

PEMANTAUAN DEBU KUNING MENGGUNAKAN SATELIT NOAA

Dodi Sudiana¹, Hiroaki Kuze, Nobuo Takeuchi

*Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University
1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-0043*

E-mail : dodi@ceres.cr.chiba-u.ac.jp

Abstract

The transport of yellow sand/kosa/Asian dust in spring annually has originated from the dust storm in Mongolia, Central China. It is a dominant feature of global aerosol system. The balance between dust absorption and scattering determines its ability to counteract greenhouse warming and to affect atmospheric heating rates and cloud formation. The NOAA satellite's sensors could be used to monitor the transportation phenomena.

Abstrak: Menyebarnya debu kuning (yellow sand, Kosa, Asian dust) merupakan pada musim semi setiap tahunnya merupakan akibat dari badai gurun yang terjadi di Dataran Mongolia, Cina. Akibat yang ditimbulkannya sangat mempengaruhi sistem aerosol global. Debu ini dapat menyerap radiasi matahari dan menghamburkannya ke ruang angkasa. Keseimbangan antara penyerapan radiasi matahari dengan hamburan ini dapat mengurangi efek pemanasan rumah kaca dan mempengaruhi tingkat pemanasan atmosfer serta pembentukan awan. Satelit cuaca NOAA dapat memantau penyebaran debu ini melalui sensor cahaya tampak dan sensor suhu yang dimilikinya.

Keywords: Remote sensing, yellow sand, NOAA

1. Pendahuluan

Perubahan cuaca memasuki setiap musim semi di Asia Tengah, mengakibatkan badai hebat melewati Gurun Gobi di sepanjang perbatasan Cina utara dan Mongolia serta kawasan gurun lainnya di Cina (Gambar 1). Angin badai ini mampu mengangkut sejumlah besar awan debu berwarna kuning yang diterbangkan menyebar searah dengan arah angin hingga menyebrangi lautan. Fenomena tahunan ini sangat dikenal di Asia Timur, terbukti dengan dikenalnya debu kuning itu dalam beberapa nama di beberapa negara. Di Cina disebut Huangsha, Wangsha di Korea, atau Kosa di Jepang.

Pada masa-masa tertentu badai debu ini berlangsung sedemikian hebat sehingga hanya dalam 5-7 hari, mampu menyebrangi Lautan Pasifik hingga mempengaruhi cuaca Amerika Utara. Di Amerika sendiri, polusi alami yang dramatis ini mempengaruhi kawasan Great Basin (Amerika Barat, termasuk Nevada, Utah, California, Oregon dan Idaho) karena kabut debu tebal yang ditimbulkannya sehingga mengurangi radiasi cahaya matahari dan visibilitas (daya lihat) di sejumlah kawasan Taman Nasional, termasuk Grand Canyon, Bryce Canyon dan Canyonlands. Degradasi daya lihat akibat debu kuning bervariasi, ditandai dari

memburamnya langit yang biasanya berwarna biru hingga berkurangnya daya lihat hingga 54 km atau kurang. Kadar debu kuning ini juga cukup tinggi hingga mencapai $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, terdiri atas partikel-partikel sangat halus.



Gambar 1. Gurun Gobi dan kawasan di sekitarnya sebagai sumber badai debu kuning

Kemajuan teknologi pencitraan menggunakan satelit memungkinkan dilakukannya pelacakan (tracking) dan dokumentasi perpindahan awan aerosol Asia raksasa ini. Beberapa satelit cuaca yang telah beroperasi dapat dimanfaatkan untuk mengamati kejadian tahunan ini. Di dalam makalah ini akan dijelaskan proses pendeteksian dan pemantauan debu kuning menggunakan data satelit NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) milik Amerika Serikat yang memiliki sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer). Selain itu akan diperkenalkan juga secara singkat beberapa sensor lainnya yang secara operasional mampu melakukan pemantauan dengan berbagai karakteristiknya.

