

STUDY OF DEVELOPMENT AND UPGRADING REMOTE SENSING GROUND STATION SYSTEM FOR RECEIVING SATELLITE HIMAWARI 8 IN LAPAN PEKAYON

Andy Indradjad, B. Pratiknyo A M, Sugiyanto, Hidayat Gunawan
Remote Sensing Technology and Data Center, LAPAN

anindra26@gmail.com

Abstract. Sistem stasiun bumi yang diperlukan untuk menerima data himawari 8/9 (Himawari Cast) meliputi beberapa subsistem: Antenna System, DVB-S2 Receiver, Data Ingest System dan Data Processing System. Subsistem Antenna terdiri dari 2.4m reflector, azimuth elevation mount dan C-band feed and Universal LNB. Subsistem DVB-S2 Receiver terdiri dari 950-2150 MHz input, QPSK, 8PSK & 16PSK demodulation supported, FEC 1/4 - 9/10 (QPSK), 3/5 - 9/10(8PSK/16PSK) dan 8PSK3/5 and 16APSK2/3 DVB-S2 modes supported. Subsistem Data Ingest terdiri dari DataCast client software dan Description software. Subsistem Data Processing terdiri dari modul pengolahan misi data himawari 8/9 menjadi data level-1 dan 2. Dalam rangka upgrading sistem stasiun bumi yg ada, pengembangan sistem penerima data Himawari bisa dilakukan dengan menggunakan eksisting antena (dundee 2.4m) dan menambah subsistem penerima DVB-S2 Receiver, Data Ingest System dan Data Processing System. Dengan adanya sistem stasiun bumi untuk penerimaan data penginderaan jauh satelit himawari 8/9, diharapkan bisa menjaga kontinuitas penerimaan data satelit lingkungan dan cuaca di Pusat Teknologi dan Data Penginderaan jauh, secara near real time dan temporal yang tinggi, terutama untuk data resolusi rendah, yang diperlukan untuk pemantauan cuaca, mitigasi bencana dllnya dalam rangka mendukung Bank Data Penginderaan jauh nasional dan Sistem Pemantauan Bumi Nasional. Stasiun bumi penginderaan jauh LAPAN di Pekayon telah mampu menerima data Satelit Himawari 8 setiap 10 menit secara near real time untuk 14 kanal yang ada pada Satelit Himawari 8. Sistem ini membutuhkan sistem storage yang cukup besar terkait dalam 1 hari menghasilkan kapasitas 144 GB.

1. Introduction

Dengan semakin diperlukannya sistem mitigasi bencana alam dalam rangka meminimalisasi dampak bencana alam di wilayah Indonesia, kebutuhan akan data penginderaan jauh di Indonesia terus semakin bertambah. Hal ini sejalan dengan semakin berkembangnya teknologi satelit penginderaan jauh, yang terus memberikan kontribusi dalam bentuk data resolusi rendah satelit lingkungan dan cuaca dengan resolusi temporal yang semakin banyak. Stasiun bumi Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) di Pekayon, selama ini menerima data satelit MTSAT langsung melalui frekuensi L-band yaitu yang diakuisisi secara berupa High-Rate Information Transmission (HRIT). Namun didalam perjalanannya Japan Meteorological Agency (JMA) menghentikan layanan untuk data satelit MTSAT pada tanggal 4 Desember 2016 dan praktis data satelit MTSAT tersebut sudah tidak dapat diakuisisi lagi. Sebagai generasi berikutnya Japan Meteorological Agency (JMA) meluncurkan satelit himawari-8 yang telah beroperasi sejak tanggal 8 April 2015. Data hasil pengamatan dari Himawari-8 penyebarannya dilakukan secara gratis dari Japan Meteorological Agency (JMA) melalui: 1. HimawariCloud dan 2. HimawariCast. Lapan dalam hal ini stasiun bumi Pekayon berencana mengakuisisi data satelit Himawari melalui penyebaran HimawariCast yang menggunakan jalur frekwensi C-Band. Dengan terpasangnya peralatan HimawariCast maka bisa menjamin kontinuitas data dan merupakan nilai tambah bagi perolehan data satelit lingkungan dan cuaca.

Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh (Pustekdata) yang merupakan salah satu unit kerja di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) membutuhkan sebuah Sistem Penerimaan

dan Pengolahan Data Satelit Himawari 8. Dimana hal tersebut sebagai bagian dari kebutuhan peningkatan untuk penerimaan dan pengolahan data satelit himawari 8 mengingat semakin luas dan berkembangnya kebutuhan tersebut. Sistem penerimaan dan pengolahan data ini akan digunakan oleh Pustekdata untuk mendukung layanan penerimaan dan pengolahan data yang diperlukan institusi pemerintahan di Indonesia.

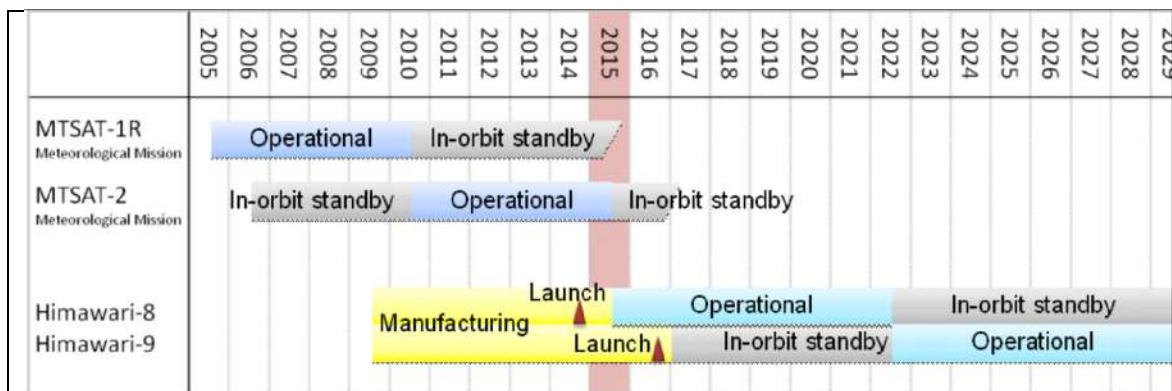
Paper ini bertujuan untuk membangun dan mengembangkan sistem penerima data satelit Himawari 8 melalui jalur Himawari Cast pada Stasiun bumi penginderaan Jauh LAPAN di Pekayon. Sistem yang dibangun diharapkan mampu menerima dan melakukan pengolahan data standar untuk satelit Himawari 8. Penulisan ini merupakan bagian dari kegiatan Pengembangan dan Integrasi Sistem Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Penerima Data Satelit Resolusi Rendah.

