur dioksida (SO_2), metana (CH_4) (Atkinson dkk. 2010), ozon (O_3), karbon monoksida (CO), methylene (CH_2), oksida nitrat (N_2O) (Hebert dkk. 2017; Hilton dkk. 2012; Phulpin dkk. 2007). Pengukuran kadar karbon monoksida (CO) yang berada di udara dapat menggunakan data yang diperoleh dari data sensor yang ada di satelit yaitu: sensor *Infrared Atmospheric Sounding Interferometer* (IASI) yang ada di satelit Metop, sensor *Measurements of Pollution in the Troposphere* (MOPITT) pada satelit TERRA, sensor *Atmospheric Infrared Sounder* (AIRS) yang terdapat di satelit AQUA and sensor *Tropospheric Emission Spectrometer* (TES) di satelit AURA (George dkk. 2009; Gambacorta dkk. 2014; Hartmut dkk. 2008; Cao dkk. 2009; Chen dkk. 2013; Hu dkk. 2013). Data dari sensor IASI tersebut juga dapat digunakan untuk menghasilkan informasi mengenai kondisi temperatur, informasi *water vapour* (Pougatchev dkk. 2009) dan profil atmosfer ozon (Aires dkk. 2002; Camps-Valls dkk. 2012; Lerner dkk. 2002).

LAPAN sebagai lembaga yang diamanatkan dalam Undang-Undang Keantariksaan sebagai lembaga yang bertugas mengoperasikan stasiun bumi penginderaan jauh memiliki kewajiban untuk memperoleh data, mengolah data, menyimpan data, mendistribusikan data dan memanfaatkan data penginderaan jauh. Menurut Undang-Undang No.21 Tahun 2013 tentang Keantariksaan pada pasal 16 ayat 2 yang berbunyi Lembaga dalam memperoleh data penginderaan jauh melalui pengoperasian satelit dan pengoperasian stasiun bumi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a dan huruf b wajib membuat perencanaan, membangun, serta mengoperasikan satelit dan stasiun bumi (Mahatmanto dkk. 2016).

Pustekdata sebagai salah satu satuan kerja yang berada di dalam naungan LAPAN mempunyai beberapa stasiun bumi penginderaan jauh di Indonesia salah satunya adalah Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Pekayon Jakarta. Saat ini SBPJ Pekayon melakukan kegiatan operasional akuisisi data dari satelit NOAA-18, NOAA-19, Metop-A dan Himawari-8. Kegiatan harian akuisisi data satelit penginderaan jauh tersebut menghasilkan data yang mencakup hampir seluruh wilayah Indonesia. Data-data tersebut nantinya akan diolah dan dimanfaatkan lebih lanjut oleh para pengguna baik dari kementerian, lembaga pemerintahan, pihak swasta dan perguruan tinggi yang ada di Indonesia.

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah membuat sebuah sistem pengolahan data penginderaan jauh dengan menggunakan input *raw* data Metop yang dihasilkan oleh Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Pekayon menjadi data level-1 dan data level-2 untuk data sensor IASI. Beberapa *software* yang digunakan untuk mengolah data Metop yaitu Metopizer, ATOVS and AVHRR *Pre-processing Package* (AAPP) dan *Community Software Processing Package* (CSPP) *University of Wisconsin-Madison* (UW) *Hyperspectral* (HS) *Retrieval Software for Direct Broadcast*.

2. METODE

Satelit Metop mengorbit bumi secara polar dengan orbit *Low Earth Orbit* pada ketinggian 819 km. Satelit Metop-A merupakan salah satu satelit cuaca yang mengorbit bumi sejak 19 Oktober 2006. Satelit Metop-A dibangun oleh organisasi Eumetsat yang merupakan gabungan dari negara-negara di benua Eropa.

Ada sebelas instrument sensor yang dibawa oleh satelit Metop-A, salah satu sensor yang dibawa oleh satelit Metop adalah *Infrared Atmospheric Sounding Interferometer* (IASI). Keunggulan dari sensor IASI yang terdapat pada satelit Metop yaitu dapat menghasilkan data yang akurat mengenai kondisi atmosfer bumi, daratan dan lautan yang dapat dimanfaatkan untuk prediksi cuaca harian. **Tabel 1** menunjukkan karakteristik sensor IASI pada satelit Metop.

