

HUJAN ES (*HAIL*) DI JAKARTA, 20 APRIL 2000

Oleh: Mimin Karmini¹

Intisari

Hujan es sudah terjadi beberapa kali di Jakarta. Hujan es terjadi lagi di Jakarta Pusat (sekitar Jl. Thamrin) pada tanggal 20 April 2000 pukul 15:15 wib. Kejadian ini seperti tak lazim terjadi di Jakarta mengingat Jakarta terletak di wilayah equator. Selain itu, hail sangat jarang terjadi meskipun kilat (badai guntur) sering terjadi di Indonesia. Tulisan ini akan menjelaskan mekanisme terbentuknya hujan es (hail) dalam awan badai, bagaimana hujan es dapat terjadi di Jakarta, dan analisa kondisi cuaca yang mendukung terjadinya hujan es di Jakarta pada tanggal 20 April 2000.

Abstract

Hail has occurred several times in Jakarta. Hail taken place again in Central Jakarta (Jl. Thamrin and vicinity) on 20 April 2000 at 15:15 Western Indonesia Standard Time. It seems unusual event that hail occurs in Jakarta considering that Jakarta is located within equatorial belt. Moreover, hail is hardly to come about even lightnings (thunderstorms) are frequently to occur in Indonesia. This paper will describe the mechanism of hail formation within cloud, how hail could occur in Jakarta, and weather condition analysis that supports hail incidence in Jakarta on 20 April 2000.

Kata Kunci: *Hail*, badai.

1. PENDAHULUAN

Indonesia terletak di daerah tropis yang suhu udaranya (di permukaan) selalu hangat dengan kelembaban udara yang relatif tinggi meskipun pada musim kemarau. Mungkinkah hujan es terjadi di Indonesia mengingat suhu udara permukaan selalu hangat? Jawabannya sudah tentu mungkin karena memang sudah terjadi, contohnya adalah badai yang terjadi pada tanggal 20 April 2000 yang terjadi di sekitar Jl. M. H. Thamrin – Jakarta Pusat pada pukul 15:15 sore

hari. Bagaimana terjadinya badai yang mampu mengeluarkan hujan es, dan mengapa es yang keluar dari badai mampu mempertahankan bentuknya dalam fasa padat (es) akan dibahas dalam tulisan ini.