2. Methodology

Pada penulisan ini metodologi yang digunakan adalah penelusuran literatur tentang Satelit Himawari 8 dan metode diseminasi data yang digunakan, desain dan implementasi dari sistem yang akan digunakan dan juga terkait kondisi yang ada saat ini di stasiun bumi penginderaan jauh LAPAN Pekayon.

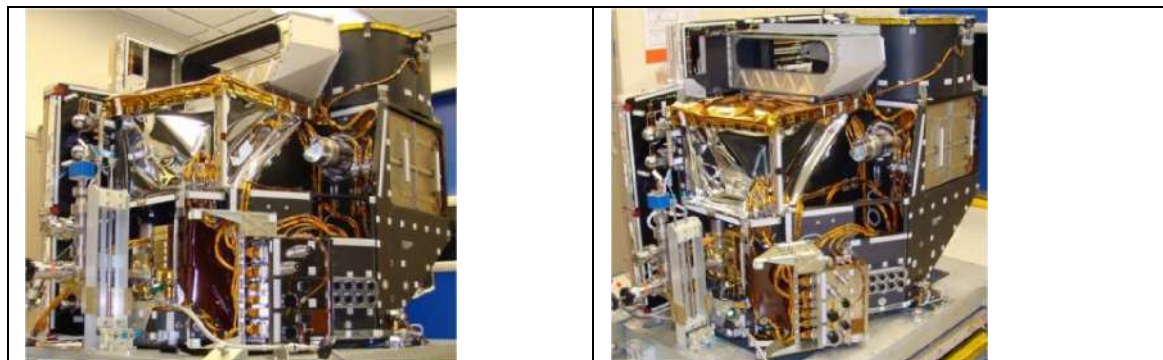
2.1 Satellite Himawari 8

Japan Meteorological Agency (JMA) meluncurkan satelit Himawari-8 pada tanggal 7 Oktober 2014 dan rencana selanjutnya akan meluncurkan satelit Himawari-9 ke orbitnya pada tahun 2016. Dimana satelit Himawari-8 akan beroperasi dari tahun 2015 hingga 2020 dan akan digantikan oleh satelit Himawari-9 mulai tahun 2022 sampai tahun 2029. Satelit Himawari-8 akan mengorbit bumi pada koordinat 140,7 derajat Bujur Timur. Jadwal operasional Satelit seri Himawari dapat di lihat pada gambar 1.



Gambar 1. Jadwal Operasional Satelit Himawari Series

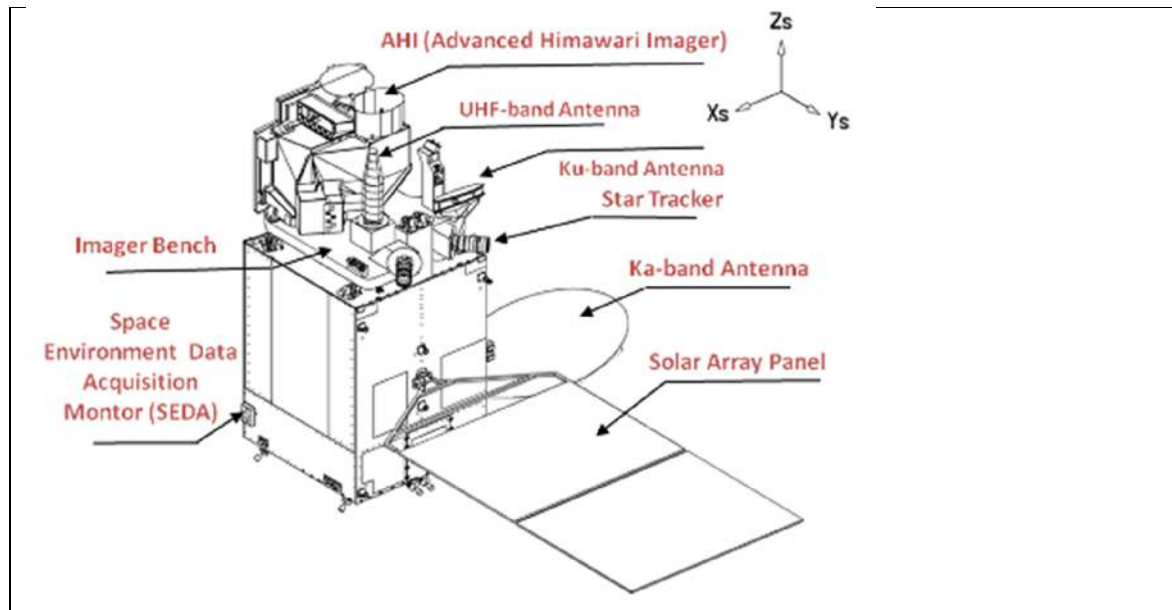
Satelit Himawari 8 membawa sensor imagery muatan yang diberi nama Advanced Himawari Imagery (AHI). AHI merupakan pengembangan dan juga penambahan dari sensor terdahulu yang dibawa oleh MTSAT atau Himawari 7. Tampilan AHI dapat dilihat pada Tabel 1, Sketsa dari satelit Himawari 8 dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2. Sensor AHI yang terdapat pada satelit Himawari-8

Tabel 1. Spesifikasi sensor (AHI) yang terpasang pada satelit Himawari-8

Band	Bandwidth Panjang (µm)	Gelombang	Resolusi Spasial (km)	Penggunaan
1	0,43 – 0,48		1	Band Biru, Daytime aerosol over land, coastal water mapping
2	0,5 – 0,52		1	Band Hijau, to produce color composite imagery
3	0,63 – 0,66		0,5	Band Merah, Daytime vegetation/burn scar and aerosols over water, winds
4	0,85 – 0,87		1	Daytime cirrus cloud
5	1,6 – 1,62		2	Daytime cloud-top phase and particle size, snow
6	2,25 – 2,27		2	Daytime land/cloud properties, particle size, vegetation, snow
7	3,74 – 3,96		2	Surface and cloud, fog at night, fire, winds
8	6,06 – 6,43		2	High-level atmospheric water vapor, winds, rainfall
9	6,89 – 7,01		2	Mid-level atmospheric water vapor, winds, rainfall
10	7,26 – 7,43		2	Lower-level water vapor, winds and SO ₂
11	8,44 – 8,76		2	Total water for stability, cloud phase, dust, SO ₂ , rainfall
12	9,54 – 9,72		2	Total ozone, turbulence, winds
13	10,3 – 10,6		2	Surface and cloud
14	11,1 – 11,3		2	Imagery, SST, clouds, rainfall
15	12,2 – 12,5		2	Total water, ash, SST
16	13,2 – 13,4		2	Air temperature, cloud heights and amounts



Gambar 3. Sketsa satelit Himawari-8

Pendistribusian data Satelit Himawari 8 terdiri dari 2 jenis sistem distribusi yakni Sistem Himawari Cloud dan Sistem Himawari Cast. Berikut ini penjelasan tentang 2 sistem distribusi data tersebut.