Tabel 1. Karakteristik Utama dari Instrumen IASI (Garcia-Sobrinho dkk. 2017; Simeoni dkk. 2004)

Karakteristik	IASI
<i>Orbit</i>	Polar sun-synchronous
<i>Time for one orbit</i>	101 minute
<i>Global Earth coverage</i>	2 times per day
<i>Repeat cycle</i>	29 days (412 orbits)
Karakteristik	IASI

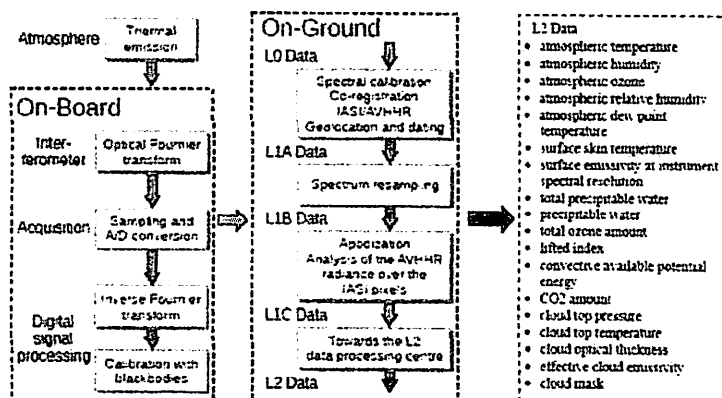
<i>Altitude</i>	819 km
<i>Full swath width</i>	2200 km
<i>Spatial resolution</i>	12 km at nadir
<i>Spectral resolution</i>	8 to 70 nm (0.35 to 0.5 cm^{-1})
<i>Radiometric resolution</i>	0.25 at 0.5K
<i>Spectral range</i>	Band-1: 645–1240 cm^{-1} Band-2: 1200–2040 cm^{-1} Band-3 :1960–2760 cm^{-1}

Sensor IASI yang terdapat pada satelit Metop mempunyai spesifikasi antara lain: *spectral coverage* meliputi 8461 *channels* yang mempunyai panjang gelombang dari 3.6 – 15.5 μm , *instantaneous field of view* (IFOV) yaitu 0.8° (12 km at nadir), *earth scan angle* sebesar $\pm 48.3^\circ$ dari titik nadir, dan *cross track scan samplings* dengan 30 *footprints* dimana setiap *footprint* terdiri dari 4 buah piksel.

Tabel 2. Perbandingan Instrument AVHRR dan IASI yang Terdapat di Satelit Metop (Wang dkk. 2008)

	AVHRR-3	IASI
<i>Spectral coverage</i>	3 solar channels (0.630, 0.862, and 1.161 μm) 1 shortwave channel (3.74 μm) 2 longwave channels (10.8 and 12.0 μm)	8461 channels (3.6–15.5 μm)
<i>Instantaneous field of view (IFOV)</i>	0.074° (1.1 km at nadir)	0.8° (12 km at nadir)
<i>Earth scan angle</i>	$\pm 55.4^\circ$ from nadir	$\pm 48.3^\circ$ from nadir
<i>Cross track scan samplings</i>	2048	30 footprints (each containing 4 pixels)

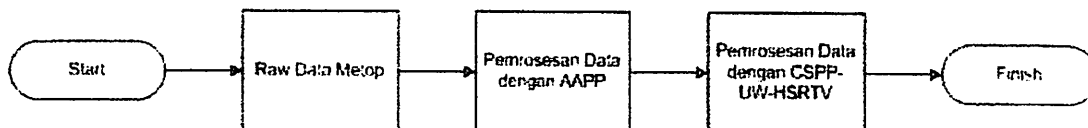
Pada Gambar 1 menjelaskan mengenai alur data yang dikirimkan dari satelit Metop hingga diterima di Stasiun Bumi dimulai dari *raw* data yang diterima dan diolah oleh segmen bumi hingga menghasilkan data level-0, level-1 dan level-2.



Gambar 1. Diagram Alir Standar Pengolahan Data IASI pada Data Metop

Sistem pengolahan data IASI yang dikembangkan oleh LAPAN Pustekdata dengan menggunakan software ATOVS and AVHRR *Pre-processing Package* (AAPP) versi 8.1 sebagai pengolah data dari level *raw* data sampai menjadi data level-0 dan level-1 kemudian dilanjutkan dengan menggunakan *software Community Software Processing Package* (CSPP) *University of Wisconsin-Madison* (UW) *Hyperspectral (HS) Retrieval Software for Direct Broadcast* versi 1.3 untuk mengolah data IASI level-1 menjadi level-2.

