

# Teknologi Modifikasi Cuaca Untuk Mereduksi Curah Hujan

Dr. Tri Handoko Seto  
UPT Hujan Buatan - BPPT



The Agency for the Assessment and Application of Technology  
INDONESIA



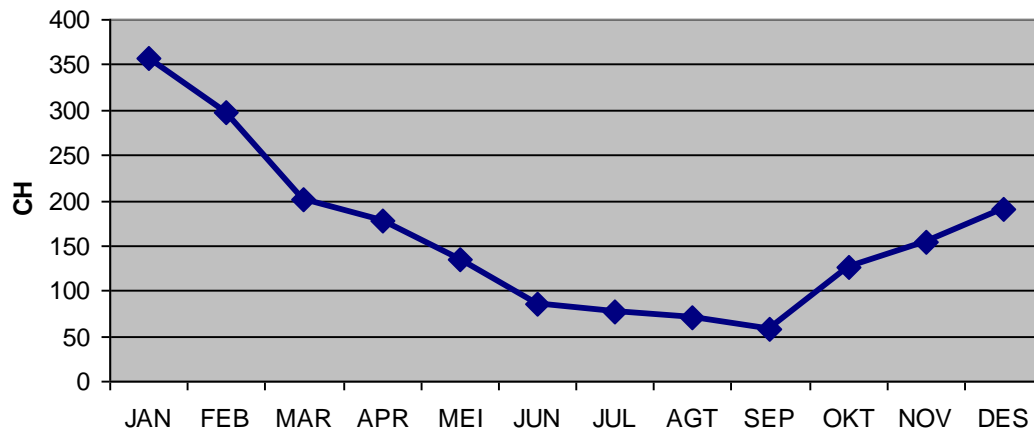
# Pendahuluan

- Indonesia -sebagai benua maritim- adalah salah satu wilayah yang kondusif bagi tumbuhnya *deep convective clouds* (Cu dan Cb).
- Awan-awan ini mampu menghasilkan curah hujan tinggi yang bisa mengakibatkan banjir.
- Curah hujan tinggi di Pulau Jawa terjadi akibat hujan dengan intensitas tinggi ( $>50$  mm/h) yang berlangsung pada rentang waktu yang lama (lebih dari 3 jam).
- Hujan jenis ini terjadi akibat aktivitas konveksi kuat yang didukung oleh suply moisture yang sangat banyak yang sering pula diperkuat oleh adanya adveksi.
- Suply moisture paling banyak berasal dari penguapan air laut. Sementara adveksi biasanya berasal dari atas laut dan daerah sekitarnya.

