

KAJIAN PENYEBARAN KABUT ASAP KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN DI WILAYAH SUMATERA BAGIAN UTARA DAN KEMUNGKINAN MENGATASINYA DENGAN TMC

Samsul Bahri¹

Intisari

Pada pertengahan bulan Maret 2002 kabut asap kebakaran hutan dan lahan yang melanda tanaman industri di kabupaten Bengkalis-Riau dan Labuhan Batu-Sumut telah menyelimuti dua propinsi di Sumatera Bagian Utara yaitu Riau dan Sumut. Hasil kajian menunjukan bahwa penyebaran kabut asap tersebut sangat erat kaitannya dengan kondisi geografi, angin, cuaca yang terjadi di wilayah tersebut. Didiskusikan kemungkinan penerapan Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) untuk mengatasi kabut asap tersebut.

Abstract

In the middle of March 2002 the smoke of forest fires of industrial plantation in Bengkalis and Labuhan Batu has covered two provinces in the Northern Sumatera including North Sumatera and Riau.

The result of study shows that the smoke dispersion has a direct correlation with geographical, wind, and weather conditions in the region.

The possibility of application of the weather modification to overcome the smoke is discussed.

Kata Kunci : Kebakaran Hutan, Lahan, Kabut Asap, Hot Spot, Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC), Visibily

1. PENDAHULUAN

Kebakaran hutan di Indonesia selalu terjadi pada musim kemarau, yaitu pada bulan Agustus, September, dan Oktober, atau pada masa peralihan (transisi). Wilayah hutan di Indonesia yang berpotensi terbakar antara lain di Pulau Sumatera (Riau, Jambi, Sumut, dan Sumsel) dan di Pulau Kalimantan (Kalbar, Kaltim, dan Kalsel).

Penyebab kebakaran hutan dan lahan di Indonesia secara umum disebabkan oleh dua faktor. Pertama, karena faktor kelalaian manusia yang sedang melaksanakan aktivitasnya di dalam hutan. Kedua, karena faktor kesengajaan, yaitu kesengajaan manusia yang membuka lahan dan perkebunan dengan cara membakar. Kebakaran hutan karena faktor kelalaian manusia jauh lebih kecil dibanding dengan faktor kesengajaan membakar hutan. Pembukaan lahan dengan cara membakar dilakukan pada saat pembukaan lahan baru atau untuk peremajaan tanaman industri pada wilayah hutan. Pembukaan lahan dengan

cara membakar biayanya murah, tapi jelas cara ini tidak bertanggung jawab dan menimbulkan dampak yang sangat luas. Kerugian yang ditimbulkannya juga sangat besar. Kebakaran Hutan dan Lahan menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan. Asap kebakaran hutan dapat mengganggu kesehatan masyarakat dan menimbulkan penyakit infeksi pada saluran pernapasan (ispa) serta kelancaran transportasi akibat visibility yang jelek. Kebakaran hutan yang luas dapat mengganggu masyarakat negara tetangga, dan bila tidak segera diatasi dapat mengakibatkan penilaian negatif masyarakat internasional terhadap pemerintah Indonesia.

2. KARAKTERISTIK ASAP KEBAKARAN HUTAN

Asap kebakaran hutan dan lahan secara umum berisi gas CO, CO₂, H₂O, jelaga, debu (partikel) ditambah dengan unsur-unsur yang telah ada di udara seperti N₂, O₂, CO₂, H₂O, dan lain-lain. Berdasarkan data pengamatan tahun 1997, ketinggian puncak lapisan asap di pulau Sumatera berkisar antara 7000 kaki hingga 9000 kaki dan di Kalimantan berkisar antara 5000 kaki