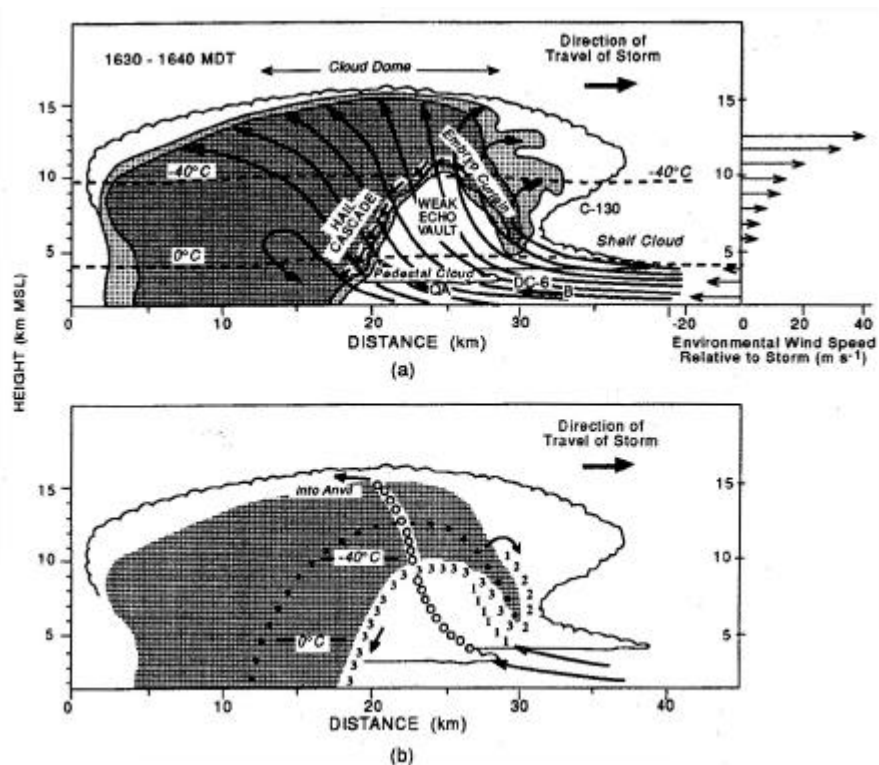
2. TINJAUAN TEORI

Salju (*snow*) sudah biasa terjadi terutama pada musim dingin (*winter*), akhir musim gugur (*fall*), dan awal musim semi (*spring*) di daerah yang mempunyai lintang tinggi dan menengah. Hal

¹ UPT Hujan Buatan – BPPT, mimin@bppt.go.id, mkarmini@yahoo.com.

ini disebabkan dinginnya suhu permukaan (di bawah 0°C) sehingga butir hujan membeku (bila saat keluar dari awan berbentuk cair) atau bahkan tidak sempat mencair karena suhu antara dasar awan dan permukaan juga sudah di bawah 0°C . Salju turun biasanya dari awan jenis stratus sehingga mampu terjadi turun salju dalam waktu yang cukup panjang seperti halnya hujan yang turun dari awan jenis stratus di wilayah Indonesia. Salju sangat berbeda dengan batu es (*hail*), baik asal awan maupun cara terbentuknya. Itulah sebabnya *hail* dapat terjadi di Indonesia.

Hail hanya akan terbentuk pada awan cumulonimbus (Cb) yang topnya melewati *freezing level* (ketinggian dimana suhu udaranya 0°C atau sekitar 16.000 kaki di wilayah Indonesia). Untuk terjadinya Cb kondisi udara (cuaca) harus mendukung dengan labilnya lapisan udara sehingga mudah terjadi proses konveksi ditambah harus ada suplai uap air yang cukup sehingga massa udara yang terangkat oleh proses konveksi mengandung uap air yang banyak dan akan mempermudah terbentuknya awan cumulus yang berkembang menjadi awan Cb.



Gambar 1. (a) Penampang vertikal struktur awan dan echoe radar sebuah *thunderstorm supercell* di Colorado bagian timur laut. Penampang sejajar dengan arah gerakan awan, melalui pusat updraft yang paling kuat. Reflektivitas radar ditunjukkan dengan arsiran tebal dan tipis. C-130, QA, DC-6 dan B menunjukan lokasi empat pesawat yang dilengkapi instrument fisika awan. Panah tebal menunjukan vektor angin yang diukur dengan dua pesawat. Tanda panah yang pendek dan tipis mengitari pinggiran *vault* mengindikasikan lintasan *hail*. Garis tipis adalah *streamlines* aliran udara relatif terhadap awan, dan yang di sebelah kanan menunjukan profil komponen angin searah dengan gerakan badai. (b) Bagian vertikal berhubungan dengan gambar (a). Lintasan 1, 2, dan 3 menunjukan tiga posisi pertumbuhan *hail*. Transisi dari 2 ke 3 berhubungan dengan masuknya kembali sebuah embryo *hail* ke dalam updraft paling kuat sebelum lintasan naik-turun yang terakhir dimana *hail* tumbuh besar, terutama bila *hail* berkembang dekat batas *vault* seperti yang ditunjukkan oleh lintasan 3. Sementara yang kecil kemungkinannya menjadi *hail* akan tumbuh di lokasi yang lebih jauh dari *vault* dan mengikuti lintasan berbentuk titik. Butir awan yang tumbuh dalam pusat updraft akan terbawa ke atas dan keluar ke dalam anvil sepanjang lintasan bertanda o sebelum butir-butir tersebut mencapai ukuran presipitasi. (Diambil dari Houze, 1993)

