

LAMPIRAN 1 : Prosedur Identifikasi Awan dengan Citra Satelit MTSAT

1. Pengertian dasar identifikasi jenis awan dengan satelit

Berbeda dengan pengamatan dari permukaan bumi, dimana pengamatan awan menggunakan mata (visual), satelit mengamati perilaku puncak awan jauh dari atas permukaan bumi.

Resolusi sensor satelit (citra VIS MTSAT-1R : 1 km, dan citra IR : 4 km pada *sub-satellite point*) relatif lebih kasar dibandingkan mata manusia, dan klasifikasi bentuk awan sebagaimana dapat dilakukan dengan pengamatan di permukaan bumi tidak dapat dilakukan dengan satelit. Sehingga harus dipahami bahwa jenis awan yang diidentifikasi oleh satelit berbeda secara mendasar dengan bentuk awan yang diidentifikasi oleh pengamatan permukaan.

Kita hanya menggunakan nama **tipe/jenis awan** yang serupa dengan asal atau susunan/struktur bentuk-bentuk awan yang ditentukan dengan pengamatan permukaan. Selanjutnya klasifikasi awan dengan satelit disebut "jenis awan" ; dan identifikasi awan dengan pengamatan visual disebut "bentuk awan".

Catatan penting :

Klasifikasi awan dengan citra hasil pengamatan satelit adalah berdasarkan tinggi puncak awan ; sedangkan dasar klasifikasi awan dari pengamatan meteorologi permukaan adalah berdasarkan tinggi dasar awan.

Jenis-jenis awan yang teridentifikasi oleh satelit dan pengamatan bentuk awan dari pengamatan permukaan

Jenis awan yang dapat diidentifikasi dari pengamatan satelit meteorologi dan simbolnya

Cloud type identified	Symbols used
High level cloud	Ci
Middle level cloud	Cm
Stratocumulus	Sc
Stratus/fog	St
Cumulus	Cu
Cumulus congestus	Cg
Cumulonimbus	Cb

Bentuk-bentuk awan dari pengamatan permukaan dan simbolnya

Level	Cloud forms observed from ground	Symbol
High	Cirrus	Ci
	Cirrocumulus	Cc
	Cirrostratus	Cs
Middle	Alto cumulus	Ac
	Altostratus	As
	Nimbostratus	Ns
	Stratocumulus	Sc
Low	Stratus	St
	Cumulus	Cu
	Cumulonimbus	Cb

2. Klasifikasi jenis awan

Dalam identifikasi jenis awan berdasarkan pengamatan satelit, jenis awan digolongkan menjadi 7 kelompok, yaitu : **Ci (awan tinggi)**, **Cm (awan menengah)**, **St (stratus/fog)**, **Cb (cumulonimbus)**, **Cg (cumulus congestus)**, **Cu (cumulus)**, dan **Sc (stratocumulus)**.

Cloud type		Classification	
High level cloud	Ci	Stratiform clouds	High level clouds
Middle level cloud	Cm		Middle level clouds
Stratus/fog	St		Low level clouds
Stratocumulus	Sc		
Cumulus	Cu	Convective clouds	————
Cumulus congestus	Cg		
Cumulonimbus	Cb		

Klasifikasi jenis awan dengan citra satelit

- Jenis awan yang dikelompokkan sebagai **awan-awan stratiform** : **Ci, Cm, St** ; sedangkan kelompok **awan-awan konvektif** : **Cb, Cg, Cu** ; adapun **Sc** adalah bentuk peralihan keduanya yaitu memiliki karakteristik awan *stratiform* dan *konvektif*.
- **Awan-awan stratiform** memiliki bentangan horisontal yang jauh lebih lebar daripada bentangan/ketebalan vertikal (*cloud thickness*) nya. Awan-awan ini dicirikan sebagai wilayah awan yang membentang luas dan saling bersambung serta memiliki permukaan awan yang rata dan halus.
- Sedangkan **awan-awan konvektif** lebih tebal dan cakupan wilayahnya lebih sempit dibandingkan awan-awan stratiform. Awan-awan ini yang mudah dikenali sebagai wilayah awan dengan sel-sel yang terpisah-pisah serta permukaan awannya yang tidak rata.
- Awan-awan yang terlihat dari satelit dapat diklasifikasikan menjadi 3 (tiga), yaitu : **awan tinggi, awan menengah** dan **awan rendah**.
- Jika diklasifikasikan sesuai **tinggi puncak awan**, maka secara garis besar **awan tinggi** memiliki puncak awan pada ketinggian **400 hPa** atau lebih, **awan menengah** antara **400 - 600 hPa**, dan **awan rendah** puncak awannya berada pada ketinggian **600 hPa atau kurang**.
- Di samping awan-awan tinggi (**Ci**) dan awan menengah (**Cm**), termasuk dalam kelompok awan-awan rendah adalah **Cu, St** dan **Sc**. Secara umum **Cg (Cumulus congestus)** dan **Cb (Cumulonimbus)** tidak termasuk dalam klasifikasi tersebut.