¹Peneliti UPT Hujan Buatan BPP Teknologi
JL. M.H. Thamrin No 8 Jakarta 10340

hingga 6000 kaki. Pada saat observasi lapangan tanggal 15 s.d 17 Maret 2002, diketahui bahwa puncak lapisan asap di wilayah Sumatera Bagian Utara bervariasi antara 8000 kaki hingga 9000 kaki. Asap tersebut tidak segera naik ke angkasa karena gas asap tersebut lebih berat dari udara normal, sehingga lama-kelamaan asap tersebut terakumulasi dan menjadi pekat (BPPT, 1997). Asap yang pekat menyebabkan visibility (kekuatan jarak pandang) menjadi rendah, dan menghalangi radiasi matahari ke permukaan tanah, sehingga tidak terjadi proses konveksi. Temperatur di lokasi asap umumnya rendah yaitu sekitar 24 derajat Celcius. Di sekitar lokasi asap umumnya terdapat awan. Dasar awan umumnya berkisar antara 5000 kaki hingga 6000 kaki, atau lebih rendah dari puncak lapisan asap, sehingga awan yang berada di sekitar lokasi asap tertahan masuk. Di atas lapisan asap terdapat aliran yang laminar, dimana angin berhembus mengikuti pola aliran laminar tersebut (Sitorus, 2002).

3. METODOLOGI

Kajian penyebaran asap kebakaran hutan dan lahan di wilayah Sumatera Bagian Utara dilakukan menggunakan data hot spot, dan data angin global yang diakses dari situs internet. Observasi langsung ke lapangan dilakukan dari pesawat udara yaitu pemantauan secara visual keadaan kabut asap dan keberadaan awan sepanjang jalur penerbangan Jakarta – Medan – Jakarta (15 dan 17 Maret 2002). Pemantauan secara visual kondisi asap dari permukaan, dan pengukuran secara insitu dilakukan di Medan. Selain itu perolehan data dan informasi dilakukan dengan cara investigasi dan wawancara dengan petugas pengamat cuaca di Base Operasi dan Tower TNI-AU Polonia, dan petugas kantor Dinas Meteorologi Bandara Polonia Medan. Untuk memperkaya pemahaman tentang kondisi cuaca lokal, dilakukan diskusi dengan peneliti di kantor BMG Balai Wilayah I Departemen Perhubungan Medan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Visibility

Kabut asap yang menyelimuti kawasan Propinsi Sumatera Utara dan Propinsi Riau telah mengakibatkan visibility menjadi rendah. Berdasarkan data dari Dinas Meteorologi Bandara Polonia Medan tercatat bahwa kabut asap telah muncul sejak 7 Maret 2002 dengan kualitas ringan hingga sedang. Kabut asap terparah yang mengakibatkan visibility sangat rendah, terjadi tanggal 13, 14, dan 15 Maret 2002. Pada tanggal tersebut, visibility pada pagi hari hanya mencapai (0,6 – 0,7) km dan pada siang hingga sore

berkisar antara (1,4 – 2,5) km. Kabut asap yang menyelimuti wilayah tersebut telah mengganggu seluruh aktivitas masyarakat dan telah menimbulkan penyakit infeksi saluran pernapasan atas (IsPa). Selain itu, telah terjadi penundaan pendaratan beberapa penerbangan di Polonia, dan melumpuhkan kegiatan nelayan di Asahan dan Labuhan Batu Sumut seperti yang dimuat di Harian Analisa (15/3/02), harian Waspada (15/3/02), dan Kompas (16/3/02). Pada tanggal 16 Maret 2002 visibility yang tercatat di Bandara Polonia Medan masih berkisar antara 2 hingga 3 km (lihat Tabel 1).

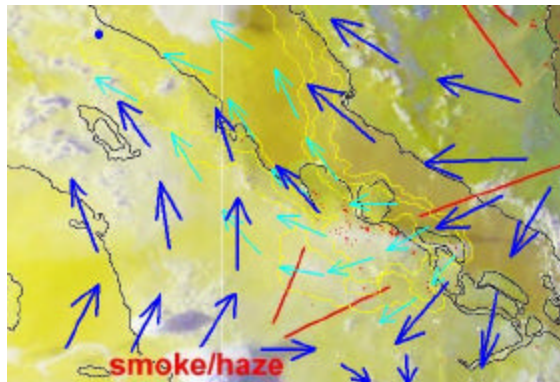
Tabel 1 : Visibility di Bandara Polonia Medan tanggal 7 s.d 16 Maret 2002