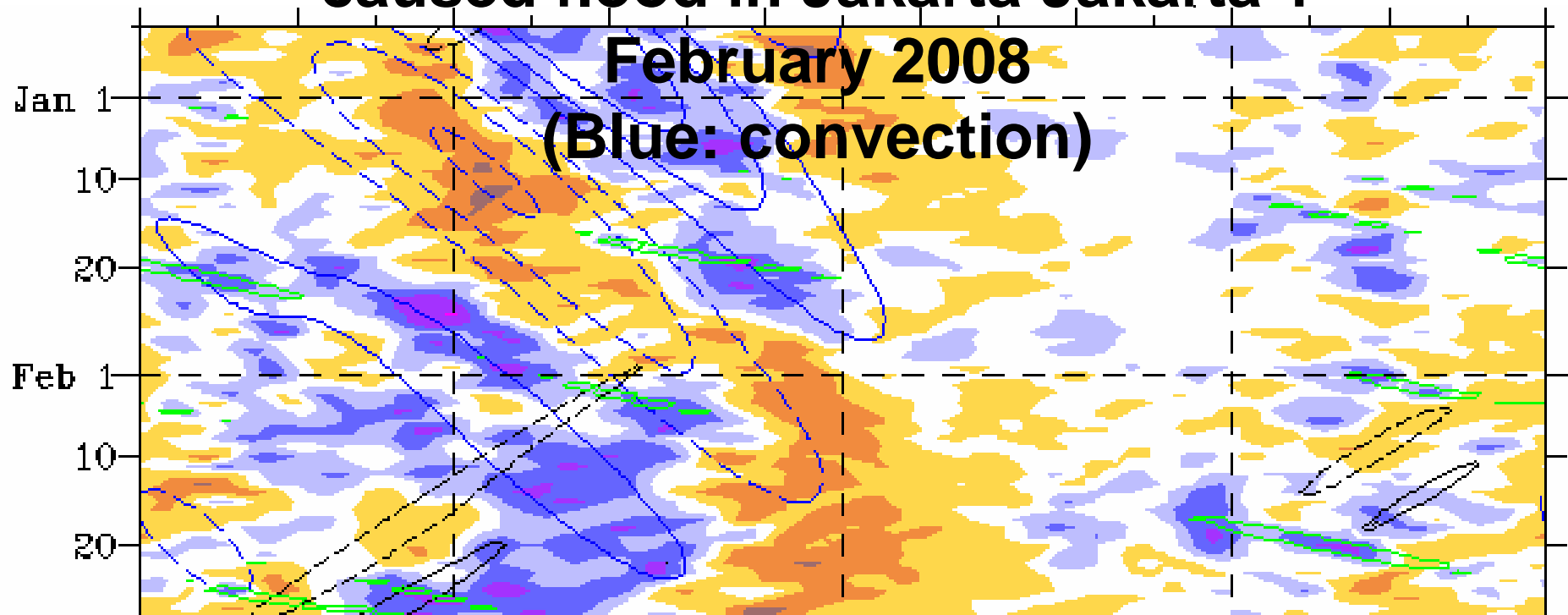
# Sistem Peringatan Dini Banjir

- Secara statistik, banjir di Jakarta berpeluang besar terjadi pada bulan Oktober – April. Curah hujan tinggi terjadi akibat gelombang atmosfer seperti: MJO (Madden Julian Oscillation), Cold surge, Kelvin, Mixed Rossby Gravity, dan Diurnal Oscillation yang terjadi pada saat Monsun India.
- Ketika Monsun Basah mulai masuk ke wilayah Indonesia (Monsoon Onset), pengamatan kondisi atmosfer dilakukan secara *near real time* menggunakan data citra satelit dan data atmosfer lain.
- Jika dicurigai akan muncul gelombang-gelombang atmosfer penyebab banjir yang didukung oleh kondisi lokal Jakarta, maka segera dioperasikan “Mobile Weather Radar” untuk memantau pertumbuhan awan secara *real time*.
- Pengoperasian “Mobil Weather Radar” dapat memberikan informasi visual keberadaan awan mengarah dan akan turun menjadi hujan di daerah tangkapan Jakarta. Volume air yang akan turun menjadi hujan juga bisa diperkirakan dengan akurat.