2. Sensor AVHRR/NOAA

Satelit NOAA adalah satelit yang sudah bekerja lebih kurang 25 tahun mengamati bumi. Beroperasi pada ketinggian 845 ~ 861 km, sesuai dengan misi, sebagian besar sensor yang dibawanya dirancang untuk mengamati perubahan cuaca dan iklim di bumi. Salah satu sensornya adalah AVHRR yang memiliki 5 kanal data. Kanal 1 memiliki sensor pada spektrum cahaya tampak antara $0.53 \sim 0.73 \mu\text{m}$. Digunakan untuk mengamati jenis permukaan tanah, pantulan cahaya matahari dari liputan awan dan permukaan bumi, mendeteksi asap dan debu (haze), serta mampu membedakan antara es dan awan hujan di atmosfer. Kanal kedua memiliki kepekaan pada spektrum inframerah dekat ($0.73 \sim 1.1 \mu\text{m}$) dan citra yang dihasilkannya biasa digunakan untuk mengamati luasan air (air tampak lebih gelap pada kanal ini dibandingkan kanal 1), menghitung indeks vegetasi melalui rasio kanal 2 dengan kanal 1, membedakan antara es dan awan hujan. Kanal 3a (mulai pada NOAA 15)

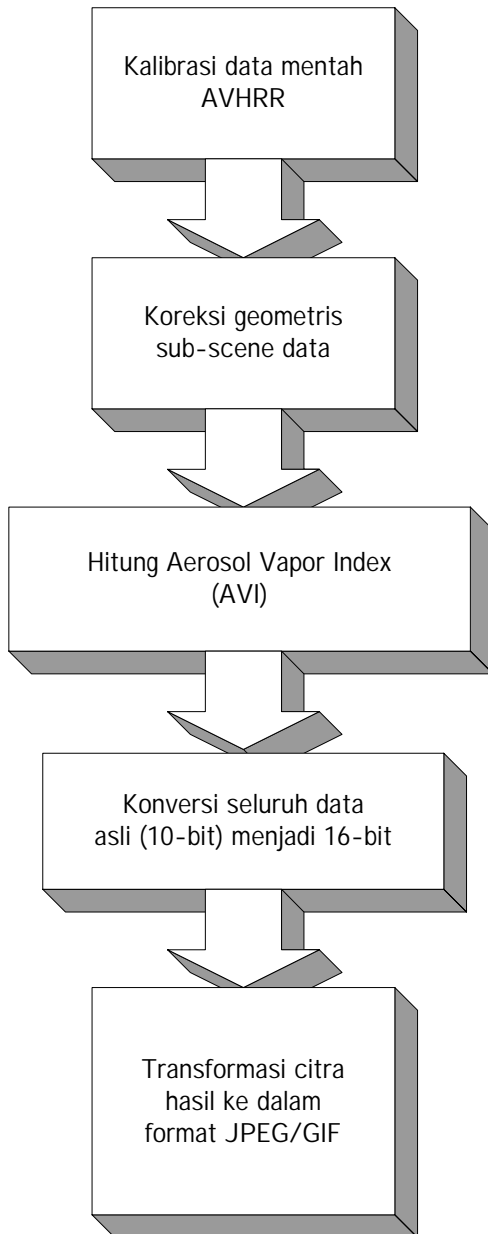
berada pada kisaran spektrum yang dapat menangkap pantulan sinar matahari di siang hari. Sensor pada kanal ini sensitif menangkap gelombang pada panjang gelombang antara 1.58 hingga 1.64 μm . Data siang hari menggunakan kanal ini dapat digunakan untuk mendeteksi aerosol yang terkandung di atmosfer, mendeteksi kandungan air dalam tumbuhan (kesehatan tumbuh-tumbuhan), membedakan antara awan, salju, es dan air. Kanal 3b memiliki panjang gelombang antara 3.5 hingga 3.9 μm (infra merah) dan dapat menerima radiasi pada malam hari sama besarnya dengan penerimaan pantulan cahaya matahari dan emisinya di siang hari. Biasanya kanal ini digunakan untuk mendeteksi jenis awan, mengetahui struktur temperatur dalam awan (menggunakan selisih kanal 3b dan 4). Apabila dikonversikan menjadi suhu, maka data yang diperoleh melalui kanal ini dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi terjadinya kebakaran dan letusan gunung berapi. Kanal 4 AVHRR memiliki spektrum yang dapat menerima emisi dari Bumi setiap waktu dan memiliki spektrum panjang gelombang antara 10.3 ~ 11.3 μm . Citra yang ditangkap melalui kanal ini dapat digunakan setiap saat untuk memperkirakan suhu permukaan tanah, laut ataupun puncak awan. Dapat digunakan juga untuk mendeteksi jenis awan dengan membandingkan bersama data kanal lainnya. Selain itu di malam hari dapat mengetahui struktur suhu di dalam awan (dengan bantuan kanal 3). Kelembaban tingkat rendah dapat juga diperkirakan melalui perbandingan data kanal ini dengan kanal 5. Debu vulkanik dari gunung berapi juga dapat dilihat Kanal terakhir (kanal 5), sama halnya dengan kanal 4 dapat dimanfaatkan untuk mengukur suhu permukaan tanah, laut atau puncak awan, mendeteksi jenis awan. Karena sedikit lebih sensitif dalam mendeteksi uap air di atmosfer bumi, kanal ini dapat digunakan untuk mengetahui kadar kelembaban tingkat rendah di atmosfer bumi. Karena aplikasinya yang luas dalam pemantauan cuaca dan lingkungan, satelit NOAA menjadi salah satu satelit yang paling sering digunakan. Oleh karena itu sejak diluncurkan pertama kalinya pada bulan Oktober 1979 dengan nama TIROS-N, yang dilanjutkan dengan NOAA-A (diluncurkan Juni 1979, berganti nama menjadi NOAA-6) hingga memasuki generasi mutakhir NOAA-L (NOAA-16).