3. Identifikasi jenis awan

3.1. Identifikasi dengan citra visibel dan infrared

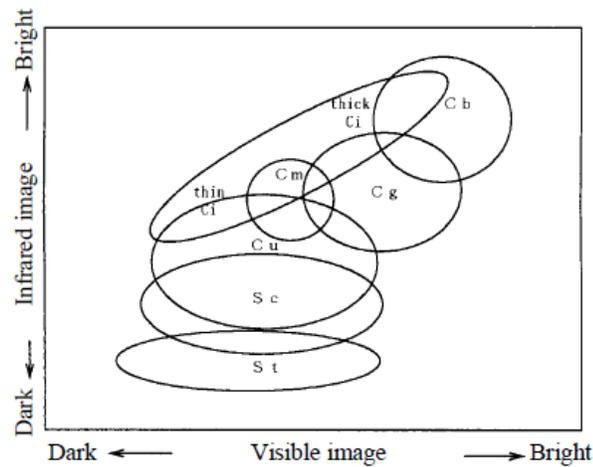
Prinsip identifikasi dengan citra VIS :

- Menggambarkan intensitas pantulan cahaya matahari (*reflectance*).
- Awan-awan tebal yang memiliki kandungan air tinggi akan memantulkan lebih banyak cahaya matahari.

- Awan-awan konvektif terlihat lebih terang dibanding awan-awan stratiform, karena mengandung lebih banyak butiran air dan lebih tebal.
- Meskipun sama-sama awan konvektif, namun awan konvektif tebal jika berkembang pantulannya akan semakin besar. Misalnya :
 - Cg (cumulus congestus) akan terlihat lebih terang dibanding Cu, dan Cb akan tampak lebih terang daripada Cg.
 - Secara umum awan **awan rendah** akan terlihat **lebih terang** dibanding awan yang terbentuk di lapisan atas (awan tinggi), contohnya St (stratus) lebih terang dibanding Ci (cirrus).
 - Jika terdapat awan Ci tipis bersama-sama awan-awan rendah dan menengah maka awan Ci akan tampak tembus pandang sehingga awan-awan level bawah dan menengah di bawahnya tersebut juga akan terlihat. Untuk kasus demikian, karena pantulan dari awan-awan di bawahnya akan menambah terang kenampakan Ci, dibanding jika hanya awan Ci saja yang ada di sana.

Prinsip identifikasi dengan citra IR :

- Awan dengan puncak awan tinggi terlihat terang sementara awan dengan puncak awan rendah terlihat lebih gelap.
- Tingkat kecerahan warna Awan-awan jenis stratiform : awan **Ci** terlihat paling terang, diikuti oleh **Cm** dan **St**.
- Pada awan-awan yang tipis, radiasi dari bawah awan juga teramati melalui lapisan-lapisan awan di samping radiasi awan itu sendiri. Hal ini menyebabkan suhu puncak awan yang tinggi daripada yang sebenarnya, dan dapat berakibat kekeliruan dalam penentuan puncak awan. Sebagai contoh, **Ci** seringkali terdiri dari lapisan tipis awan sehingga cenderung diinterpretasikan sebagai **Cm** jika menggunakan citra IR saja.
- Sedangkan, **Ci** yang sangat tebal memiliki puncak awan yang kurang-lebih sama dengan **Cb**, sehingga seringkali sulit dibedakan dengan Cb.
- **St** yang memiliki puncak awan rendah suhunya yang seringkali mirip dengan suhu permukaan, sehingga sulit mendeteksi keberadaan awan St dengan hanya menggunakan citra IR saja.
- Tingkat perkembangan awan-awan konvektif, dapat diklasifikasikan berdasarkan tinggi puncaknya. Yakni, yang paling tinggi adalah puncak **Cb yang sedang berkembang**, diikuti oleh **Cg**, dan yang terendah adalah **Cu** yang kurang berkembang.
- Diagram rangkuman identifikasi jenis awan dengan citra VIS dan IR secara kualitatif digambarkan berikut ini:



Gambar 2-3-1. Diagram identifikasi jenis awan

3.2 Identifikasi awan menurut bentuknya

- Awan stratiform puncaknya terlihat rata dan luas bentangnya. Sebagai contoh, karena St memiliki tinggi puncak awan yang tetap, tapi awannya sering diasumsikan terbentuknya di sepanjang kontur orografik.
- Ci menunjukkan bentuk-bentuk khusus, seperti **goresan** (*Ci-streak*), berbentuk seperti **bulu-bulu halus** yang keluar dari **Cb** (*anvil cirrus*), dan bentukan awan berbentuk **garis yang tegak-lurus arus angin** (*transverse line*).
- Awan konvektif umumnya terdapat sebagai sekumpulan awan-awan (*cloud cluster*) dengan cakupan yang lebih kecil. Jika awan-awan konvektif berkembang lebih lanjut, maka ketebalannya akan meningkat dan bergabung bersama-sama sehingga luasan wilayah awannya meningkat jika dilihat dari satelit.
- Urut-urutan *awan konvektif tunggal* mulai yang ukurannya paling besar hingga terkecil adalah sbb: **Cb**, **Cg**, dan **Cu**. Awan konvektif menunjukkan pola-pola karakteristik seperti **bergaris-garis** (*linear*), **meruncing** (*taper*), atau berbentuk **sel-sel** (*cellular*).
- Bagian **tepi/batas awan konvektif** atau awan rendah mudah dibedakan karena terlihat **jelas**. Sedangkan **awan stratiform** batas awannya **tidak terlihat jelas**.