TANGGAL	KONDISI	VISIBILITY	KETERANGAN
07 Maret 2002	Hazy	3 km	s/d jam 10.00 pagi
08 Maret 2002	Hazy	3 – 4 km	-
09 Maret 2002	Hazy	1.5 km	-
10 Maret 2002	Smoke	1.5 – 2 km	1 hari penuh
11 Maret 2002	Smoke	1.5 km	s/d jam 09.00 pagi
12 Maret 2002	Hazy Smoke	1.2 - 2 km 0.8 km	s/d jam 10.00 pagi mulai jam 11.00 sehari penuh
13 Maret 2002	Smoke	0.7 – 1.5 km	Sehari penuh
14 Maret 2002	Smoke	0.6 - 2 km	Sehari penuh
15 Maret 2002	Smoke Hazy	2.5 km 3 km	s/d jam 09.00 Sehari penuh. Terjadi hujan pagi (tidak terukur).
16 Maret 2002	Smoke	2 – 3 km	-

4.2 Penyebaran Kabut Asap

Kabut asap yang menyebar dan menyelimuti propinsi Sumatera Utara berasal dari kebakaran hutan dan lahan yang terjadi di Kabupaten Bengkalis - Riau dan *Hot Spot* yang terindikasi di Kabupaten Labuhan Batu – Sumatera Utara. Kondisi udara di lapisan atmosfer atas di wilayah tersebut sangat stabil dan cenderung bergerak turun, sehingga angin di lapisan bawahnya ($\pm$ 100 m dari permukaan tanah) yang bergerak dari timur tidak mampu naik ke pengunungan Bukit Barisan melainkan berbelok ke utara menyusuri lereng

Timur Bukit Barisan. Selanjutnya yang terjadi adalah, kabut asap terbawa ke utara menuju wilayah propinsi Sumatera Utara dan kota Medan (Gambar 1).



- : Arah angin 100 m dari permukaan
→ : Arah angin lapisan atas

Gambar 1. Penyebaran kabut asap di wilayah Sumatera Bagian Utara.

4.3. Perkembangan Hot Spot.

Data satelit NOAA sensor *Infra Red* menunjukkan bahwa posisi titik panas atau *Hot Spot* berada di wilayah Bengkalis-Riau dan negara tetangga Malaysia. Berdasarkan data tersebut jumlah *Hot Spot* yang terindikasi di Malaysia dan Sumatera pada tanggal 11, 12, dan 13 Maret 2002, masing-masing tercatat yaitu 360, 317, dan 126 titik (Lampiran). Perkembangan *Hot Spot* menunjukkan jumlah yang mengalami penurunan, dan bila dikaitkan dengan kondisi visibility yang dicatat di Bandara Polonia Medan (Tabel 1) diperoleh kesesuaian data. Angka visibility yang tercatat pada tanggal-tanggal tersebut merupakan nilai yang sangat rendah, dan visibility terlihat membaik setelah tanggal 15 Maret 2002.

4.4. Kondisi Awan

Hasil pemantauan awan tanggal 15 Maret 2002 sepanjang jalur penerbangan Jakarta – Medan dan tanggal 17 Maret 2002 sepanjang jalur penerbangan Medan – Jakarta menunjukkan bahwa pertumbuhan awan *Cumulus* terlihat di sepanjang Sumatera bagian Selatan hingga Propinsi Jambi. Memasuki wilayah Propinsi Riau hingga ke perbatasan Riau – Sumatera Utara, hanya terlihat lapisan asap dan tidak terlihat pertumbuhan awan *Cumulus* yang potensial. Namun ketika memasuki wilayah Medan dan sekitarnya di jumpai banyak awan *Cumulus* yang berpotensi hujan.