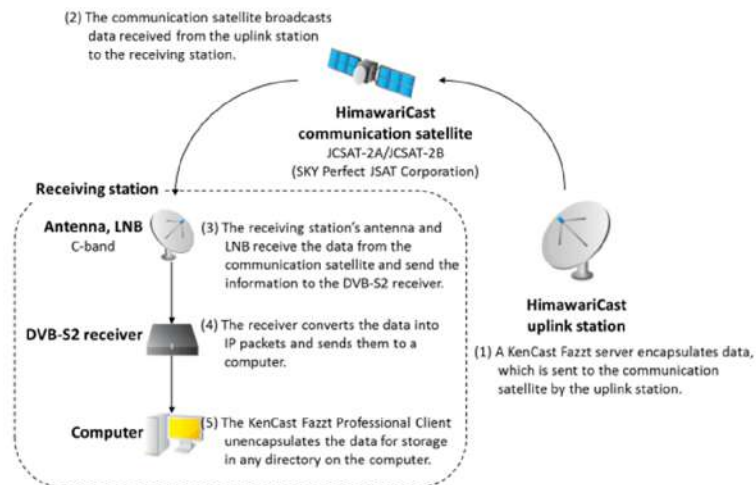
Sistem Himawari Cloud adalah sebuah sistem internet cloud untuk pendistribusian data Himawari 8 melalui Lembaga Meteorologi di setiap negara Asia Timur dan wilayah Pasifik Barat. Sistem Himawari Cloud disediakan khusus untuk Lembaga Meteorologi di setiap negara yang masuk dalam cakupan satelit Himawari 8. Sistem Himawari Cloud dimulai sejak tanggal 30 November 2015 dengan diseminasi data HRIT.

Melalui Himawari Cloud setiap Lembaga Meteorologi sebuah negara dapat mendownload segmen/wilayah data Himawari 8 yang dikehendaki, dimana untuk full segmen terdiri dari 10 segmen.

Jaringan internet yang dibutuhkan untuk dapat melakukan download data Full Disk yang terdiri dari 16 channel antara client dengan server Himawari Cloud minimal sebesar 20 Mbps.

Perlu dicatat bahwa Himawari Cloud bukanlah layanan data arsip jadi data hanya dapat didownload selama 72 jam setelah penerimaan oleh server Himawari Cloud karena setelahnya data akan dihapus.

Sistem Himawari Cast. Diseminasi data High Rate Information Transmission (HRIT) dari satelit MTSAT-2 dan diseminasi data Low Rate Information Transmission (LRIT) dari satelit MTSAT-1R telah berhenti beroperasi sejak 4 Desember 2015, sebagai gantinya maka Japan Meteorological Agency (JMA) akan meluncurkan satelit Himawari-8. Dimana interval pengamatan dari Satelit Himawari-8 adalah tiap 10 menit. Distribusi data Himawari-8 salah satunya dilakukan melalui sistem Himawari Cast dimana data dari Himawari-8 dikirimkan ke JMA baru kemudian melalui satelit komunikasi yaitu satelit JCSAT-2A dan JCSAT-2B didiseminasikan ke seluruh negara yang tercover area satelit komunikasi tersebut. Sistem komunikasi Himawari Cast dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Sistem komunikasi pada Himawari Cast

2.2 Existing remote sensing ground station system in LAPAN Pekayon

Stasiun bumi penerima data Satelit penginderaan jauh LAPAN di Pekayon saat ini dapat menerima data satelit MTSAT secara direct broadcast sampai dengan bulan Desember 2015. Satelit MTSAT di terima di stasiun bumi langsung dari Satelit penginderaan jauh MTSAT hal ini sangat berbeda dengan sistem yang ada pada Himawari 8. Multi-fungsional Transport Satellites (MTSAT) adalah serangkaian satelit cuaca geostasioner yang dioperasikan oleh Badan Meteorologi Jepang (JMA). MTSAT membawa misi aeronautika untuk membantu navigasi udara, ditambah misi meteorologi untuk memberikan citra atas wilayah Asia-Pasifik. Misi meteorologi mencakup imager memberikan data secara penuh setiap jam nominal di lima band spektral (1 band Visible dan 4 band Infra red).

Karakteristik Imager pada MTSAT yaitu

Imager hardware:

- sensor module with 311 mm telescope
- a servo-driven, two axis gimbaled scan mirror assembly
- dual detector array
- thermal louver
- 94 K to 104 K passive radiant cooler
- power supply module
- electronics module

Imager wavebands and response functions for MTSAT-1R and MTSAT-2

Visible (VIS): 0.55 - 0.80 μm , Silicon (Si) photovoltaic detector

Infrared (IR1): 10.3 - 11.3 μm , Mercury Cadmium Telluride (HgCdTe) photoconductive detector

Infrared (IR2): 11.5 - 12.5 μm , Mercury Cadmium Telluride (HgCdTe) photoconductive detector

Water Vapour (IR3): 6.5 - 7.0 μm , Mercury Cadmium Telluride (HgCdTe) photoconductive detector

Near Infrared (IR4): 3.5 - 4.0 μm , Indium Antimonide (InSb) photovoltaic detector

Imager resolution:

Visible: 28 μ radian IFOV, 1 km nadir

IR 1-4: 112 μ radian IFOV, 4 km nadir

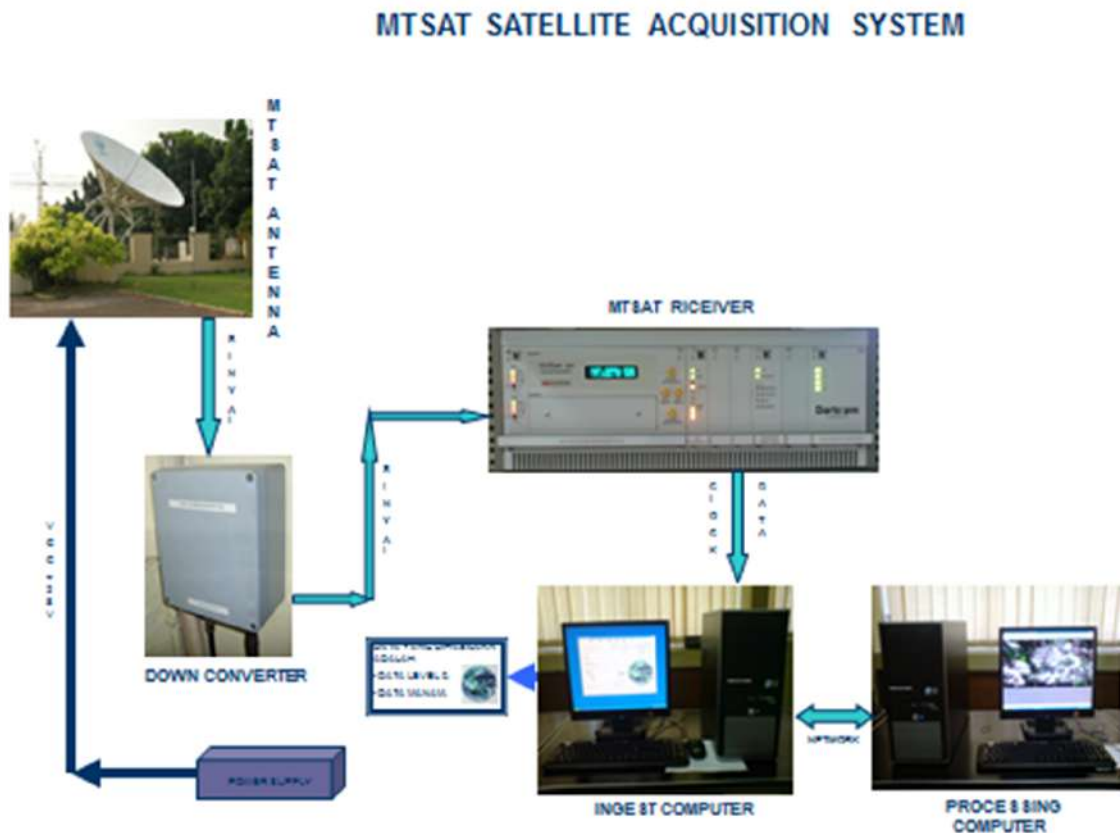
Imager quantization levels:

Visible: 10 bits

IR 1-4: 10 bits

Imager data is sent directly to the CDAS, processed and re-transmitted to users in HRIT and LRIT formats

Konfigurasi satelit MTSAT Transmission Parameters HRIT adalah Frequency: 1687.1 MHz, Modulation: 3.5 Msps, PCM/NRZ-M/QPSK 50% RRC, Coding: Convolution (R=1/2, k=7) + Reed Solomon (255,223,4), Bandwidth: 5.2 MHz, EIRP: 55 ± 1.5 dBm. Konfigurasi sistem akuisisi yang ada saat ini dapat dilihat pada gambar 5.



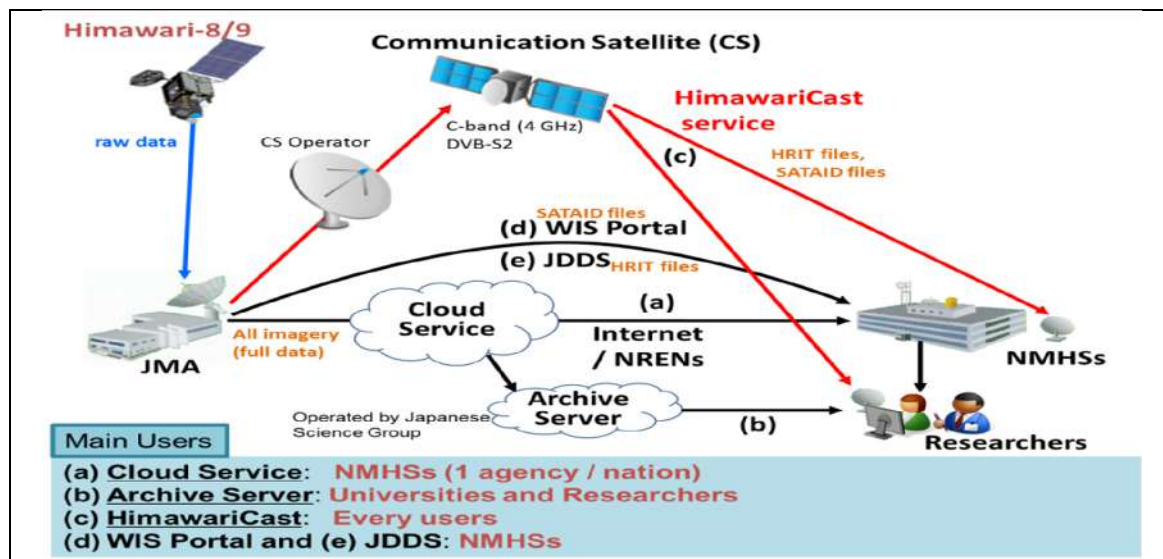
Gambar 5. Konfigurasi sistem penerima data Satelit MTSAT

Stasiun bumi pekayon selama ini menerima data satelit MTSAT yang diakuisisi secara langsung melalui frekuensi L-band yaitu berupa High-Rate Information Transmission (HRIT). Namun didalam perjalanannya Japan Meteorological Agency (JMA) menghentikan layanan untuk data satelit MTSAT dan tanggal 4 Desember 2016 praktis data satelit MTSAT tersebut sudah tidak dapat diakuisisi lagi. Sebagai generasi berikutnya adalah satelit himawari-8 yang telah beroperasi mulai tanggal 8 April 2015. Data hasil pengamatan dari Himawari-8 penyebarannya dilakukan secara gratis dari Japan Meteorological Agency (JMA) dengan nama himawaricast melalui media satelit JCSAT2B pada lokasi orbit 145 °E.