Pengolahan data satelit Metop-A dari *raw* data hingga menghasilkan data level 1 dan data level 2 dilakukan dengan menggabungkan proses kerja beberapa *software* pengolahan. Pada Gambar 2 terlihat beberapa blok pengolahan yang terdiri dari urutan sebagai berikut yaitu menyiapkan *raw* data, pengolahan *raw* data dengan *software* AAPP hingga mendapatkan data level-0 dan level-1, dilanjutkan dengan pengolahan dengan menggunakan *software* CSPP UW-HSRTV untuk menghasilkan data level 2.



Gambar 2. Diagram alir Sistem Pengolahan Data IASI di LAPAN Pustekdata

Pengolahan data Metop menggunakan komputer server desktop yang sudah di-instal dengan menggunakan sistem operasi Linux Centos 7. Memory sebesar 4 Giga Byte. Processor Intel Core i5-3470 CPU @ 3.2 GHz x 2 dan Hardisk 500 Giga Byte.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan penelitian dan kerakyasaan yang dilakukan pada tulisan ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah sistem pengolahan data IASI yang bersumber dari data satelit Metop yang diakuisisi oleh Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Pekayon.

Pengolahan *raw* data Metop menjadi data level 1 dan level 2 menggunakan *software open source* pengolahan data penginderaan jauh yaitu AAPP dan CSPP UW-HSRTV. *Software* tersebut digabungkan sesuai dengan kegunaannya dalam proses pengolahan data Metop. semua proses pengolahan tersebut dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman *bash script*.

Hasil akuisisi satelit Metop-A yang dilakukan di Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Pekayon menghasilkan *raw* data dengan format **.metop*. Salah satu *raw* data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Metop-A yang diakuisisi pada tanggal 9 Maret 2018 pada jam 02:38:19 UTC dengan ukuran data sebesar 186 MByte.



Gambar 3. Raw data Metop Tanggal 9 Maret 2018

Untuk mengolah data Metop dengan menggunakan perangkat lunak AAPP maka diperlukan input *raw* data dan dokumen *Two Line Element (TLE)* yang dapat di-*download* setiap hari dari website Celestrak yaitu <https://celestrak.com/NORAD/elements/weather.txt> atau dari website Eumetsat dengan alamat yaitu <http://oisrwww.eumetsat.org/metopTLEs/html/index.htm>. Data TLE yang digunakan pada penelitian ini adalah TLE dengan waktu pembuatan pada *Day of Year (DOY)* 66 pada tahun 2018.

```

Metop-A
1 29499U 06044A 18066.33487318 .00000000 00000+0 -76416-5 0 00018
2 29499 98.6401 126.0431 0002072 124.0275 316.6513 14.21525408590531
Metop-B
1 38771U 12049A 18066.30435184 .00000000 00000+0 32970-4 0 00019
2 38771 98.6850 127.4415 0001364 162.0797 274.9321 14.21496523283664
NOAA-15
1 25338U 08030A 18065.94888822 +.00000002 +00000-0 +19658-4 0 9995
2 25338 098.7759 082.2813 0010953 159.1189 201.0440 14.25840829030191
NOAA-18
1 28654U 05018A 18065.95232862 +.00000003 +00000-0 +27034-4 0 9999
2 28654 099.1581 099.2618 0015083 057.4863 302.7763 14.12368471659257
NOAA-19
1 33591U 09005A 18065.90799515 +.00000083 +00000-0 +70367-4 0 9998
2 33591 099.1311 041.9648 0013022 253.2672 106.7070 14.12259103467471
S-NPP
1 37849U 11061A 18065.92400382 +.00000007 +00000-0 +23858-4 0 9995
2 37849 098.7292 005.8125 0001642 098.1432 332.8118 14.19541068329370
    
```