Pertumbuhan awan Cb bila disertai *updraft* yang kuat maka *hail* dapat terbentuk. Menurut Rogers (1979), *updraft* masuk pada level bawah dan naik ke zona yang disebut "*vault*" (berbentuk melengkung). Akibat kuatnya *updraft* di zona *vault*, butir air tidak mampu membesar sampai ukuran yang dapat dideteksi radar. Bila presipitasi terbentuk di atas level *vault*, shear angin pada level tersebut akan menghalangi jatuhnya presipitasi ke zona *vault* dan memutuskan sirkulasi. Menurut Houze (1993) *updraft* kuat (10-40 m/s) dalam *supercell* memungkinkan terbentuknya hail yang sangat besar. Penampang vertikal dari sebuah *supercell* dapat dilihat dalam Gb. 1 yang menunjukkan struktur Cb dan tiga tahapan pertumbuhan hail besar. Jatuhnya hail sampai tanah di Jakarta dengan suhu permukaan di atas 20° C, maka hail ukurannya cukup besar dan bersifat kering saat masih di dalam awan.

Hail akan terbentuk bila partikel es atau butir air hujan yang membeku tumbuh/berkembang dengan menyerap butir-butir awan kelewat dingin. Awan Cb mengandung partikel es dan butir air besar. Hal penting yang perlu dicatat dalam pertumbuhan/pembesaran hail adalah panas laten pembekuan yang dilepaskan saat butir air yang diserap membeku. Akibat panas laten tersebut, suhu dari hail yang tumbuh akan lebih hangat beberapa derajat dibanding suhu awan di sekitarnya. Suhu keseimbangan antara hail dan awan akan tercapai bila total panas yang dilepaskan akibat pembekuan (baik dari fasa air ke padat maupun dari fasa gas ke fasa padat) sama dengan panas yang diserap oleh awan akibat konduksi. Dengan dicapainya keseimbangan suhu maka tidak ada lagi transfer panas dari hail ke lingkungannya. Laju pertumbuhan hail dapat ditentukan dengan menjumlahkan laju pertumbuhan akibat penyerapan butir air dan laju pertumbuhan akibat sublimasi (Rogers, 1979).

3. DATA

Mengingat kejadian hujan es pada tanggal 20 April 2000 sangat tidak terduga, maka data yang akan dibahas hanya berasal dari citra satelit jam-jaman mulai pukul 00:00 Z untuk melihat perkembangan kondisi cuaca sebelum terjadinya badai s.d 09:00 Z satu jam sesudah terjadinya hujan es. Hujan es diketahui terjadi setelah terjadinya badai yang menerpa gedung BPPT secara mendadak dan tampak secara visual batu es berserakan di Jalan M. H. Thamrin,

4. KAJIAN KONDISI CUACA

Awan-awan tropis terbentuk di dalam kondisi lingkungan yang hampir sama secara horizontal (gradien suhu dan tekanan sangat kecil secara horizontal). Massa udara terus menerus dipanasi dari bawah, dan proses konveksi selalu mengaduk udara secara vertikal. Tingkat ketidak stabilan atmosfer biasanya netral atau sering disebut tidak stabil bersyarat (udara atau atmosfer akan tidak stabil bila massa udara yang masuk mengandung banyak uap air). Potensi yang paling besar agar terjadinya konveksi yang kuat adalah masuknya udara hangat dan basah (mengandung banyak uap air) pada lapisan udara bagian bawah dan didukung dengan adanya udara kering (kurang mengandung uap air) dengan kondisi lingkungan tidak stabil bersyarat pada lapisan bagian atas troposfer. Dengan bantuan sedikit angkatan, kondisi udara semacam ini akan menghasilkan aktivitas konveksi yang berbahaya dalam bentuk *thunderstorm* yang kuat dan sering disertai dengan *hail* dan angin yang merusak.