3.3. Identifikasi awan berdasarkan teksturnya (dengan citra VIS)

- Awan-awan stratiform memiliki permukaan awan yang halus dan rata
- Awan konvektif permukaan awannya kasar dan tidak rata.

3.4. Identifikasi awan berdasarkan pergerakannya

- Karena di atmosfer lapisan atas angin umumnya bertiup lebih kuat, maka **awan-awan tinggi** bergerak **lebih cepat** daripada **awan-awan rendah**. Sehingga **St**, **Sc**, **Cu** dan awan-awan rendah lainnya bergerak lebih lambat dibanding **Ci**.

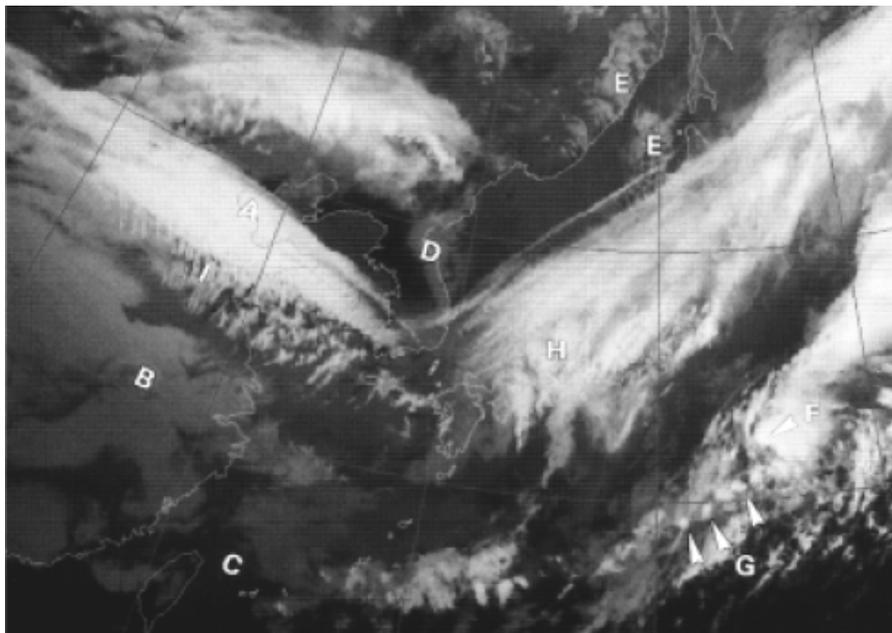
- Awan-awan tebal yang menjulang tinggi seperti **Cb** dan **Cg** bergerak dengan kecepatan angin rata-rata dari level-level awan, sehingga **gerakannya lebih lambat** dibanding **Ci**.

3.5. Identifikasi awan dengan perubahannya terhadap waktu

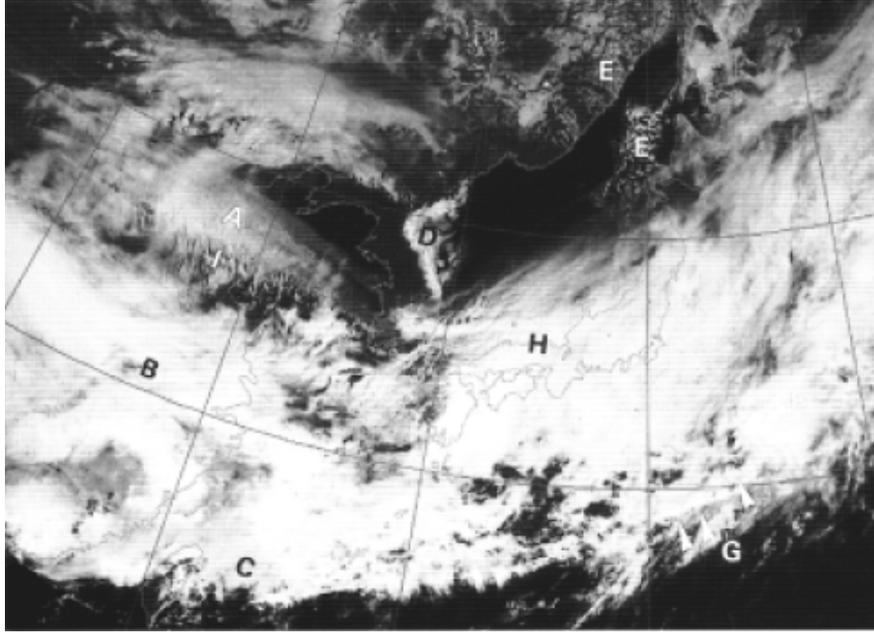
- **Awan-awan konvektif** bentuk dan tinggi puncaknya berubah **lebih cepat** (karena masa hidupnya pendek).
- Bentuk dan tinggi puncak **awan-awan stratiform** lebih **lambat** perubahannya.
- Contoh : **Cb** dan **Ci**, maka **Ci** relatif sedikit perubahannya jika diamati bentuk dan pola awannya daripada **Cb**.