4.5 Kondisi Cuaca

Berdasarkan hasil analisis BMG Balai Wilayah I pertumbuhan awan yang intensif, terjadi di pantai Barat Sumatera Utara dan perbatasan Sumut dengan Riau. Hujan diperkirakan akan turun di daerah tersebut pada siang sampai malam hari dengan intensitas ringan sampai sedang. Suhu udara akan tetap tinggi, di siang hari mencapai 33 °C. Cuaca ekstrim kering dan panas dalam 5 hari ke depan diperkirakan terjadi di kabupaten Langkat, Deli Serdang, Simalungun, Asahan, Labuhan Batu, Karo, Toba Samosir, dan Tapanuli Utara. Wilayah yang cerah berawan dan berpeluang hujan ringan hingga sedang diperkirakan terjadi di Kabupaten Dairi, Tapanuli Selatan, Tapanuli Tengah, Nias, dan Mandailing-Natal.

5. Upaya Untuk Mengantisipasi Kebakaran Hutan

Antisipasi kebakaran hutan dan lahan dapat dilakukan dengan cara membuat suatu indikator potensi kebakaran versi Indonesia sebelum terjadi kebakaran. Indikator ini yang akan dijadikan sebagai rujukan tingkat potensi kebakaran dari suatu wilayah sehingga kebakaran dapat diantisipasi dan bila memungkinkan untuk dicegah. Kepada pengelola hutan perlu dilakukan pengawasan dengan penuh tanggung jawab, agar mereka tunduk pada aturan yang berlaku tidak melakukan pembakaran untuk membuka lahan baru, baik ketika diawasi maupun tidak diawasi. Selanjutnya dampak kebakaran hutan dan lahan ini terus menerus disosialisasikan kepada seluruh masyarakat agar peristiwa serupa tidak terulang kembali. Langkah yang terpenting dari semua ini adalah penegakan hukum yang tegas, tidak pandang bulu, dan konsisten, yaitu sanksi dan hukuman bagi yang terbukti melanggar peraturan pemerintah dalam kebakaran hutan.

Upaya untuk mengatasi dan menanggulangi kebakaran hutan dan lahan dapat dikelompokkan pada dua cara. Cara pertama, yaitu pemadaman dari permukaan. Cara kedua, yaitu pemadaman dari udara. Penanggulangan cara pertama dapat dilaksanakan oleh instansi yang terkait yaitu Departemen Kehutanan, dan Pemerintah Daerah. Penanggulangan cara kedua, yaitu dari udara dapat dilakukan dengan menerbangkan pesawat pembom air misalnya US-1A *Water Bomber*, dan pesawat CL-415M. Penanggulangan dengan pesawat *water bomber* tidak direkomendasikan karena tidak mungkin berhasil. Air yang dijatuhkan ke lokasi kebakaran hutan malahan dapat menimbulkan semakin maraknya api kebakaran apabila jumlah air yang jatuh per satuan luas kebakaran tidak sesuai. Lagi pula dalam kondisi hutan yang terbakar, *visibility* sangat rendah dan

hampir nol, sehingga menerbangkan pesawat kecil dalam ketinggian yang rendah di dalam asap dan mencari titik api hampir mustahil dilakukan.

Cara kedua yang efektif dan telah beberapa kali dilakukan dan berhasil (1997, 1998 dan 2001) yaitu menggunakan Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC). Penerapan TMC untuk mengatasi kebakaran hutan dan lahan ini adalah sebagai teknologi alternatif apabila asap sudah terakumulasi. Kebakaran hutan yang meluas tidak mungkin dipadamkan dari permukaan karena fasilitas jalan ke lokasi kebakaran di hutan sangat terbatas sehingga mobilisasi mobil pemadam kebakaran dan pasukan pemadam menjadi terbatas. Oleh karena itu pemadaman kebakaran hutan dari udara dengan menerapkan TMC sangat mungkin untuk dilakukan.

Teknologi ini memanfaatkan peluang yang ada di alam, dimana peluang tersebut yang akan menstimulus proses yang terjadi di alam. Sebagai contoh, dengan penerapan TMC energi yang ada di alam dapat dimanfaatkan secara efektif dan efisien untuk memadamkan kebakaran. Energi tersebut antara lain energi aliran angin, energi radiasi matahari, dan energi kandungan kelembaban udara (awan potensial) yang tersedia (Sitorus, 2002).