HISTORICAL RAINFALL OF JAKARTA



# Longitudinal atmospheric waves caused flood in Jakarta Jakarta 1

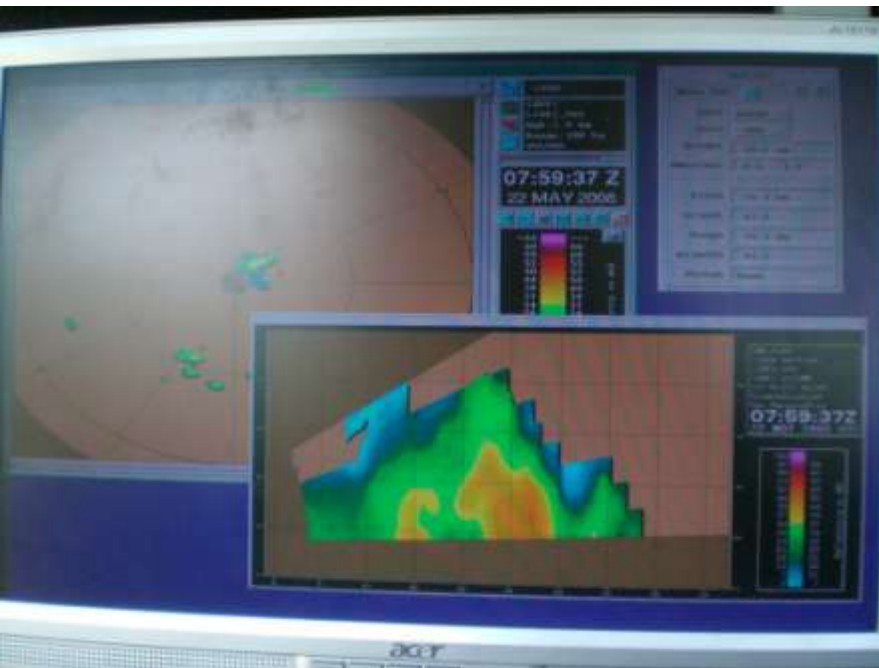






## RADAR

- Dual Polarization Radar yang dipasang di Jakarta untuk memantau pertumbuhan dan gerakan awan di Jakarta dan sekitarnya (Jabodetabek)
- Dengan diketahuinya kualitas dan pergerakan awan maka dapat diprediksi jumlah Curah Hujan yang akan turun di suatu lokasi.
- Bila terdeteksi ada awan yang berpotensi menghasilkan CH yang tinggi sehingga dapat menimbulkan genangan air yang tinggi, segera diberikan warning lebih awal, yaitu sebelum turun hujan.
- Bisa kerjasama dengan TV agar bisa ditampilkan secara visual.



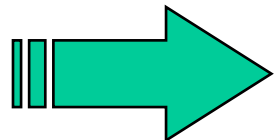
# Rain Reduction

- First: Competition Mechanism to prevent cloud development over target area.
- Second: Jumping Process Mechanism to accelerate rainfall process.