2.3 System design for receiving satellite himawari 8 data (hardware and Software)

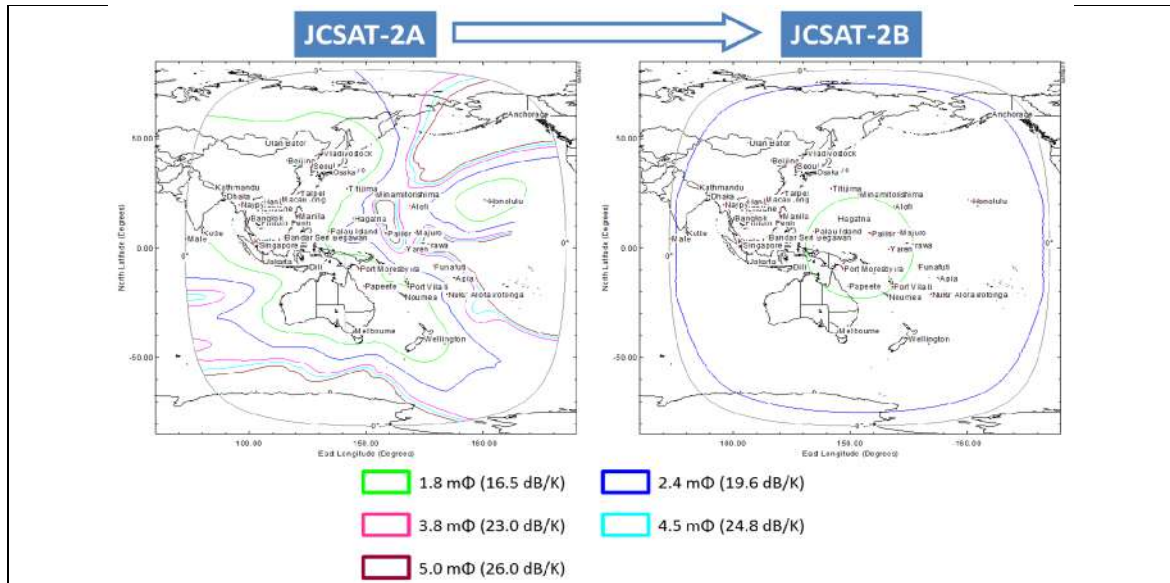
Satelit Himawari 8/9 dalam penyebaran raw data tidak lagi dilakukan secara broadcast kepada setiap stasiun bumi yang akan mengambil raw data. Satelit Himawari 8/9 hanya akan mengirimkan raw data secara langsung kepada Hub Stasiun Bumi milik JMA (Japan Meteorological Agency) yang

kemudian meneruskannya ke satelit komunikasi JCSAT-2A dan JCSAT-2B. Jadi setiap stasiun bumi yang akan mengakuisisi raw data Satelit Himawari 8/9 harus memiliki komunikasi ke Himawari Cast Communication Satellite (JCSAT-2A dan JCSAT-2B) yang berfungsi menyebarkan data-data. Konfigurasi distribusi data satelit Himawari 8 dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Konfigurasi penyebaran data dari Satelit Himawari 8/9

Stasiun Bumi Penginderaan Jauh yang akan mengakuisisi satelit Himawari 8/9 diharapkan memiliki perangkat yang sesuai dengan spesifikasi untuk menerima data dari Himawari Cast Communication Satellite (JCSAT-2A dan JCSAT-2B). Untuk dapat menerima data dari satelit JCSAT-2A dan JCSAT-2B yang berfungsi sebagai Himawari Cast Communication Satellite maka Stasiun Bumi membutuhkan sistem antena yang sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Dilihat dari gambar footprint dari satelit -2A dan JCSAT-2B maka Stasiun Bumi Penginderaan Jauh Pekayon untuk menerima data dari satelit JCSAT-2A dibutuhkan antena dengan minimal diameter 1,8 meter dengan G/T 16,5 dB/K dan untuk dapat menerima data dari satelit JCSAT-2B dibutuhkan antena dengan minimal diameter 2,4 meter dengan G/T 19,6 dB/K. Satelit komunikasi JCSAT-2A awalnya digunakan untuk layanan HimawariCast, dan akan digantikan oleh JCSAT-2B pada Juli 2016. Perubahan arah polarisasi antena pada satelit JCSAT-2A dan JCSAT-2B dari linear vertikal ke linear horizontal. Footprint antena dari satelit komunikasi JCSAT 2A dan JCSAT 2B dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Footprint dari Satelit JCSAT-2A dan JCSAT-2B

Berikut ini adalah perangkat yang terpasang di Stasiun bumi penginderaan jauh LAPAN Pekayon. Perangkat tersebut meliputi hardware dan software.

1. Antena (Spectrum)

- Diameter antena : 3,5 meter
- Frekuensi kerja : C Band (3,625 – 4,2 GHz)
- Gain : 37,5 dBi
- Antena Noise Temperature : 37°K (elevasi 20°), 36°K (elevasi 30°)
- Interface feed : CPR229F
- Cross polarisasi isolation : > 30 dB (on axis)
- VSWR : > 1,3
- Insertion loss : 0,2 dB
- Wind Load
- Survival : 125 mph (201 km/jam)
- Operasional : 50 mph (80 km/jam)
- Temperatur kerja
- Survival : -50° sampai 160 ° F (-46° sampai 71 ° C)
- Operasional : -40° sampai 140 ° F (-40° sampai 60 ° C)

2 Low Noise Block Converter (NORSAT)

- Noise temperature : 20°K @ 25°C
- Local oscillator stability : ±2 kHz sampai ±25 kHz
- Phase noise : -80 dBc/Hz pada 1kHz (SSB)
- 85 dBc/Hz pada 10kHz
- 95 dBc/Hz pada 100kHz
- Input VSWR : 2.2 : 1
- Output VSWR : 2.2 : 1
- Input frequency : 3.40 sampai 4.20 GHz
- Local oscillator frequency : 5.15 GHz
- Output frequency : 950 sampai 1750 MHz
- Conversion gain : 62 dB
- Output P1dB : 9 dBm

Power requirements	: +12 sampai +24 V
Current drain	: 250 mA
Input Waveguide	: CPR229G
Temperature Range	: -40°C to +60°C
Polarisasi	: Linear (vertical dan horizontal)