Kebakaran Hutan tidak akan berlanjut apabila jumlah hujan yang turun cukup, dan mampu memadamkan api kebakaran. Jumlah hujan yang turun akan mencukupi, apabila di sekitar lokasi kebakaran hutan terdapat awan potensial. Ada beberapa syarat agar keberadaan awan potensial terdapat di wilayah sekitar lokasi kebakaran hutan. Syarat itu antara lain, jumlah kandungan *moisture* dalam udara. Jumlahnya harus sesuai dengan kondisi kolom udara atau tingkat kelabilan udara yang dapat mendukung pertumbuhan awan potensial. Meskipun jumlah kandungan *moisture* nya tinggi, awan yang tumbuh tidak akan menjadi awan Cu potensial apabila kolom udara pada lokasi tersebut stabil. Penerapan TMC adalah bertujuan untuk membuat kolom udara asap kebakaran hutan tersebut menjadi dinamis, labil, atau netral.

Akumulasi asap kebakaran hutan yang meningkat malahan cenderung memicu kebakaran hutan semakin luas, karena peluang turunnya hujan secara alami pada lokasi kebakaran tersebut semakin mengecil. Akumulasi asap terjadi karena produksi asap yang tidak sebanding dengan daya angkut angin terhadap asap, sehingga radiasi matahari terhalang masuk ke permukaan tanah. Sehingga proses pemanasan permukaan tanah tidak terjadi, yang menyebabkan kolom udara pada lokasi kebakaran selalu dalam keadaan stabil sehingga tidak mungkin terjadi awan potensial. Penerapan TMC dimaksudkan untuk mengurangi konsentrasi asap kebakaran hutan atau menipiskan asap tersebut.

6. KEMUNGKINAN PENERAPAN TMC UNTUK MENGATASI KABUT ASAP.

Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) sangat memungkinkan untuk diterapkan mengatasi kabut asap yang terjadi di wilayah Sumatera Bagian Utara ini, karena teknologi ini telah pernah diterapkan beberapa kali di wilayah Indonesia, antara lain di Sumatera dan Kalimantan (1997), Kalimantan Timur (Maret 1998), dan Kalimantan Selatan (Sept-Okt 2001).

Prinsip kerja TMC untuk mengatasi kebakaran hutan dan lahan adalah menaburkan material ke dalam asap menggunakan pesawat terbang berukuran besar, yang tujuannya agar lapisan asap menjadi tidak stabil dan dinamis. Seperti diketahui bahwa lapisan asap kondisinya stabil, *visibility* rendah, namun suhu di permukaan tanah yang tertutup asap rendah. Kondisi ini menyebabkan radiasi matahari tidak dapat menembus lapisan asap. Sementara di atas lapisan asap terdapat angin yang berhembus di lapisan udara yang laminar. Material ditaburkan ke dalam asap, kira-kira 1000 kaki dari puncak lapisan asap. Material atau bahan semai yang digunakan adalah bubuk CaO (*quicklime*) yang berukuran sangat halus ber-orde mikron. Reaksi material tersebut dengan unsur yang terdapat di dalam asap seperti H₂O, CO, dan CO₂ akan mengakibatkan "peregangan" kepekatan asap, dan lapisan asap di lokasi penaburan bahan semai tersebut menjadi tidak stabil. Angin akan memicu lapisan asap yang tidak stabil tersebut sehingga terjadi dinamika, dan *visibility* menjadi meningkat dan memungkinkan radiasi matahari dapat mencapai permukaan tanah dan membantu proses konveksi serta pembentukan awan secara alami. Dengan demikian akan terjadi pergerakan aliran massa udara dan awan yang ada di sekitarnya ke lokasi daerah penaburan bahan semai tersebut. *Side effect* dari kondisi tersebut akan menghasilkan hujan yang turun secara terkonsentrasi di daerah tersebut.

Penerapan TMC untuk penipisan asap di wilayah Sumatera Bagian Utara (bila jadi dilaksanakan), memerlukan bahan semai dalam jumlah banyak karena cakupan penyebaran asap sangat luas yaitu meliputi 2 propinsi. Oleh karena itu dibutuhkan pesawat terbang yang mempunyai kapasitas angkut yang besar. Berdasarkan pengalaman, pemadaman kebakaran hutan dan lahan yang dilaksanakan BPPT pada tahun 1997, 1998, dan 2001 pesawat yang digunakan adalah jenis Hercules yang mempunyai kapasitas angkut 10 – 12 ton.