Dalam mendeteksi debu kuning, sensor AVHRR pada satelit NOAA dapat digunakan untuk mengetahui intensitas debu pada saat terjadinya badai maupun pada masa-masa setelahnya. Debu kuning yang diterbangkan oleh badai gurun di Cina akan berpindah melewati darat Cina, menyebrangi Laut Jepang sambil menyebar di udara kepulauan Jepang. Pemantauan intensitas ini sangat penting untuk mengetahui perpindahan itu dari waktu ke waktu. Pada musim semi tahun 1999 misalnya, debu kuning bermigrasi akibat tekanan rendah yang kuat angin barat pada ketinggian 1.5-3 km di atas permukaan laut. Kehadiran debu itu terdeteksi di kawasan Jepang barat (Kyushu dan Kinki) dan sebagian Okinawa [Kinoshita 1999].

Intensitas debu dapat dihitung melalui variabel Aerosol Vapor Index (AVI) [Kinoshita 1998]. Secara garis besar AVI diperoleh dari perbedaan suhu yang diperoleh dari kanal 4 dan 5, yaitu kanal inframerah suhu yang sensitif terhadap uap air. Metoda yang disebut *split window* ini memanfaatkan sifat emisi debu atau aerosol pada panjang gelombang 11 μm (kanal 4) dan 12 μm (kanal 5) yang berlawanan. Metoda ini selama ini diterapkan untuk mendeteksi awan vulkanis dan membedakan awan tersebut dari air/awan es.

3. Pemantauan debu kuning menggunakan sensor AVHRR

Dalam makalah ini data AVHRR yang digunakan adalah data yang ditangkap oleh stasiun penerima Kagoshima University. Data yang diperoleh mencakup kawasan sebagian daratan Cina, Laut Kuning, Korea dan Jepang hingga ke Samudra Pasifik. Pengolahan citra yang dilakukan dapat digambarkan melalui diagram alir berikut ini:



Kalibrasi data mentah dilakukan untuk mengubah nilai piksel dalam data satelit menjadi informasi yang diperlukan sesuai dengan karakteristik setiap kanal. Kalibrasi sensor NOAA/AVHRR yang memiliki 5 kanal secara garis besar dapat dibagi menjadi 2 jenis:

- a. Kanal 1 dan 2 (spektrum cahaya tampak dan inframerah dekat) dikalibrasi menjadi nilai albedo (tingkat kecerahan cahaya akibat pantulan spektrum cahaya tampak sinar matahari dari permukaan bumi). Kalibrasi kanal ini mengikuti rumus sbb.:

$$R_i = DN_i \times S + I, \quad i=1,2$$

dimana R_i adalah albedo (dinyatakan dalam persen), DN_i adalah nilai piksel data (berkisar antara 0 hingga 1023 (10bit)), S adalah nilai slope (terskala) dan I adalah faktor intercept. Kedua faktor kalibrasi ini diperoleh dari tabel yang disediakan untuk setiap satelit.

- b. Kanal 3-5 (inframerah temperatur), dikalibrasi menjadi radiansi yang dapat dikonversi menjadi temperatur. Kalibrasi kanal-kanal ini mengikuti formulasi sbb.:

$$E_i = DN_i \times S + I, \quad i = 3 \dots 5$$

$$T(E_i) = \frac{C_2 \nu}{\ln \left(1 + \frac{C_1 \nu}{E_i} \right)}$$

dimana E_i nilai radiansi (dalam mW/m²-sr-cm⁻¹), T adalah temperatur (dalam Kelvin), ν adalah panjang gelombang kanal (dinyatakan dalam wave number [cm⁻¹]), C_1 dan C_2 masing-masing adalah konstanta ($C_1 = 1.1910659 \times 10^{-5}$ mW/(m²-sr-cm⁻⁴) dan $C_2 = 1.438833$ cm-K).

Citra yang ditangkap sensor adalah hasil pantulan cahaya matahari ke permukaan bumi. Kontur bumi yang berbentuk bola, sementara satelit bergerak melingkari bumi pada orbit dan ketinggian tertentu, maka hasil pembacaan sensor memiliki kesalahan geometris karena kontur bola dipetakan ke dalam bidang datar yang merupakan citra 2 dimensi itu. Untuk memperbaiki kesalahan geometris itu, citra satelit harus dikoreksi menggunakan GCP (Ground Control Point), yakni titik-titik dengan koordinat lintang-bujur yang diketahui dipetakan ke dalam citra satelit. Dengan acuan GCP tersebut, maka citra asal yang tadinya berbentuk persegi akan berubah mengikuti acuan geometris yang sebenarnya. Dengan koreksi geometris maka setiap lokasi pada citra dapat dipastikan merupakan lokasi yang sebenarnya di permukaan bumi.

Setelah dikalibrasi dan dikoreksi secara geometris, nilai-nilai piksel kanal 4 dan 5 pada citra yang sudah dikonversi menjadi Aerosol Vapor Index (AVI) dapat dihitung menggunakan rumus:

$$AVI = n(5) - n(4) + 200$$

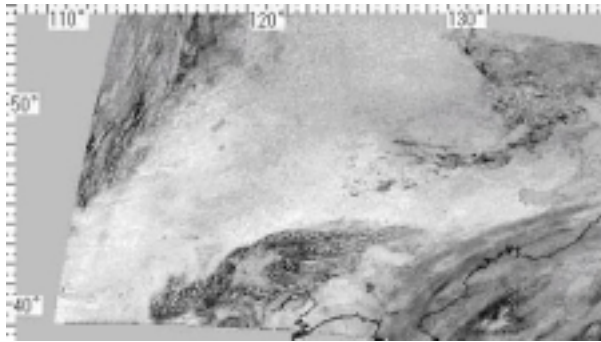
$$n(i) = -50 + 0.1 \times DN_i, \quad i = 4,5$$

Jika satu piksel citra memiliki selisih temperatur antara kedua kanal tersebut besar (AVI bernilai besar), maka dapat diperkirakan bahwa intensitas debu kuning pada titik itu tinggi. Demikian pula sebaliknya. Dengan memetakan beberapa citra NOAA pada waktu yang berturut-turut maka pola perpindahan dan penyebaran debu kuning dapat diketahui.