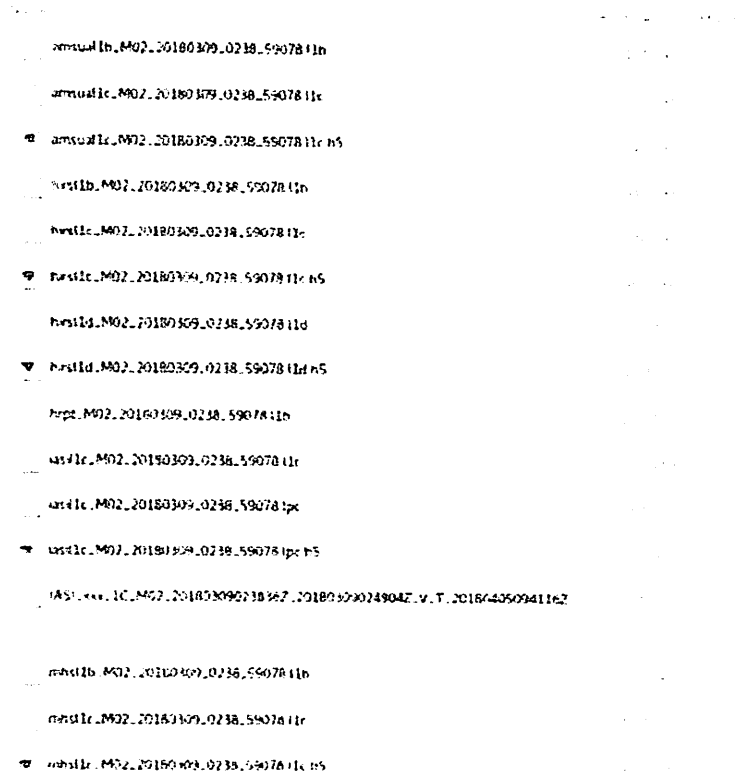
Gambar 4. Data Two Line Element Doy 66 tahun 2018

Tahap selanjutnya yang dilakukan adalah mengolah *raw* data tersebut sehingga menghasilkan data level 0 dengan menggunakan *software* ATOVS and AVHRR *Pre-processing Package* (AAPP). *Software* AAPP dikembangkan oleh *Satellite Application Facility for Numerical Weather Prediction* (NWP SAF). Dengan menggunakan input *raw* data yaitu *20180309023819.metop* dan diolah dengan menggunakan *software* AAPP maka dihasilkan data level-0 dari beberapa sensor yang ada pada satelit Metop-A yaitu HIRS, AVHRR, AMSU, MHS dan IASI.

File	Size	Modified
AMSA_HRP_00_M02_20180309023852Z_20180309024845Z_N_O_20180309062104Z	117.1 KB	2018-03-09 06:21:04
AVHR_HRP_00_M02_20180309023833Z_20180309024905Z_N_O_20180309062104Z	117.1 KB	2018-03-09 06:21:04
HIRS_HRP_00_M02_20180309023857Z_20180309024853Z_N_O_20180309062104Z	117.1 KB	2018-03-09 06:21:04
IASI_HRP_00_M02_20180309023815Z_20180309024919Z_N_O_20180309062105Z	117.1 KB	2018-03-09 06:21:05
MHSx_HRP_00_M02_20180309023833Z_20180309024853Z_N_O_20180309062104Z	117.1 KB	2018-03-09 06:21:04

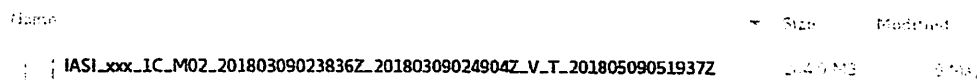
Gambar 5. Data Level 0 Hasil Pengolahan Dengan Menggunakan AAPP

Dengan menggunakan input *raw* data yaitu *20180309023819.metop* dan diolah dengan menggunakan *software* AAPP maka dihasilkan data level-I dari beberapa sensor yang ada pada satelit Metop-A yaitu HIRS, AVHRR, AMSU, MHS dan IASI.



Gambar 6. Data Level 1 Hasil Pengolahan dengan Menggunakan AAPP

Pengolahan data Metop-A level 1 menjadi data level 2 menggunakan *software* CSPP UW-HSRTV, data level 1 yang digunakan yaitu IASI_XXX_1C_M02_20180309023836Z_20180309024904Z_V_T_20180509051937Z. Untuk menghasilkan data level-2 pengolahan tersebut memerlukan data *ancillary* gdas1.PGrbF00.180309.00z yang dapat didownload dari halaman website atau FTP yaitu ftp://ftp.ssec.wisc.edu/pub/cosdb/ancillary/2018_03_09_06S/.