4. Contoh : Studi kasus identifikasi jenis awan

Gambar di bawah menunjukkan contoh identifikasi jenis awan. Wilayah awan A yang meliputi China Utara hingga Laut Kuning dan perairan sebelah timur Pulau Kyushu adalah Ci (cirrus). Pada citra IR, awan-awan tersebut terlihat sebagai sabuk awan yang lebar dan putih dan gerakannya searah angin di lapisan atas bertiup. Pada citra VIS awan-awan rendah di bawah Ci dapat terlihat. Adapun awan di sebelah utara adalah Ci.



a. Citra IR (20 Maret 1999, jam 03 UTC) : contoh identifikasi awan



b. Citra VIS (20 Maret 1999, jam 03 UTC) : contoh identifikasi awan

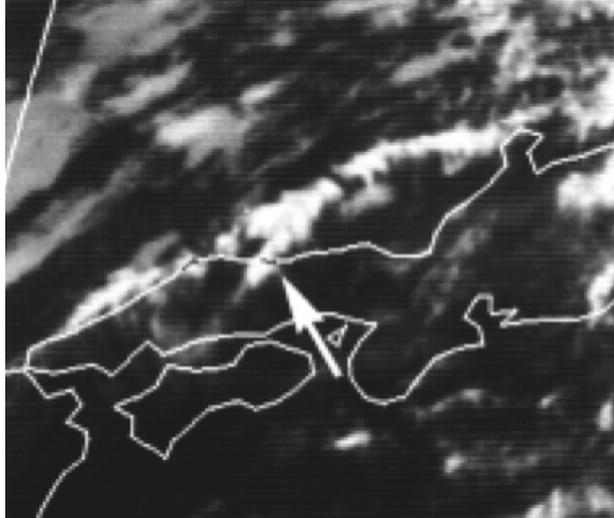
- Wilayah awan B yang meliputi China daratan bagian tengah adalah Cm (middle cloud). Pada citra IR kenampakan warnanya terlihat abu-abu karena suhunya lebih tinggi daripada wilayah awan A memiliki cakupan yang seragam. Pada citra VIS terlihat putih.
- Wilayah awan C yang membentang dari Kepulauan Sakishima hingga Taiwan adalah St (stratus). Pada citra IR terlihat lebih gelap dibanding awan di sekitarnya dan suhunya hampir sama dengan suhu permukaan laut, sehingga sangat sulit dibedakan. Pada citra VIS, awan-awan tersebut terlihat abu-abu terang dan permukaannya tampak halus.
- Wilayah awan D yang terlihat di sebelah Semenanjung Korea adalah Sc (stratocumulus) yang terlihat abu-abu gelap pada citra IR. Pada citra VIS terlihat abu-abu terang serta memiliki permukaan yang lebih kasar dan batas awan yang jelas daripada awan-awan di C.
- Wilayah awan E yang menutupi bagian utara Laut Jepang dan di sekitar Maritime Territory adalah Cu (cumulus). Pada citra IR tampak berwarna abu-abu lebih terang daripada Sc di wilayah awan D. Sedangkan pada citra VIS terlihat berwarna putih terang dan membentuk kelompok-kelompok awan (cluster) serta batas awannya jelas.
- Sedangkan wilayah awan F (ditunjukkan dengan tanda segitiga) di sebelah timur Jepang adalah Cb (cumulonimbus). Pada citra IR, tepi awan sebelah barat terlihat jelas namun agak samar di sebelah timurnya karena awan tertutupi angin lapisan atas (upper flow). Pada citra VIS, terlihat sangat putih dan membentuk cluster awan. Di sebelah tenggara awan Cb ini, wilayah awan G (tanda segitiga) terlihat deretan awan Cg (cumulus congestus) membentuk garis. Pada citra VIS, awan-awan ini terlihat putih terang sebagai kelompok-kelompok awan (cluster) terputus-putus pada garis awan Cu