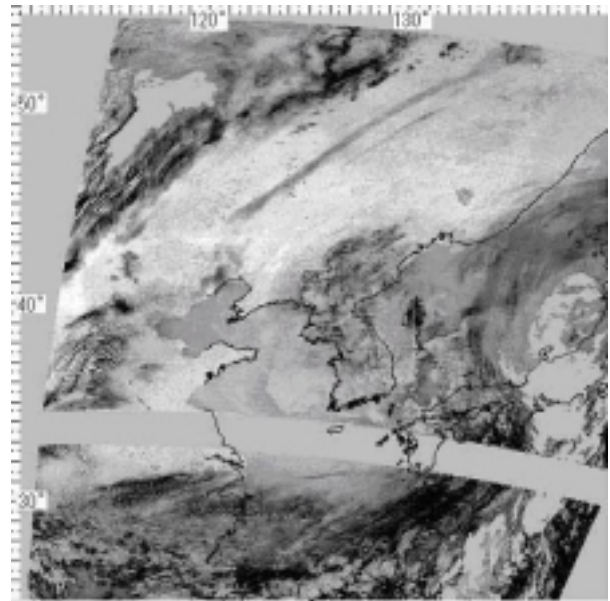
Proses selanjutnya adalah agar citra dapat disimpan secara digital, maka data asli NOAA yang memiliki panjang 10 bit/piksel dikonversi menjadi 16-bit. Data kemudian disimpan dalam format JPEG/GIF atau format lain yang diinginkan.

4. Hasil Pemantauan

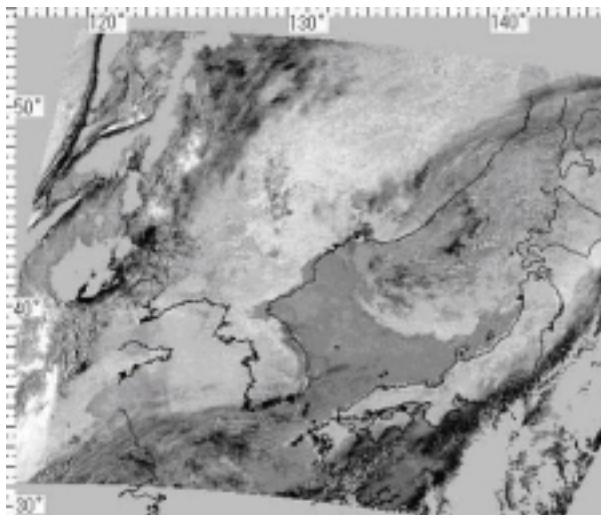
Pengolahan data dilakukan mengikuti prosedur di atas dan hasilnya ditunjukkan pada gambar 2. Waktu yang dipilih adalah musim semi tahun 1998, yaitu mulai dari tanggal 14 hingga 24 April. Gambar 2(a) menunjukkan mulai terangkatnya debu kuning berukuran besar di Cina Barat Laut. Pada hari berikutnya, debu bergerak lambat ke arah tenggara melewati daratan Cina, Laut Kuning, Semenanjung Korea, Jepang, hingga ke Lautan Pasifik, meluas dan menyebar hingga tanggal 23 April, sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2(b)-(h).