Gambar 7. Data Level 1 Sebagai File Input untuk Software CSPP UW-HSRTV

Data output level-2 yang dihasilkan melalui pengolahan *software* CSPP UW-HSRTV adalah data dengan format *.h5 atau hdf-5 adapun data yang dihasilkan adalah IASI_d20180309_t023836_M02_atm_prof_rtv.h5



Gambar 8. Data Level 2 Sebagai File Output dari Software CSPP UW-HSRTV

4. KESIMPULAN

LAPAN Pustekdata telah berhasil mengembangkan prototipe sistem pengolahan data penginderaan jauh dari sensor IASI yang berasal dari data satelit Metop hingga menghasilkan data level-1 dan level-2. Selanjutnya akan dikembangkan sistem otomatisasi dari pengolahan tersebut sehingga dapat digunakan

untuk menunjang kegiatan operasional pengolahan data satelit penginderaan jauh di Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Pekayon.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis kepada Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Pekayon yang telah menyediakan data satelit Metop-A dan kepada Kepala Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh LAPAN selaku Kepala Program Kegiatan Kelompok Penelitian Pengembangan dan Perekayasaan Pengembangan Bank Data Penginderaan Jauh Nasional Tahun 2018.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aires, F., W. B. Rossow, N. A. Scott, and A. Chedin. (2002). Remote sensing from the infrared atmospheric sounding interferometer instrument. 2. Simultaneous retrieval of temperature, water vapor, and ozone atmospheric profiles. *J. Geophys. Res.*, 107(D22), 4620
- Atkinson, N. C., Hilton, F. I., Illingworth, S. M., Fyre, J. R., and Hultberg, T., (2010) Potential for the use of reconstructed IASI radiances in the detection of atmospheric trace gases, *Atmos. Meas. Tech.*, 3, 991-100
- Blumstein, D., Chalon, G., Carlier, T., Buil, C., Hébert, P., Maciaszek, T., Ponce, G., Phulpin, T., Tournier, B., Simeoni, D., Astruc, P., Clauss, A., (2004). IASI instrument: Technical overview and measured performances. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*. 5543. 10.1117/12.560907.
- Blumstein, D., Tournier, B., Cayla, F., Phulpin, T., Fjortoft, R., Buil, C., Ponce, G., (2007). In-flight performance of the of the Infrared Atmospheric Sounding Interferometer (IASI) on MetOp-A. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*. 6684. 10.1117/12.734162.
- Camps-Valls, G., Munoz-Mari, J., Gomez-Chova, L., Guanter, L., Calbet, X., (2012). Nonlinear Statistical Retrieval of Atmospheric Profiles From MetOp-IASI and MFG-IRS Infrared Sounding Data. in *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 50, no. 5, pp. 1759-1769.
- Cao, C., Goldberg, M., Wang, L., (2009). Spectral Bias Estimation of Historical HIRS Using IASI Observations for Improved Fundamental Climate Data Records. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 26, 1378-1387.
- Cayla, F., Javelle, P., (1995). IASI instrument overview, *Proc. SPIE 2583. Advanced and Next-Generation Satellites*.
- Chen, Y., Han, Y., Van Delst, P., Weng, F., (2013). Assessment of Shortwave Infrared Sea Surface Reflection and Nonlocal Thermodynamic Equilibrium Effects in the Community Radiative Transfer Model Using IASI Data. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 30, 2152-2160.
- Gambacorta, A., Barnet, C., Wolf, W., King, T., Nalli, N., Wilson, M., Soutliard, L., Zang, K., Xiong, X., and Goldberg, M. (2014). *The NOAA Operational Hyper Spectral Retrieval Algorithm: a cross-comparison among the CrIS, IASI and AIRS processing systems*. Paper presented at the 19th International TOVS Study Conference (ITSC-19), 25 March – 1 April 2014, Jeju Island, South Korea.
- Garcia-Sobrino, J.; Serra-Sagristá, J.; Bartrina-Rapesta, J., (2017). Hyperspectral IASI LIC Data Compression. *Sensors* 2017, 17, 1404
- George, M., Clerbaux, C., Hurtmans, D., Turquety, S., Coheur, P.-F., Pommier, M., Hadji-Lazaro, J., Edwards, D. P., Worden, H., Luo, M., Rinsland, C., and McMillan, W., (2009). Carbon monoxide distributions from the IASI/METOP mission: evaluation with other space-borne remote sensors. *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 8317-8330.
- Hartmut H. Aumann, Thomas S. Pagano, (2008). Using AIRS and IASI data to evaluate absolute radiometric accuracy and stability for climate applications. *Proc. SPIE 7085. Atmospheric and Environmental Remote Sensing Data Processing and Utilization IV: Readiness for GEOSS II*. 708504 (6 September 2008).
- Hébert, Ph., Blumstein, D., Buil, C., Carlier, T., Chalon, G., Astruc, P., Clauss, A., Siméoni, D., Tournier, B. (2017) IASI instrument: technical description and measured performances. *Proc. SPIE 10568. International Conference on Space Optics — ICSO 2004*. 1056806.
- Hilton, F., Armante, R., August, T., Barnet, C., Bouchard, A., Camy-Peyret, C., Capelle, V., Clarisse, L., Clerbaux, C., Coheur, P., Collard, A., Crevoisier, C., Dufour, G., Edwards, D., Fajjan, F., Fourié, N., Gambacorta, A., Goldberg, M., Guidard, V., Hurtmans, D., Illingworth, S., Jacquinet-Husson, N., Kerzenmacher, T., Klaes, D., Lavanant, L., Masiello, G., Mauricardi, M., McNally, A., Newman, S., Pavelin, E., Payan, S., Péquignot, E., Peyridieu, S., Phulpin, T., Remedios, J., Schlüssel, P., Sciro, C., Strow, L., Stubenrauch, C., Taylor, J., Tobin, D., Wolf, W., and