- Bagaimana cara membedakan Cb dari Ci digambarkan sebagai berikut. Kedua jenis awan ini terlihat putih pada citra IR.
- Perbedaan yang jelas antara Cb dan Ci adalah bentuk, kecepatan bergerak, dan cakupan secara sinoptik-nya.
- Pada Gambar a dan b tersebut di atas, Cb terlihat di atas di perairan sebelah timur Jepang (F - tanda segitiga). Pada citra IR terlihat bentuk kelompok-kelompok (cluster) dan batas tepi awan sebelah barat terlihat jelas.
- Di sebelah timur awan tersapu oleh upper-flow sehingga batas tepi awan menjadi kabur/tidak jelas. Jika citra yang berurutan di-animasikan maka kecepatan gerak awan ini lebih lambat daripada awan-awan disekitarnya.
- Karena Cb dipengaruhi kecepatan rata-rata angin di lapisan bawah dan tengah, maka pergerakannya lebih lambat daripada Ci, tetapi perubahan bentuknya lebih cepat daripada Ci.
- Sebuah wilayah awan H, yang mirip dengan ini dan menutupi Kepulauan Jepang adalah Ci. Hal ini diperkuat dengan cepatnya gerakan awan tersebut jika citranya dianimasikan.
- Gumpalan-gumpalan awan I yang terlihat di wilayah China bagian utara pada citra IR adalah juga awan-awan Ci. Seringkali awan-awan seperti ini keliru diidentifikasi sebagai Cb jika dilihat dari bentuk dan suhu puncak awannya. Untuk kasus awan seperti ini, diidentifikasi sebagai Ci berdasarkan fakta bahwa: "di atas Semenanjung Korea terdapat upper-trough, dan sebuah Cb akan sulit terlihat di belakang sebuah trough" ; "kecepatan gerakan awan cukup cepat" ; dan "hanya sedikit berubah bentuk terhadap waktu".

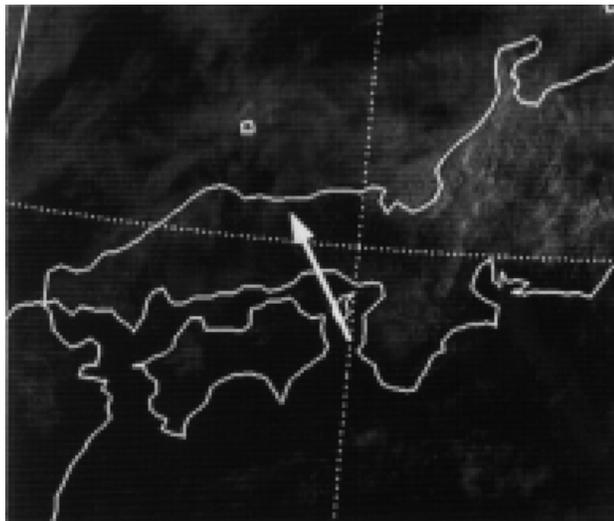
4.1 Wilayah awan yang hanya terdiri dari Ci



a. Foto awan diambil dari permukaan bumi (kota Tottori, Jepang) tanggal 9 Juli 1984 (08.01 LST). Hasil pengamatan permukaan : High level cloud, Cirrus dan Cirrostratus (Ci dan Cs) CL = 0, CM = 3, CH = 5



b. Citra IR 9 Juli 1984 (09.00 LST). Tanda panah : kota Tottori



c. Citra VIS 9 Juli 1984 (09.00 LST). Tanda panah : lokasi kota Tottori

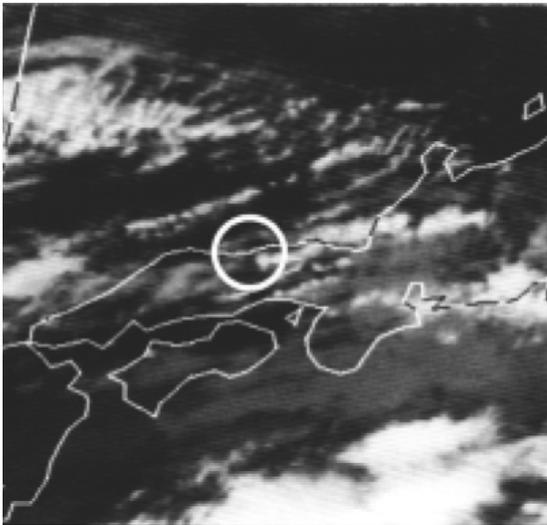
- Jika diperhatikan di wilayah kota Tottori (tanda panah). Pada citra IR goresan awan Ci meliputi wilayah Distrik Sai'in hingga Semenanjung Noto. Hanya ujung barat dari Ci ini menutupi sekitar kota Tottori, dan terdapat awan lain yang diamati. Pada citra VIS, daratan dapat terlihat secara jelas. Pada kasus ini, baik observasi satelit maupun pengamatan permukaan keduanya menentukan jenis awan yang sama.