3. Satellite DVB-S2 Receiver

TBS -6983 professional grade DVB-S/S2 receiver	
RF input freq. range	: 950MHz to 2150MHz
Symbol rates	: 1Msps to 45Msps
Date rate	: Up to 190Mbit/s channel bit rate capture
Demodulator	: QPSK

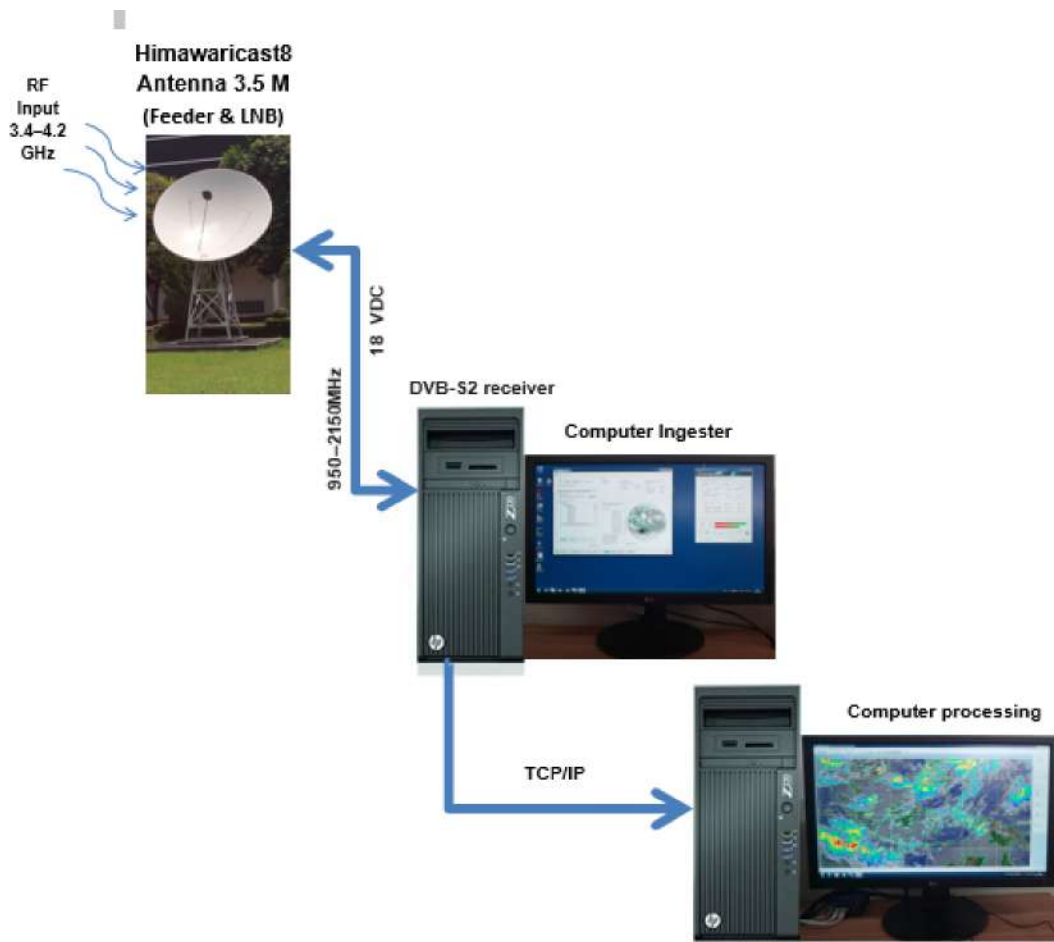
3. PC dan Monitor

Merk : HP
HP Z230 Tower workstation with Windows 7 Pro 64 bit.
Intel core i7 processor i7 – 4790 3.60GHz, quad core with 8MB cache
16GB 1600MHz PC3 – 12800 DDR3 memory
Harddisk :
1 x 1TB serial ATA3 hard drive utk OS
2x 1TB serial ATA3 hard drives RAID-0 utk 2TB data archive
Processing and display
1x1TB serial ATA3 hard drives RAID – 0 utk 2TB data archive
nVIDIA GT 730 GPU with GDDR3 RAM dan VGA/DVI/HDMI output
SATA multi – format DVD writer/CD-RW drive
5x USB – 2 ports, 4x USB – 3 ports, 1x RJ – 45 port
HP optical USB mouse
HP USB keyboard
Genuine Microsoft windows 7 Profesional 64 bit
Monitor 24’’ IPS resolution 1920 X 1080

4. Dartcom XRIT Ingestor and display software

Kemampuan menerima, merekam, mengolah data dan display satelit Himawari 8, dengan data level 1 dan 2 (format GeoTIFF, ERDAS Imagine & ENVI)
Ekport dalam format data Cinesat, SATAID, Autosat, GeoTIFF and GRIB format.
KenCast FAZZT Profesional client software
Dartcomm iDAP and MacroPro processing and display software
Automatic processing (MacroPro)
Image viewing and manipulation
Animation viewing and manipulation
Navigation and map overlays

Konfigurasi sistem yang dibangun untuk Satelit Himawari 8 dapat dilihat pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8.Konfigurasi sistem penerima dan pengolahan data Satelit Himawari 8

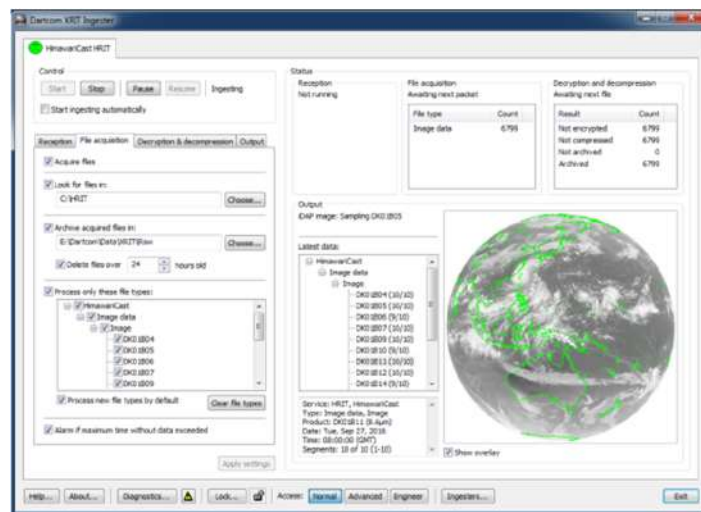
3. Result and Discussion

Software untuk sistem penerimaan signal dari satelit JCSAT 2B menggunakan TBBS data service yang memiliki tampilan seperti pada gambar 9. Untuk Sistem pengolahan data raw yang diterima melalui receiver menggunakan XRIT ingester yang dapat dilihat pada gambar 10. Kedua software ini terpasang pada komputer ingest, sedangkan pada komputer pengolahan data terdapat 2 software pengolahan data yaitu Dartcom Macropro dan IDAP. Kedua software pengolah data tersebut dapat menghasilkan produk level 2 seperti Rain Fall Rate, Sea Surface Temperature dan Cloud top Temperature. Selain produk tersebut Sistem ingester juga menyediakan data dalam format SATAID yang dapat dibaca software SATAID yang disediakan JMA. Tampilan untuk software Macropro dan IDAP dapat dilihat pada Gambar 11 dan 12.