Pada saat terjadinya hujan es, kondisi perawanan dapat di monitor dari citra satelit GMS-5 channel infra merah yang diambil dari website <http://www.npmoc.navi.mil>. Citra dapat diambil setiap jam seperti yang tampak pada Gambar 2 dan 3. Pada Gambar 2 tampak perubahan kondisi perawanan mulai pukul 07:00 s.d 14:00 wib. Pada

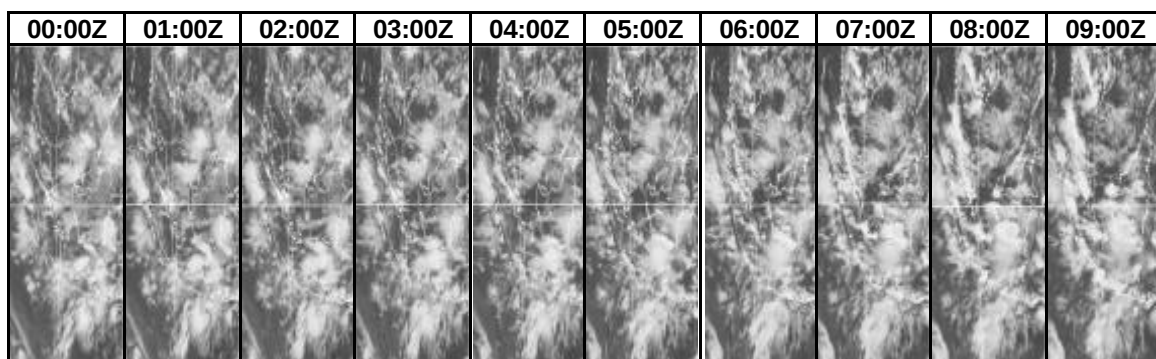
pagi hari, meskipun awan sudah tampak banyak dan sudah ada awan-awan konvektif, tapi belum begitu kuat. Sistem awan konvektif tampak mulai solid pada pukul 10:00 wib terutama di utara Pulau Jawa (Laut Jawa). Di wilayah Jawa Barat dan Jakarta kondisi awan belum menunjukkan kondisi perawanan yang cukup nyata dalam citra satelit.

Kalau kita fokuskan perhatian pada citra satelit satu jam sebelum dan satu jam setelah terjadinya hujan es (lihat Gmb. 3), maka citra satelit menunjukkan perubahan kondisi awan yang sangat jelas sekitar Jakarta. Pukul 14:00 wib, awan belum solid untuk menimbulkan *thunderstorm* yang berbahaya, sementara pada pukul 15:00 wib satu cell Cb yang sangat besar tampak jelas di sekitar Jakarta. Mengingat resolusi citra satelit ini kurang halus, maka berapa luas wilayah yang tertutup oleh cell Cb ini tidak dapat dipastikan. Akan tetapi, kalau dilihat kecerahan puncak awan yang sangat putih terang, citra ini menunjukkan bahwa awan mencapai ketinggian yang sangat tinggi hal mana ditunjukkan dengan suhu puncak awan (yang bila dikonversikan) mencapai minus puluhan derajat Celcius dan sudah pasti berada dalam fasa padat (es). Sebaliknya pada citra pukul 16:00 wib, tampak sangat jelas bahwa cell Cb