5.2 Wilayah awan-awan Ci dan Cm bertumpuk (*superimpose*)

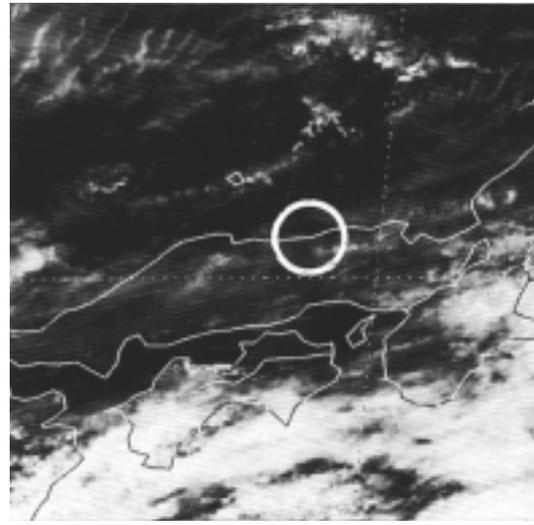
Pada gambar a terlihat foto awan yang teramati dari permukaan di kota Tottori tanggal 22 September 1978 (jam 11.11 LST). Data pengamatan awan menunjukkan Altocumulus (Ac) : CL = 0 ; CM = 3 ; CH = 0. Sementara itu gambar b adalah citra IR dan c adalah citra VIS pada tanggal yang sama (jam 12.00 LST).



a. Foto pengamatan awan di kota Tottori (22 Sep 1978, jam 11.11 LST)



b. Citra IR
(22 Sep 1978, jam 11.11 LST)



c. Citra VIS
(22 Sep 1978, jam 11.11 LST)

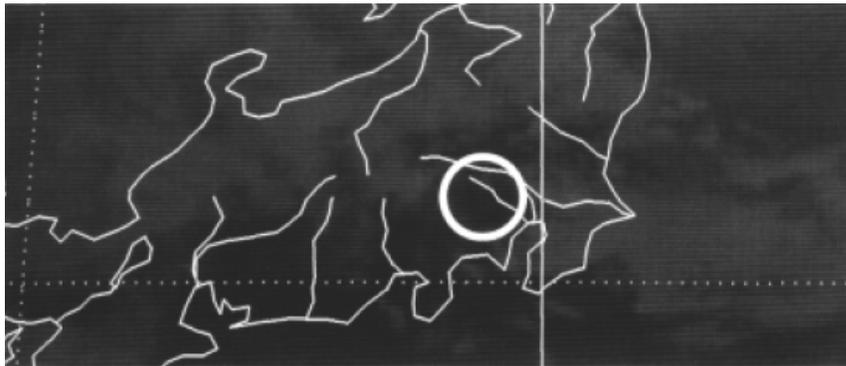
Tanda lingkaran menunjukkan wilayah kota Tottori, Jepang dan sekitarnya

- Jika kita perhatikan di wilayah Tottori dan sekitarnya (wilayah yang dilingkari), terlihat awan-awan Ci (cirrus) dan Cm (middle cloud) yang menutupi dan membentang dari Laut China Timur.
- Citra VIS menunjukkan tutupan awan tidak begitu tebal, dan tidak dijumpai awan-awan rendah. Dalam kasus ini, awan-awan Ac sebagai lapisan awan tunggal yang menutup hampir seluruh langit di atas Tottori, sehingga tidak terlihat awan tinggi dari pengamatan permukaan.

5.3 Wilayah awan dimana terdapat Sc dan Cu bersama-sama (*coexist*)



a. Foto awan diambil di wilayah Kiyose City, Tokyo pada jam 17.40 LST, 19 Agustus 1983. <Hasil pengamatan permukaan : Awan rendah dan menengah (Ac dan Cu) Translucent altocumulus (lenticular) CL = 2, CM = 4, CH = 0



b. Citra IR jam 18.00 LST, 19 Agustus 1983. (Lingkaran menunjukkan wilayah Kiyose City, Tokyo dan sekitarnya) . Citra satelit menunjukkan adanya awan-awan Cu dan Sc yang coexisting (ada bersama2)

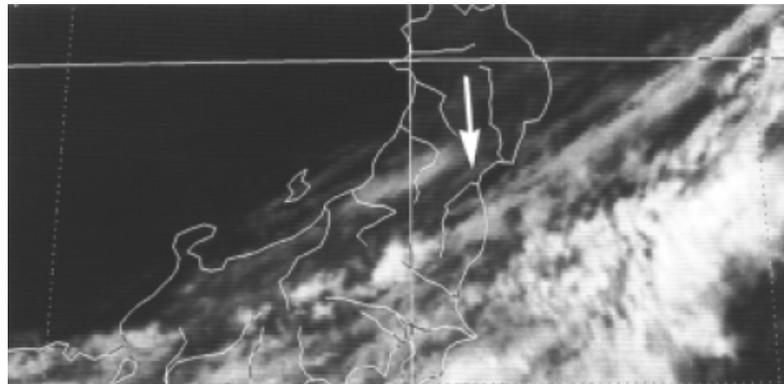
- Pada citra IR tersebut suatu wilayah awan yang menutupi Wilayah Kiyose City dan sekitarnya (tanda lingkaran) meskipun tidak terlihat tebal.
- Dari pengamatan permukaan, awan-awan Ac terlihat meskipun jumlahnya tidak banyak dan renggang. Untuk awan-awan yang renggang seperti itu dimana ukurannya lebih kecil dari resolusi radiometer satelit, sehingga puncak awannya diperkirakan lebih rendah karena radiasi dari permukaan melalui wilayah renggang di antara awan-awan tersebut menambah besar radiasi dari awan yang diterima radiometer satelit.