# Competition Mechanism

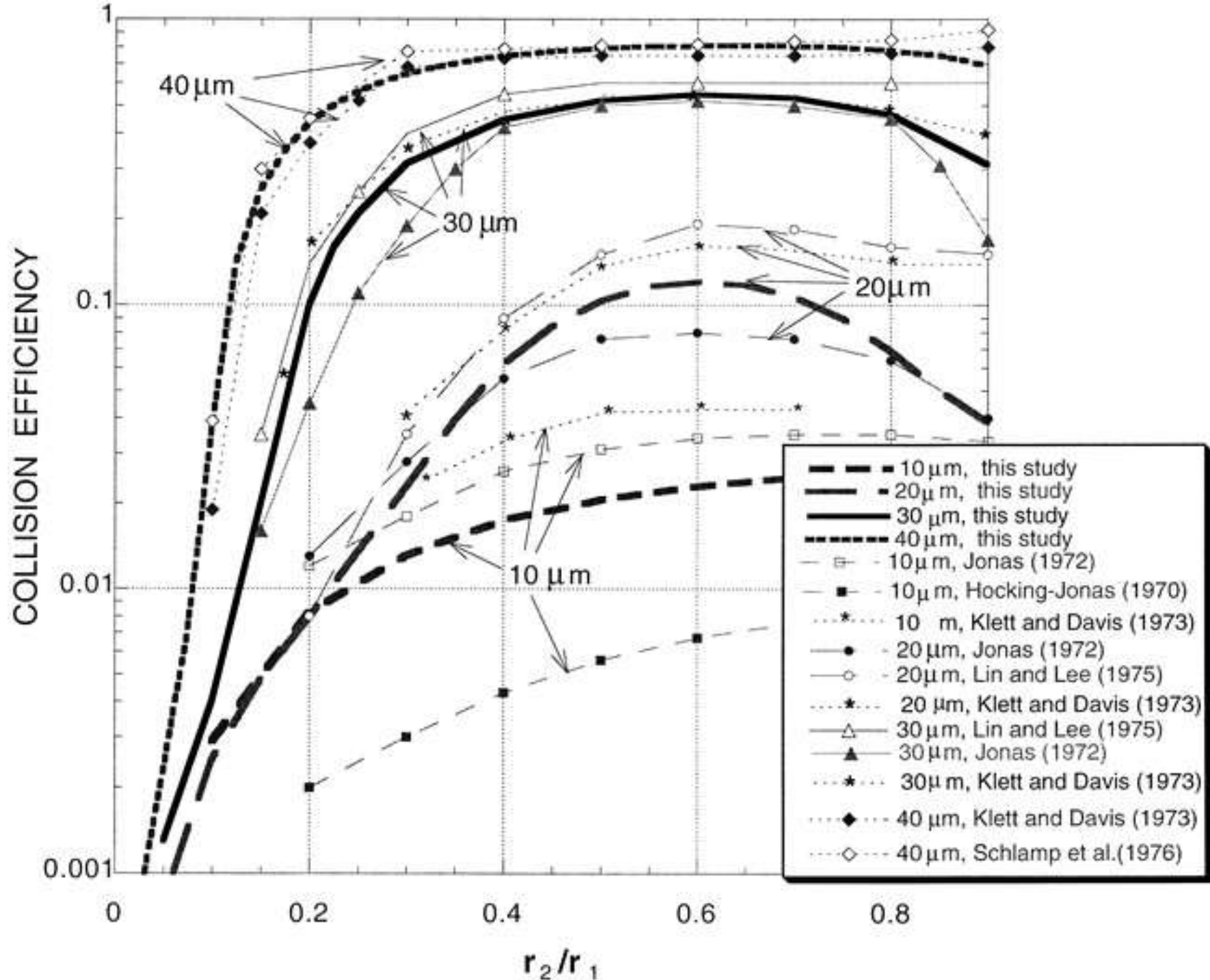
## CLOUD DEVELOPMENT THEORY

- In the early stage, a cloud is an assembly of tiny droplets numbering in the order of 100 per cubic cm and having radii of about  $10\ \mu\text{m}$ . This structure is extremely stable.
- In the precipitating cloud, precipitation is developed when the cloud droplet population become unstable, and some drops grow at the expense of others.
- Mechanism whereby a cloud microstructure may become unstable involves direct collision and coalescence of water droplet.



**The important role for precipitating cloud is collision**





(Pinsky M., A. Khain, and M. Shapiro, 2000: Collision efficiency of drops in a wide range of Reynolds numbers: effects of pressure on spectrum evaluation, J. Atmos. Sci., 58, 742-764.)

# INTERVENTION FOR COMPETITION MECHANISM

- Introducing super fine hygroscopic seeding agent into cloud to create small droplets that will act as competitor to existing cloud droplets in absorbing water vapor within cloud.
- This action will prevent collision and coalescence processes.
- Criteria for hygroscopic seeding agent are:
  - Number of particles are  $\sim 100$  per  $\text{cm}^3$  ( $200 \text{ kg NaCl/km}^3$ )
  - Particle size is  $< 10 \mu\text{m}$

# **Jumping Process Mechanism**

# CHARACTERISTICS OF MARITIME AND CONTINENT CLOUDS/RAINS

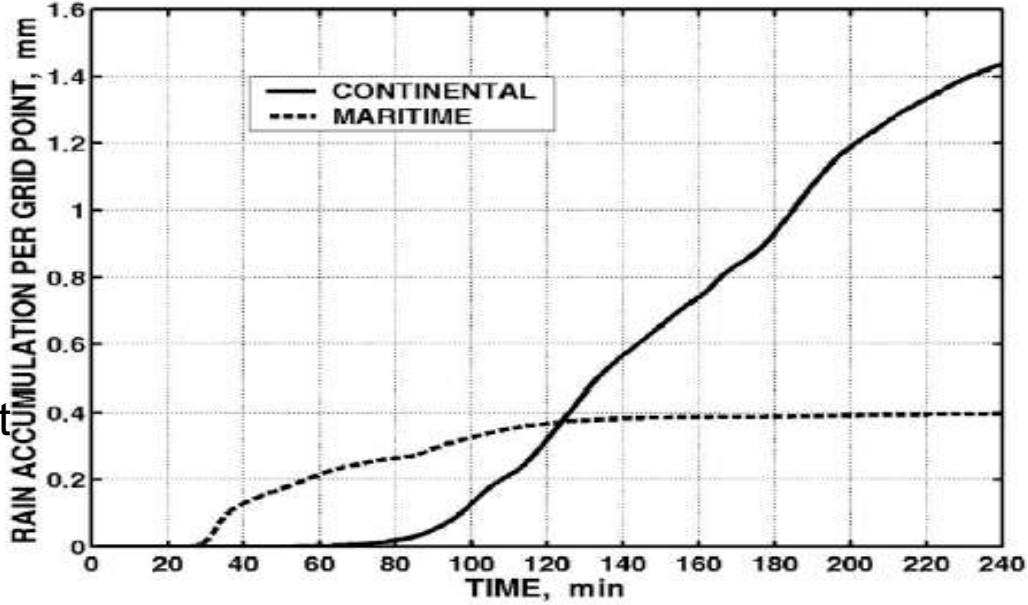
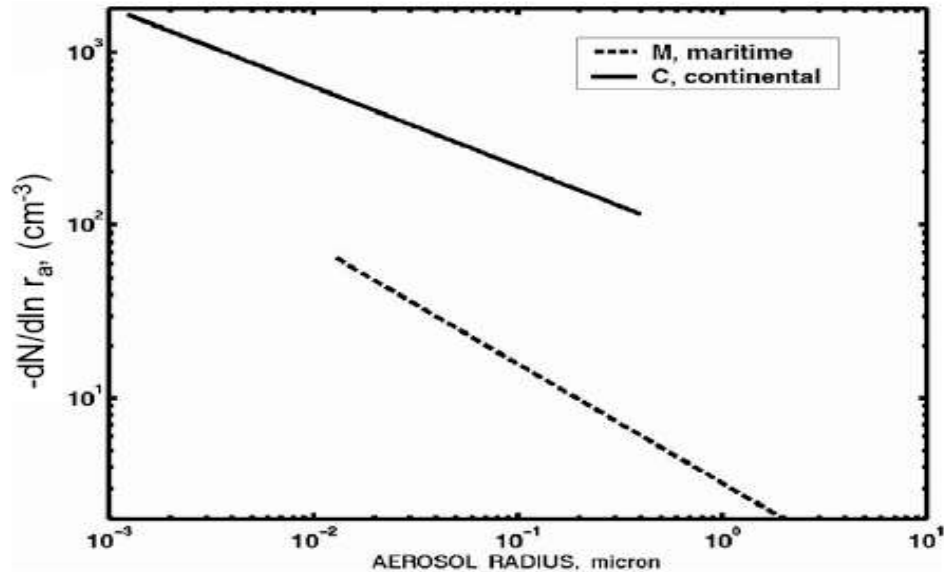
(A. Khain, D. Rosenfeld, and A. Pokrovsky, 2005: Aerosol impact on the dynamics and microphysics of deep convective cloud, Q.J.R. Meteor.Soc, 131, 2639-2663)