- Zhou D., (2012) Hyperspectral Earth Observation from IASI: Five Years of Accomplishments. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 93, 347–370.
- Hu, X., Xu, N., Weng, F., Zhang, Y., Chen, L., and Zhang, P., (2012). Long-Term Monitoring and Correction of FY-2 Infrared Channel Calibration Using AIRS and IASI." in *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 51, no. 10, pp. 5008-5018.
- Lerner, J. A., Weisz, E., and Kirchengast, G., (2002) Temperature and humidity retrieval from simulated Infrared Atmospheric Sounding Interferometer (IASI) measurements. *J. Geophys. Res.*, 107(D14).
- Mahatmanto, B. P. A., Indradjad, A., Sugiyanto, Widipaminto, A., (2016). Sistem Otomatisasi Pengolahan Data Satelit Metop-A di Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Pekayon Jakarta LAPAN. *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2016*.
- Phillips, P. I., Schlüssel, P., (2005). "Classification of IASI inhomogeneous scenes using co-located AVHRR data". *Proc. SPIE 5979, Remote Sensing of Clouds and the Atmosphere X*, 597905.
- Phulpin, T., Blumstein, D., Prel, F., Tournier, B., Prunet, P., Schluessel, P., (2007). Applications of IASI on MetOp-A: first results and illustration of potential use for meteorology, climate monitoring and atmospheric chemistry - art. no. 66840F. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 6684, 10.1117/12.736816.
- Pougatchev, N., August, T., Calbet, X., Hultberg, T., Oduleye, O., Schlüssel, P., Stiller, B., Germain, K., St., and Bingham, G., (2009). IASI temperature and water vapor retrievals – error assessment and validation. *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 6453-6458.
- Simeoni, D., Astruc, P., Miras, D., Alis, C., Andreis, O., Scheidel, D., Degrelle, C., Nicol, P., Bailly, B., Guiard, P., Clauss, A., Blumstein, D., (2004). Design and development of IASI instrument. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 10.1117/12.561090.
- Wang, L., and Cao, C., (2008). On-Orbit Calibration Assessment of AVHRR Longwave Channels on MetOp-A Using IASI. in *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 46, no. 12, pp. 4005-4013.
- Wang, L., Cao, C., and Goldberg, M., (2009). Intercalibration of GOES-11 and GOES-12 Water Vapor Channels with MetOp IASI Hyperspectral Measurements. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 26, 1843–1855.
- Wang, L., Wu, X., Goldberg, M., Cao, C., Li, Y., and Sohn, S., (2010). Comparison of AIRS and IASI Radiances Using GOES Imagers as Transfer Radiometers toward Climate Data Records. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 49, 478–492.
- Wang, L., Han, Y., Tremblay, D., Weng, F., Goldberg, M., (2012). Inter-comparison of NPP/CrIS radiances with VIIRS, AIRS, and IASI: a post-launch calibration assessment. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 10.1117/12.978769.
- Wu, H., Ni, L., Wang, N., Qian, Y., Tang, B. H., and Li, Z. L., (2013). Estimation of Atmospheric Profiles From Hyperspectral Infrared IASI Sensor." in *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 6, no. 3, pp. 1485-1494.