5.4 Wilayah awan berupa Ci saja



a. Foto awan di Sendai City, Miyagi Prefecture, Jepang pada 17.10 LST, tanggal 6 September 1981.

Hasil observasi : Middle level cloud, Ac, translucent altocumulus CL = 0, CM = 5, CH = 0



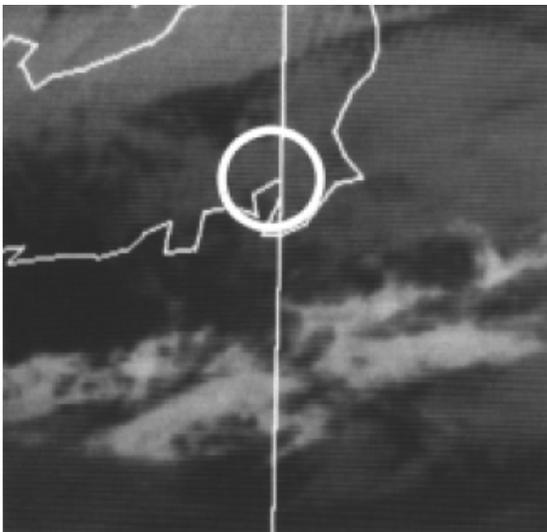
b. Citra IR jam 18.00 LST, tanggal 6 September 1981. (tanda panah menunjukkan lokasi Sendai City, Miyagi Prefecture) . Identifikasi awan dari citra satelit : hanya awan Ci terdapat di wilayah tersebut

- Pada citra IR tersebut, terlihat bentangan awan yang didominasi awan tinggi dan menengah mulai dari perairan timur Jepang hingga daerah lepas pantai Tokaido.
- Terlihat awan Cirrus bersama dengan jetstream yang bertiup di sebelah utara sabuk awan ini dan sebagian awan ini menutupi wilayah di atas Sendai City.
- Dalam kasus ini, hasil observasi menentukan jenis awan sebagai awan menengah, dimana berbeda dengan penentuan jenis awan dengan citra satelit. Kasus seperti ini dapat terjadi karena perbedaan teknik observasi antara pengamatan visual dan satelit, khususnya membedakan antara Ci dan Cm dengan satelit seringkali sulit dilakukan.

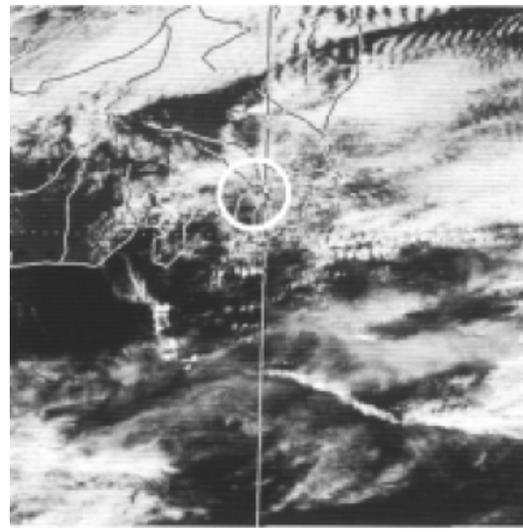
5.5 Wilayah yang tertutup hanya oleh awan Sc



a. Foto awan diambil di wilayah Chiyoda-ku, Tokyo pada tanggal 12 November 1984.. Hasil observasi : awan-awan Stratocumulus (Sc) sebagai hasil transformasi cumulus; CL = 5, CM = /, CH = /



b. Citra IR jam 12.00 LST, tanggal 12 Nov 1984 (tanda lingkaran menunjukkan wilayah Tokyo dan sekitarnya)



b. Citra IR jam 12.00 LST, tanggal 12 Nov 1984 (tanda lingkaran menunjukkan wilayah Tokyo dan sekitarnya)

Hasil penentuan jenis awan dari citra IR dan VIS: hanya terdapat awan Sc di wilayah tsb.