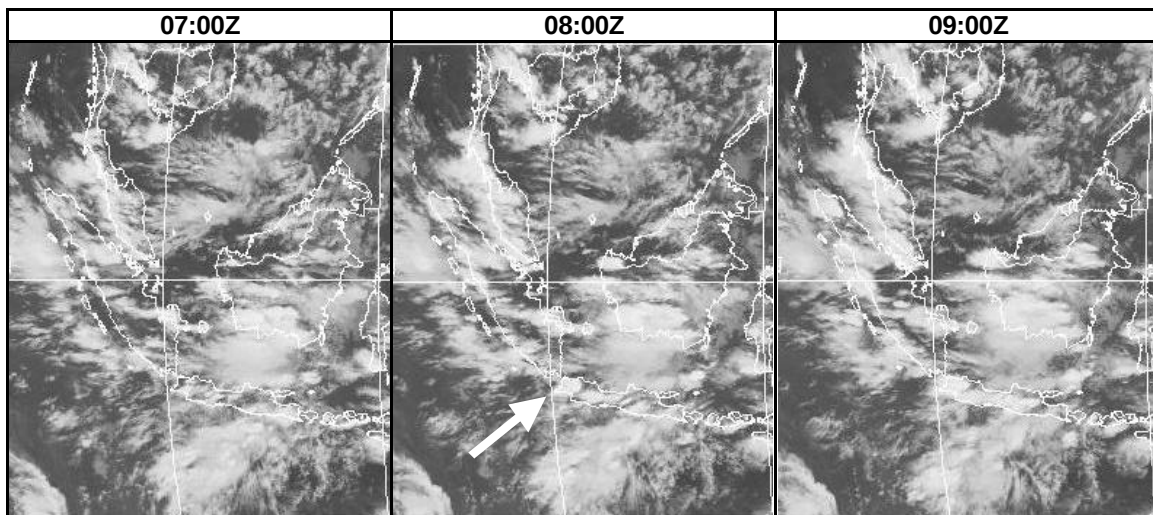
sudah mengalami tahap dissipasi yang ditandai dengan tidak solidnya citra puncak awan seperti tampak pada pukul 15:00 wib. Dengan perubahan tampilan tersebut dapat disimpulkan bahwa awan belum seluruhnya disipasi dan hujan masih terus berlangsung meskipun dengan intensitas yang lebih rendah. Kejadian seperti itu menggambarkan betapa cepatnya perubahan pada awan konvektif.

Bila dilihat dari urutan citra satelit, sistem awan konvektif pada hari itu bergerak dari arah barat daya menuju arah timur laut. Gerakan cell Cb cukup cepat, hal ini terpantau saat melintasi gedung BPPT, hanya sekitar satu menit awan sudah melintasi gedung. Hujan diawali dengan angin kuat yang diasosiasikan dengan *downdraft* dari cell Cb saat turunnya butir-butir air hujan dan batu es. *Downdraft* yang turun dari cell Cb sangat berbahaya bagi penerbangan terutama pada saat pesawat akan lepas landas dan akan mendarat. Pesawat dapat terhempas akibat munculnya turbulensi yang kuat saat arus *downdraft* sampai ke permukaan tanah.

Setelah hujan deras turun, di belakang *thunderstorm* hanya tinggal awan-awan *stratiform* (awan-awan stratus) dan hujan gerimis.



Gambar 2. Perubahan citra satelit dengan waktu dalam zona antara (15° LU dan 15° LS) dan (90° s.d 120° BT) pada tanggal 20 April 2000 dari 00:00Z s.d 09:00Z. Hujan disertai batu es (*hail*) terjadi di Jalan Thamrin dan sekitarnya – Jakarta Pusat pada pukul 08:15Z. Kondisi cuaca tampaknya sangat mendukung pertumbuhan awan konvektif yang tampak menyebar di zona pengamatan terutama di selatan khatulistiwa. (Citra satelit diambil dari web site: <http://www.npmoc.navy.mil>.)



Gambar 3. Perubahan citra satelit satu jam sebelum turun hail dan satu jam setelah hujan turun. Tanda panah menunjukkan cluster awan yang menyebabkan turunnya hujan disertai batu es. Pada pukul 07:00Z cell awan belum solid dengan warna top awan kurang terang (menunjukkan suhu puncak awan tidak terlalu dingin bila dibandingkan dengan citra pada pukul 08:00Z dan 09:00Z). 15 menit sebelum turun hujan, cluster awan sangat solid dengan top awan sangat cerah (menunjukkan cluster mencapai suhu yang sangat dingin atau puncak awan sangat tinggi). 45 menit setelah hujan turun, citra satelit menunjukkan bahwa cluster awan sudah disipasi atau puncaknya sudah menjadi envil dan berubah menjadi es yang ditunjukkan dengan tampilan warna putih cerah tapi bentuknya tidak solid. Cluster awan bergerak dari arah barat.