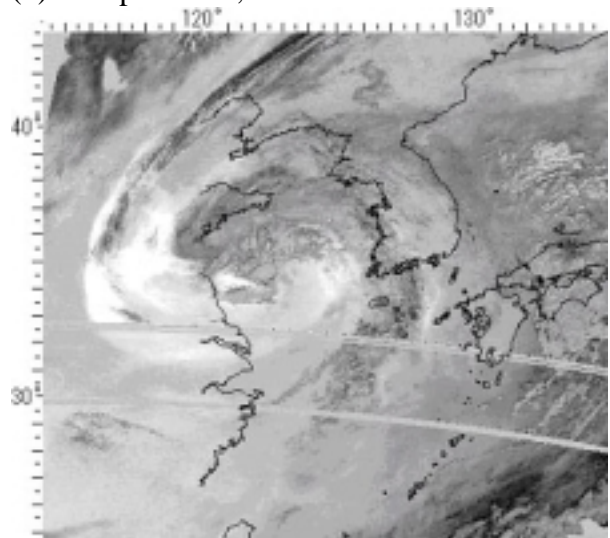
(a) 14 April 1998, 03:39. Mulai tampak naiknya debu kuning ke atmosfer di gurun Gobi, Cina.



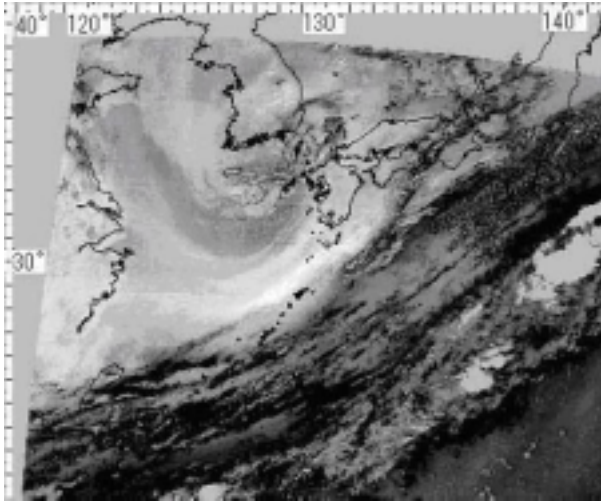
(b) 15 April 1998, 03:28



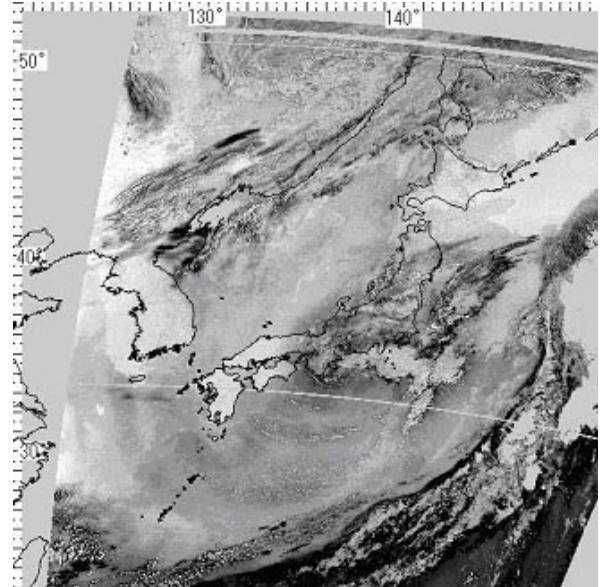
(c) 16 April 1998, 03:17. Perpindahan yang lambat namun pasti ke arah tenggara terlihat dengan gerakan melingkar melewati daratan Cina



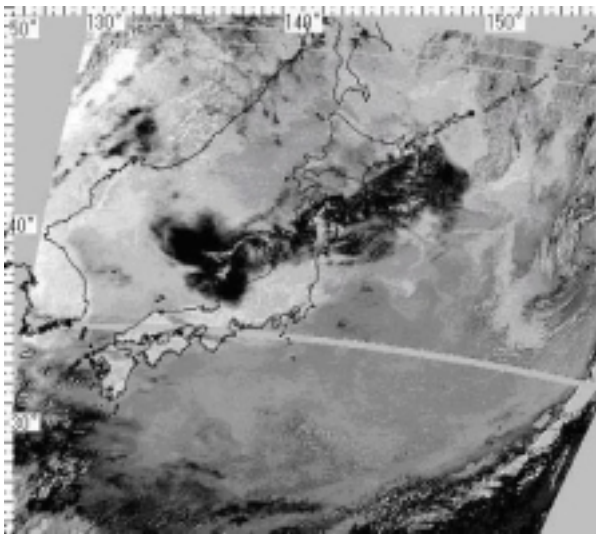
(d) 17 April 1998, 06:00. Memasuki Laut Kuning, mendekati Semenanjung Korea