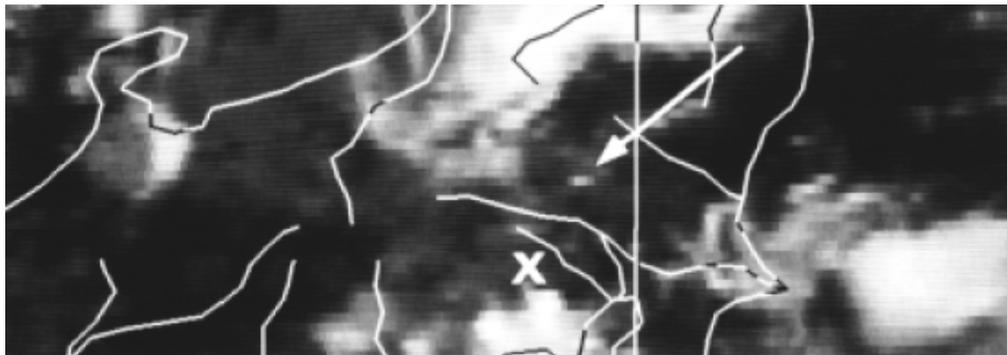
Pada citra satelit wilayah Tokyo dan sekitarnya diliputi oleh awan-awan Sc. Untuk awan-awan rendah, identifikasi bentuk awan dengan observasi permukaan relatif sesuai dengan identifikasi jenis awan dari observasi satelit.

5.6 Wilayah awan campuran Cb, Cg dan Cu



a. Foto awan diambil di wilayah Kiyose City, Tokyo) pada jam 18.10 LST, 10 Agustus 1985. Hasil identifikasi : awan cumulonimbus capillaris (Cb)

CL = 9, CM = 0, CH = 3



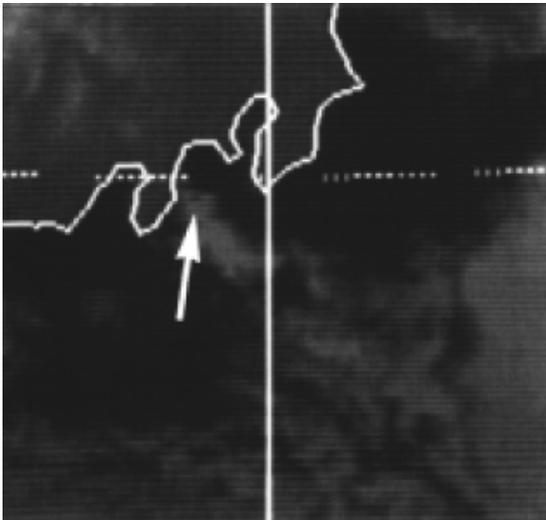
b. Citra IR jam 18.00 LST, 10 Agustus 1985. (tanda X menunjukkan wilayah Kiyose City, Tokyo dan sekitarnya) . Hasil identifikasi awan : campuran awan Cb, Cg dan Cu

- Citra satelit menunjukkan awan Cb terlihat di atas wilayah distrik Tokai dan Kanto, dan sebuah cluster Cb kecil terbentuk di bagian selatan Tochigi Prefecture (tanda X).
- Pengamatan permukaan menunjukkan bahwa awan Cb berada di sebelah timur laut Kiyose City ke arah Tochigi Prefecture (jaraknya sekitar 60 km). Sebuah anvil cirrus terlihat memanjang di atas awan Cb. Selain itu awan Cg juga terbentuk di sisi wilayah yang sama.

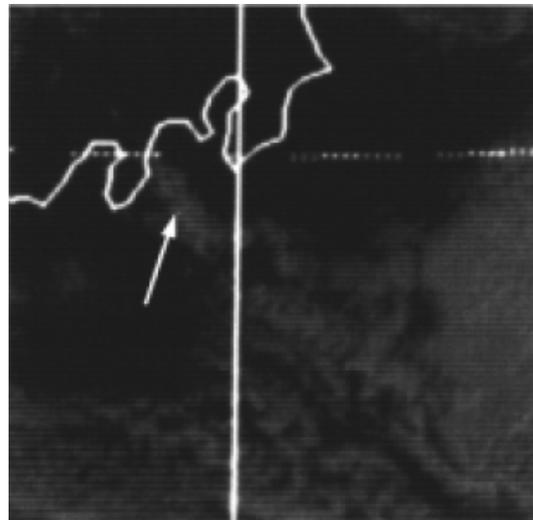
5.7 Wilayah awan campuran Cu dan Cg



a. Foto awan di wilayah Ooshima Motomachi, Tokyo pada tanggal 19 Desember 1994. Hasil observasi permukaan Cumulus (Cu) CL = 2, CM = X, CH = X



b. Citra IR tanggal 19 Desember 1994 (tanda panah : wilayah Ooshima Motomachi, Tokyo) . Hasil identifikasi : campuran awan Cu dan Cg



c. Citra VIS tanggal 19 Desember 1994 (tanda panah Ooshima Motomachi, Tokyo) .

- Jika dilihat pada citra satelit tersebut, terlihat sebuah sabuk awan-awan konvektif terbentang di atas perairan sebelah timur Semenanjung Izu dan Ooshima.
- Penentuan berdasarkan tingkat kecerahan puncak awan konvektif ini, sabuk awan tidak hanya terdiri dari Cu tetapi juga terdapat Cg yang lebih berkembang daripada Cu. Hal ini berkaitan dengan terbentuknya tornado yang terlihat pada foto (a).