5. KESIMPULAN

Dari tulisan di atas bisa disimpulkan bahwa:

- A. Hujan es (*hail*) dapat terjadi di Indonesia meskipun Indonesia terletak di sekitar khatulistiwa (wilayah tropis) dengan suhu permukaan umumnya di atas 20° C.
- B. Hujan es akan terjadi bila kondisi atmosfer mendukung pertumbuhan *thunderstorm* yang merusak karena disertai guntur dan kilat, hujan deras, angin kencang (*downburst*) dan batu es (*hail*).
- C. Kondisi udara yang mendukung terbentuknya *thunderstorm* yang merusak adalah tidak stabil bersyarat disertai masuknya massa udara hangat dan mengandung cukup uap air (basah) di lapisan bawah, sementara di lapisan atas massa udara kering dengan kondisi udara juga tidak sabil bersyarat.
- D. Hujan es (*hail*) di daerah tropis, akan terjadi bila batu es yang turun bersifat kering dan memiliki ukuran yang cukup besar saat keluar dari dasar awan. Hal ini mengingat bahwa suhu udara permukaan cukup tinggi dan batu es masih bisa mempertahankan bentuknya dengan ukuran sekitar 3 mm dalam diameter saat sampai permukaan tanah, sementara dalam perjalanannya (jatuh bebas) dari dasar awan sampai tanah batu es harus menyusut ukurannya akibat kontak dengan suhu udara yang cukup tinggi.
- E. Hujan es, yang terjadi di Jakarta (sekitar jalan M. H. Thamrin) dan melintasi gedung BPPT pada tanggal 20 April 2000 mulai pukul 15:15 wib, diawali dengan angin kencang dan disertai hujan deras serta kilat dan guntur. Gerakan badai cukup cepat bergerak dari arah barat daya menuju ke arah timur laut.

Daftar Pustaka

Holton, James R., 1979:"An Introduction to Dynamic Meteorology", Second Edition, International Geophysics Series – Volume 23, Academic Press, New York 10003, USA, pp. 391.

Houze, Robert A., Jr., 1993:"Cloud Dynamics", International Geophysics Series, Volume 53, Academic Press, San Diego, CA. 92101-4311, USA, pp. 573.

<http://www.npmoc.navy.mil>

Rogers, R., R., 1979:"A Short Course in Cloud Physics", Second Edition, International Series in Natural Philosophy, Volume 96, Pergamon Press, Oxford OX3 0BW, England, pp. 235.

Wallace, J. M, and Hobbs, P. V., 1977:"Atmospheric Science An Introductory Survey", Academic Press, New York, 10003, USA, 467.

Data penulis



Dra. Mimin Karmini, MSc. adalah seorang *meteorologist* dan peneliti di UPT Hujan Buatan – BPPT. Pendidikan S2 dalam bidang meteorologi diperoleh dari Saint Louis University, St. Louis – Missouri, USA tahun 1990. Bekerja di BPPT mulai tahun 1981. Sudah mengikuti operasional penyemaian awan (*hujan buatan*) sejak tahun 1982 sampai sekarang. Mengikuti penelitian dalam *implementing cold cloud seeding* di Thailand tahun 1991, mengikuti penelitian dalam *implementing cloud seeding using hygroscopic flares* di Coahuila – Mexico tahun 1996, mengikuti dan

menjadi koordinator lapangan dalam penelitian *implementing cloud seeding using flare technique*, yang merupakan kerjasama antar pemerintah Indonesia (diwakili BPPT), Canada dan USA di Soroako – Sulawesi selatan tahun 1998 dan 1999.