## Maritime Cloud

- Big aerosol (CCN) size but smaller amount
- Weak updraft
- High moisture
- Fast to rain
- Small rainfall amount

## Continent Cloud

- Small aerosol (CCN) size but larger amount
- Strong updraft
- Low moisture
- Slow to rain
- Large rainfall amount

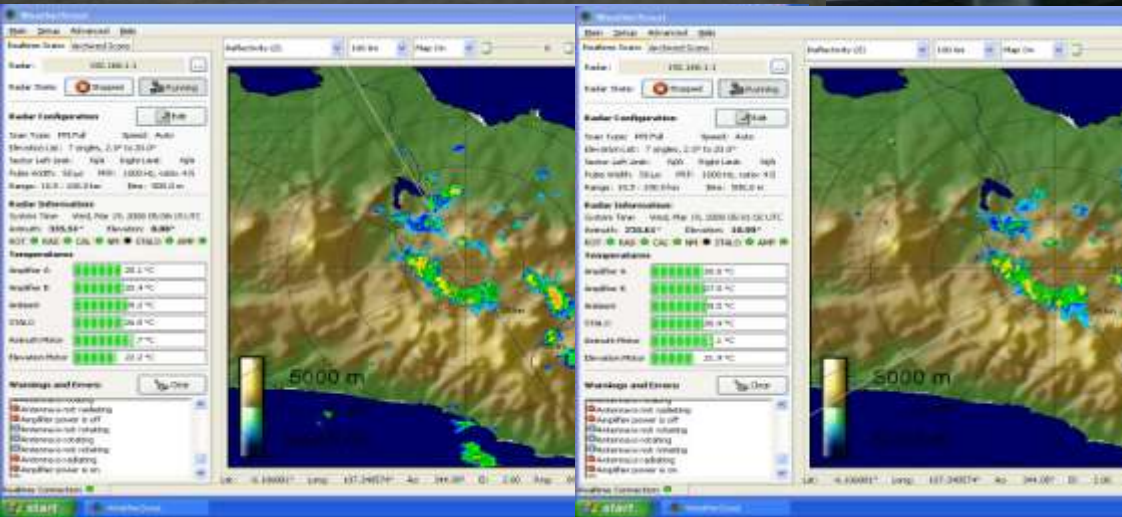
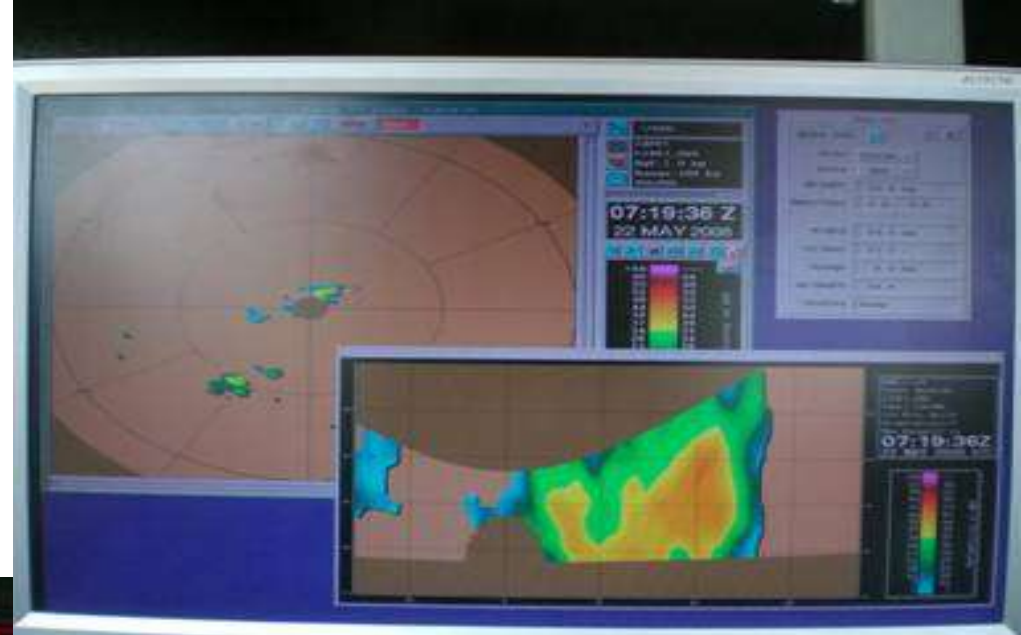