Apabila TMC dioperasikan mengatasi masalah asap di wilayah Sumatera Bagian Utara, maka garis besar kegiatan yang diusulkan adalah sebagai berikut :

- Pesawat : 2 (dua) unit Hercules TNI-AU (1 untuk logistik dan 1 untuk operasi penyemaian).
- Pos Komando (Posko) : Pangkalan Udara TNI-AU Tabin di Padang Sumatera Barat.
- Posko Logistik : Pangkalan Udara TNI-AU Husein Sastranegara di Bandung.
- Pos Meteorologi (Posmet) : Dumai, Bengkalis dan Medan

Penggunaan pangkalan udara Tabin di Padang sebagai Posko semata-mata adalah untuk kelancaran penerbangan. Apabila Polonia di Medan dan Simpang Tiga di Pekanbaru digunakan sebagai Posko dikhawatirkan keduanya akan tertutup kabut asap sehingga penerbangan tidak dapat dilaksanakan. Posko Logistik ditempatkan di pangkalan udara Husein Bandung. Pertimbangan ini diambil karena di Husein Bandung terdapat Bengkel Pemeliharaan (Benghar) pesawat Hercules, sehingga apabila terjadi *trouble* pada pesawat penanganannya dapat dilakukan dengan cepat. Selain itu, lokasi kota Bandung yang dekat dengan kota Padalarang dimana bahan semai CaO diproduksi, akan mempermudah mobilitas angkutan bahan yang hanya membutuhkan waktu 0,5 – 1 jam untuk tiba di Husein Bandung, selanjutnya diterbangkan ke Posko di Tabin Padang.

7. Kesimpulan dan Saran

Kabut asap yang menyelimuti propinsi Sumatera Utara dan kota Medan bulan Maret 2002, berasal dari kebakaran hutan dan lahan di Kabupaten Bengkalis – Riau dan *Hot Spot* yang terindikasi di Kabupaten Labuhan Batu – Sumatera Utara. Penyebaran asap disebabkan oleh tiupan angin dari timur. Karena kondisi udara di lapisan atmosfer atas sangat stabil dan cenderung bergerak turun, maka angin di lapisan bawah dekat permukaan tidak mampu naik

pengunungan Bukit Barisan dan dipaksa berbelok ke utara menyusuri lereng timur Bukit Barisan, sehingga kabut asap terbawa ke Propinsi Sumatera Utara dan kota Medan.

Kemungkinan penerapan TMC untuk mengatasi kabut asap dan kebakaran hutan di wilayah Sumatera Bagian Utara (propinsi Riau dan Sumut), masih *favourable* dilaksanakan hingga bulan April 2002. Hal ini didasarkan pada kondisi pertumbuhan awan yang masih banyak terdapat di wilayah Sumatera Bagian Utara.

Disarankan agar penerbangan penyemaian banyak dilakukan pada siang hingga sore hari. Selain itu, bila memungkinkan, disarankan agar pelaksanaan TMC untuk mengatasi asap kebakaran hutan dan lahan ini dapat dilakukan serentak dengan penerapan TMC untuk mengisi waduk PLTA Danau Maninjau, Singkarak, dan Kotapanjang di Sumatera Barat yang pada waktu bersamaan tengah mengalami krisis air.

Daftar Pustaka

- "Laporan Survei Asap Kebakaran Hutan Di Wilayah Sumatera Bagian Utara 15-17 Maret 2002 Dalam Rangka Penjajakan Penerapan TMC-BPPT", UPT-HB, BPPT, 2002.
- Sitorus, B.Patar, "Pemanfaatan TMC-BPPT Untuk Antisipasi Bencana Iklim dan Cuaca Di Indonesia", Paper disampaikan dalam Panel dan Seminar PIT HAGI ke-27 tanggal 21-23 Oktober 2002 di Malang Jawa Timur, 2002.
- "Laporan Kegiatan Operasi Udara Penipisan Asap Di Sumatera dan Kalimantan September – Oktober 1997", UPT-HB, BPPT, 1997.
- "Harian Analisa", halaman 1, 10, dan 18, tanggal 15 Maret 2002, Medan.
- "Harian Waspada", halaman 1 dan 3, tanggal 15 Maret 2002, Medan.
- "Harian Kompas", halaman 18, tanggal 16 Maret 2002, Jakarta.