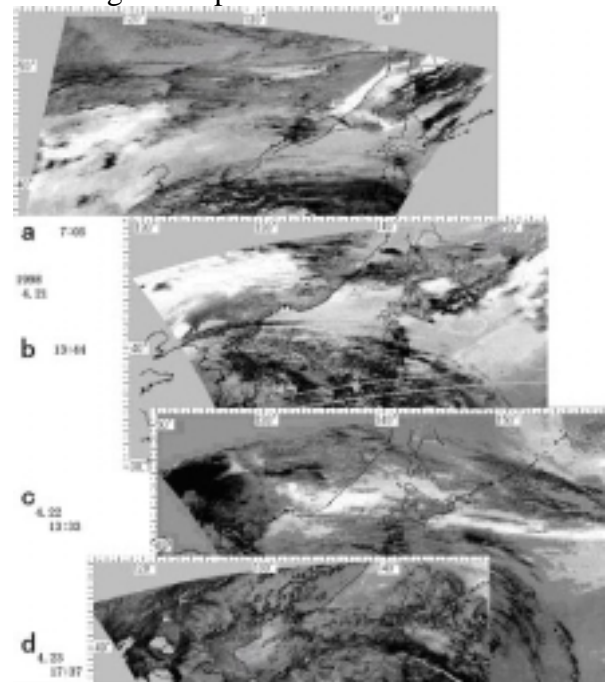
(e) 18 April 1998, 06:00. Bergerak ke arah Timur laut, mulai memasuki Jepang Selatan secara melingkar.



(f) 19 April 1998, 03:17. Meliputi Jepang. Tampak pula meningkatnya intensitas debu di sekitar perbatasan Cina-Mongol. Pada hari-hari berikutnya debu kuning melayang ke Timur Laut Cina dan bergerak cepat ke arah Timur.



(g) 20 April 1998, 02:33



(h) 21-23 April. Perpindahan debu kuning di bagian utara Samudra Pasifik dapat dilacak menggunakan citra NOAA tampak jelas.

Gambar 2. Pemantauan intensitas dan perpindahan debu kuning pada tahun 1998

5. Kesimpulan

Badai debu yang terjadi di Gurun Gobi dan sekitarnya di Cina merupakan fenomena alam tahunan yang dapat mempengaruhi keadaan iklim dunia. Dengan memanfaatkan kanal temperatur pada sensor NOAA/AVHRR pergerakan dan intensitas debu kuning dapat dipantau dengan jelas. Badai debu kuning yang terjadi pada sekitar pertengahan bulan April 1998 dapat dilacak penyebarannya hingga ke Samudra Pasifik setelah melewati daratan Cina, Laut Kuning, Korea, dan Jepang.

Daftar acuan

- K.B. Kidwell, NOAA Polar Orbiter Data Users Guide (TIROS-N, NOAA-6. NOAA-7. NOAA-8. NOAA-9. NOAA-10, NOAA-11. NOAA-12, NOAA-13 and NOAA-14), NOAA NESDIS, NCDC, Climate Service Division, 1998
- K. Kinoshita, M. Nishinosono, T. Yano, N. Iino, and I. Uno, Detection and analysis of Kosa using NOAA/AVHRR data, 26th Conf. Remote Sensing Soc. Japan, 253-256, 1999.
- M. Nishinosono, K. Kinoshita, I. Uno, K. Amano, T. Yano, and N. Iino, Studies of transportation and diffusion of Kosa by NOAA satellite data, Kagoshima Meeting on Remote Sensing, pp.1-6, March 1999,
- R. Iwasaki and K. Kinoshita, Optimization of the method to detect Kosa in NOAA/AVHRR data, Kyushu Branch Conf. R.S.S.J., Aug. 1999.