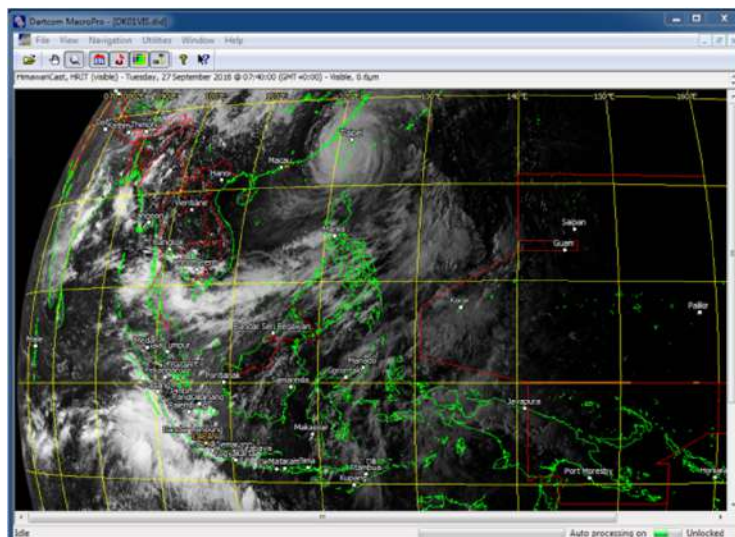
Produk level 1 standar yang hasilkan merupakan 14 kanal yang ditransmisikan melalui Himawari cast, produknya terdapat dalam format dartcom image (did) dan juga format geotiff yang apat dibuka pada software pengolah data yang umum digunakan seperti ermapper dan envi. Untuk data level 2 data yang dihasilkan yaitu produk Rain Fall Rate, Sea Surface Temperature dan Cloud top Temperature dalam format did dan format animasi dartcom (dmd). Selain dalam format dartcom produk level2 juga disediakan dalam format png untuk keperluan tampilan, sedangkan untuk analisis dapat menggunakan produk level 1 dari setiap kanal dan melakukan perhitungan sendiri sesuai dengan algoritma yang diinginkan. Hasil produk dari salah satu kanal dapat dilihat pada gambar 13, sedangkan produk level 2 dapat dilihat pada gambar 14, 15 dan 16.



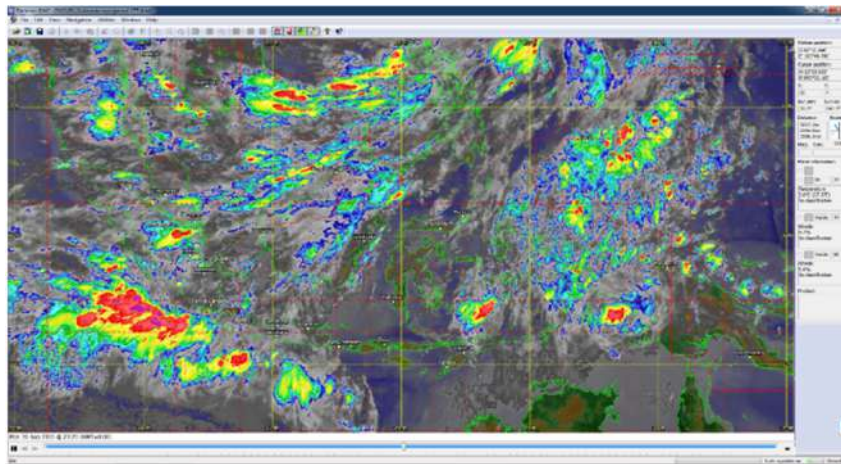
Gambar 9. TBBS Data Service



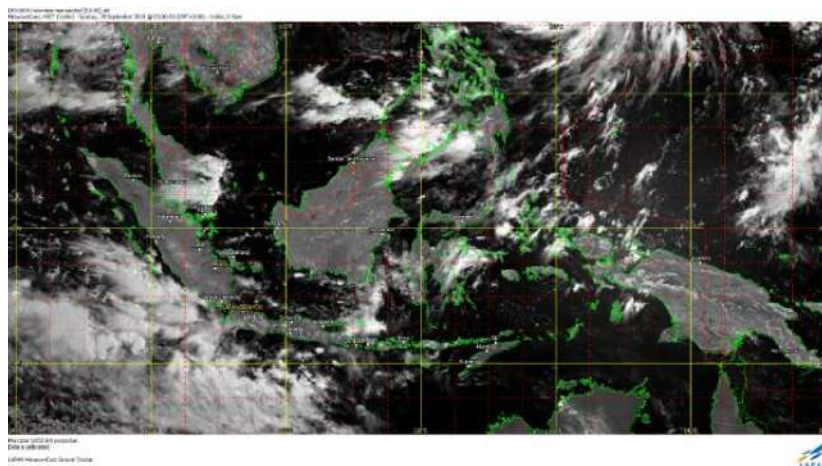
Gambar 10. Software Dartcom XRIT Ingester