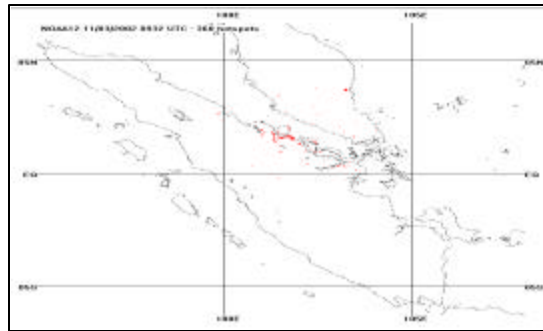
Data Penulis

Samsul Bahri, lahir 7 Agustus 1959 di Tanjungbalai Asahan (Sumut). Menamatkan pendidikan formal S1 bidang Geofisika dan Meteorologi, ITB Bandung (1986). Mulai bekerja di BPPT tahun 1987, dan menyelesaikan S2 bidang Remote Sensing di University of Dundee-Inggris (1991). Pengalaman sebagai "Flight Scientist" dalam operasi penerbangan Casa NC-212 versi Rain Maker untuk mengisi waduk PLTA di DAS Citarum, Kedung Ombo, Riam Kanan, Danau Maninjau; dan operasi penerbangan Hercules G-137 untuk mengatasi kebakaran hutan (1997, 1998, 2001), serta mengatasi banjir di DKI Jakarta (2002). Training yang pernah diikuti antara lain "The Advanced SPOT Satellite Training Course" di Jakarta (1988), "Warm dan Cold Clouds Seeding" di Thailand (1991), "Pengenalan Pesawat Casa NC-212/200" di Malang (1994), "Management Maintenance Course On Aircraft Model NC-212" di Bandung (1995), "Jet-Call Engine Analyzer" di Bandung (1996), "NG-212/200 Engineer Course" di Bandung (1999). Sejak tahun 2000-sekarang, menjabat Kepala Bidang Perencanaan dan Penunjang Pelaksanaan UPT Hujan Buatan BPPT, fungsional Peneliti Muda, Ketua Tim Monitoring Pemeliharaan dan Operasional 6 unit Pesawat Casa NC-212/200 BPPT, dan Anggota Dewan Redaksi "Jurnal STMC". Selain itu, sebagai Koordinator

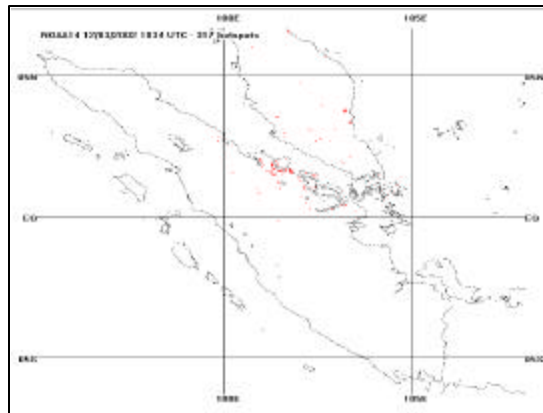
Tolok Ukur Peningkatan Kemampuan Mergatasi Banjir dengan Ground Based Generator di Proyek PPTKK-BPPT (2001-sekarang), Anggota Tim “Model ANFIS utk memprediksi banjir dan kekeringan” (2002 -sekarang), dan Anggota Tim Koordinasi “Perencanaan Kebijakan Nasional Penanggulangan Banjir” (2003). Menerima “Satya Lancana Wira Karya” dari Presiden RI (2002).

Lampiran

NOAA12 11/03/2002 0932 UTC-360 hotspot



NOAA14 12/03/2002 1034 UTC-317 hotspot



NOAA14 13/03/2002 1022 UTC-126 hotspot