# JUMPING PROCESS

- **Action:** Maritime clouds over seas and continent clouds outside of target area that move into target area have to be seeded in order to rain as soon as possible. In addition, continent cloud develops over target area, which has top <12 kf and predicted still there in the next 2 hours, should be seeded in order to rain before develop as deep convective cloud.
- **Why?**
  - 1. To avoid advection of maritime clouds to the land region that may produce large rainfall.
  - 2. To avoid deep convective cloud development over target area.
- **The Method?**
  - 1. Seed clouds using hygroscopic seeding agent of 30-100 micron in radii.
  - 2. This seeding agent will create the **jumping process** mechanisms, a process to cut droplets chain development in the cloud (R. T Brintjes, V. Salazar, D. Breed, Jia Li, Peter R. Buseck, T Jensen, K. Ross, S. Piketh and J. Reid, 2004: *Aerosol – Cloud Interactions: Observations and Modeling Studies of the Effects on Cloud and Precipitation Development*, private communication).
  - 3. This seeding activity will accelerate rainfall process without rainfall enhancement mechanisms.



Mobile Weather Radar



Cloud Seeding to Create Jumping Process Mechanism



Olympic organizers fired a barrage of 1,110 rockets into the evening sky to make sure the 2008 Olympic opening ceremony was precipitation-free.





# Kesimpulan

- TMC dapat digunakan untuk mengurangi curah hujan, termasuk curah hujan tinggi penyebab banjir.
- Metode yang digunakan ada 2, yaitu:
  1. Melakukan penyemaian di awan-awan kecil (fase awal). agar tidak menjadi hujan ketika memasuki daerah target. Metode yang digunakan adalah sistem kompetisi.
  2. Melakukan penyemaian awan yang tumbuh aktif untuk mempercepat turun hujan agar tidak sempat menjadi awan Cb. Metode yang digunakan adalah jumping process.
- Teknologi ini bisa diterapkan untuk mengurangi curah hujan penyebab banjir maupun mengurangi curah hujan bagi keperluan pertambangan batubara dan keperluan lain.



# Ground-Based Generator (GBG) Pilot Project

- The higher mountain areas are moister than the rest of the island.
- Ground-Based Generator (GBG) is a mode of weather modification technology which is installed over mountainous area to modify convective clouds. It works as static seeding.
- Over mountainous area of Jakarta Catchments Area (JCA), convective activities are very active.
- We have 5 GBG station over JCA.