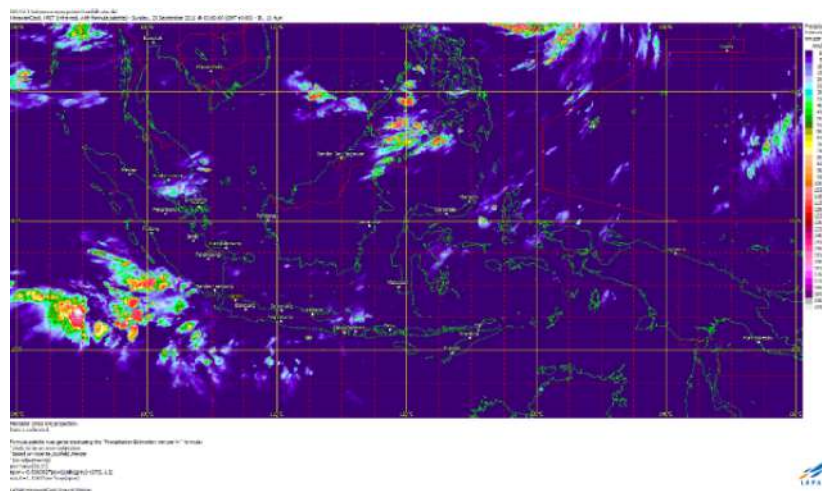
Gambar 11. Software Dartcom Macropro



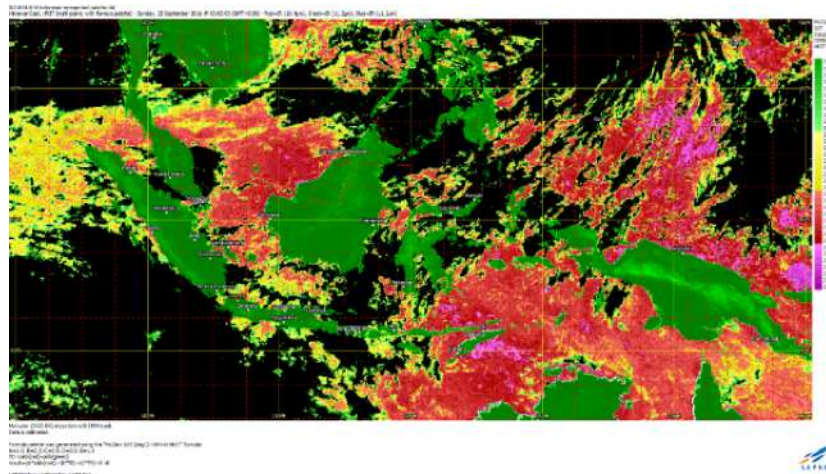
Gambar 12. Software Dartcom IDAP



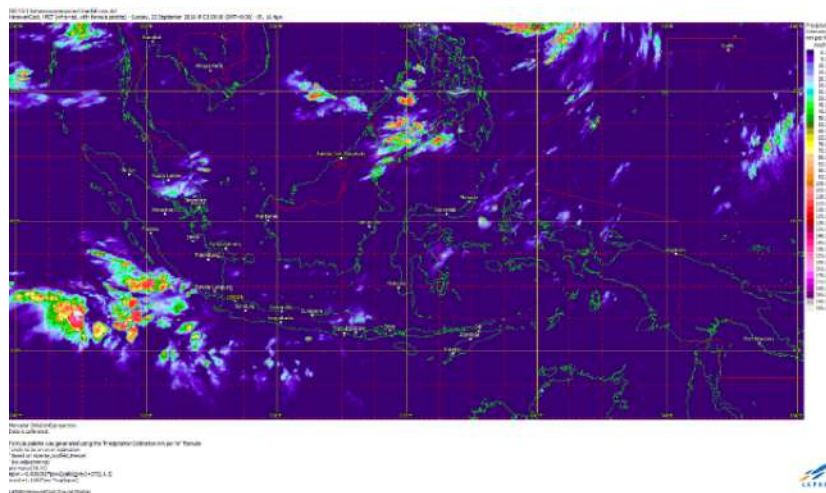
Gambar 13. Produk Kanal B04



Gambar 14. Produk Rain Fall Rate



Gambar 15.Produk Sea Surface Temperature



Gambar 16. Produk Cloud Top Temperature

Sistem ini dapat menerima data satelit himawari 8 setiap 10 menit secara near real time. Produk himawari tersedia dengan perbedaan waktu sekitar 20 menit, hal ini disebabkan karena data yang di scan dari imagery dikirim ke stasiun bumi milik Jepang baru kemudian dikirimkan kembali melalui sistem himawari cast. Kestabilan sistem sangat tergantung pada hardware komputer PC yang digunakan hal ini terkait dengan kemampuan komputasi komputer tersebut. Total data yang dihasilkan setiap 10 menit yaitu 1 GB jadi dalam 1 hari dibutuhkan space harddrive sebesar 144 GB sehingga konfigurasi sistem hanya mengijinkan untuk menyimpan data pada komputer ingest dan pengolahan selama 3 hari.

4. Conclusion

Stasiun bumi penginderaan jauh LAPAN di Pekayon telah mampu menerima data Satelit Himawari 8 setiap 10 menit secara near real time untuk 14 kanal yang ada pada Satelit Himawari 8. Sistem ini membutuhkan sistem storage yang cukup besar terkait dalam 1 hari menghasilkan kapasitas 144 GB. Kedepannya akan dikembangkan sistem diseminasi produk ini oleh pustekdata LAPAN.

Acknowledgement

The authors thank the LAPAN, especially Remote Sensing Ground Stations (LAPAN RSGS) Pekayon which have provided input in the form of documents related to the existing condition of the ground station as study materials understanding of the implementation of the system ground station for receiving and recording satellite remote sensing data Himawari 8, as well as research groups, development and engineering acquisition technology and remote sensing ground station and the technology Center of remote sensing Data LAPAN Jakarta which have provided information and supports.

References

- http://www.data.jma.go.jp/mscweb/en/himawari89/cloud_service/cloud_service.html
- http://www.data.jma.go.jp/mscweb/en/himawari89/himawari_cast/himawari_cast.html
- http://www.data.jma.go.jp/mscweb/en/himawari89/space_segment/spsg_ahi_proxy.html
- http://severe.worldweather.wmo.int/TCFW/JMAworkshop/4-3.Himawari8-9_YIzumikawa.pdf
- <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/h/himawari-8-9>
- http://www.data.jma.go.jp/mscweb/en/himawari89/himawari_cast/himawari_cast.html
- <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/h/himawari-8-9>
- Yukio Kurihara, Hiroshi Murakami, Misako Kachi. 2016. *Sea surface temperature from the new Japanese geostationary meteorological Himawari-8 satellite* (American Geographical Union).
- Kotaro BESSHO et al. *An Introduction to Himawari-8/9 - Japan's New-Generation Geostationary Meteorological Satellites* (Japan, Jurnal of the Meteorological Society of Japan)