

PENERAPAN TEKNOLOGI MODIFIKASI CUACA (TMC) UNTUK MENGATASI KABUT ASAP AKIBAT KEBAKARAN LAHAN DAN HUTAN DI PROVINSI KALIMANTAN SELATAN OKTOBER 2012

Djazim Syaifullah

Abstract

The implementation of Weather Modification Technologies to cope with the disaster and smoke from forest fires in South Kalimantan has been done on 10 to 28 October 2012. The operation was supported by 1 (one) unit of CASA 212-200 aircraft and has a flight seeding for 18 times. The weather was influenced by synoptic and local factors. The weak phase on El Nino was occure until the end October, the existence of tropical cyclone resulting in the difficulty of potential cloud formations in target area. During the activites, rainfall occured almost every day at various places in the province of South Kalimantan with varying intensity. At the end of the activity the air condition tend to start to improve and the visibilityhas already reached approximately 8 kilometres from morning until noon.

Ilustrasi

Pelaksanaan Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) untuk mengatasi bencana asap akibat kebakaran lahan dan hutan di Provinsi Kalimantan Selatan telah dilakukan pada tanggal 10 sampai 28 Oktober 2012. Pelaksanaan operasi ini didukung oleh 1 (satu) unit pesawat CASA 212-200 dan telah melakukan penerbangan penyemaian selama 18 kali. Kondisi cuaca di Provinsi Kalimantan Selatan dipengaruhi oleh faktor global dan lokal. Elnino lemah berlangsung sepanjang awal hingga akhir bulan Oktober. Munculnya siklon tropis mengakibatkan sulitnya terbentuknya awan potensial di daerah target. Namun demikian selama kegiatan TMC, hujan terjadi hampir setiap hari di berbagai tempat di wilayah Provinsi Kalimantan Selatan dengan intensitas yang bervariasi, sehingga dapat digunakan untuk pembasahan tanah untuk mengurangi jumlah hotspot. Pada akhir kegiatan kondisi udara cenderung mulai membaik dilihat dari visibility sudah mencapai kurang lebih 8 kilometer dari pagi sampai siang hari.

Keywords : *Bencana asap, Kebakaran lahan dan hutan, TMC.*

1. PENDAHULUAN

Ancaman El-Nino tahun 2012 telah diperkirakan oleh Badan Meteorologi Dunia (WMO) dalam *press release*-nya, bahwa *El Nino* kemungkinan terjadi selama periode bulan Juli sampai dengan September tahun 2012. Hal ini diperkuat oleh pernyataan

Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), bahwa bulan Juli 2012 wilayah Indonesia sudah dalam fase *El Nino* lemah dan diprediksi akan meningkat sampai fase moderat hingga akhir tahun. Kondisi ini dapat menimbulkan ancaman kekeringan di sejumlah daerah. Dampak *El Nino* di Indonesia sudah mulai dirasakan di wilayah

Sumatera, Jawa dan Kalimantan sejak bulan Juli 2012, ditandai dengan munculnya titik panas (*hotspot*) dengan jumlah yang cukup tinggi.

Berdasarkan pemantauan *hotspot* dari data satelit *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), terhitung sejak tanggal 1 Januari 2012 sampai dengan tanggal akhir Agustus 2012 di wilayah Indonesia terpantau *hotspot* mencapai sekitar 21 ribu titik yang sebarannya terkonsentrasi di wilayah Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi.

Dengan memperhatikan pola historis kejadian *hotspot* di wilayah Kalimantan, yang biasanya mencapai puncaknya pada periode bulan Agustus, September dan Oktober, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) bekerjasama dengan Unit Pelaksana Teknis (UPT) Hujan Buatan – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) mengambil langkah antisipasi dengan melakukan operasi pemadaman kebakaran lahan dan hutan dari udara melalui pelaksanaan operasi penerapan Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) atau yang sering dikenal dengan istilah hujan buatan. Kerjasama ini tertuang dalam Nota Kesepahaman antara BNPB dengan BPPT Nomor: MoU.20A/SU/BNPB/VIII/2012 tentang Pemanfaatan Teknologi Modifikasi Cuaca (Hujan Buatan).

Secara regulasi, peranan TMC untuk mitigasi bencana kebakaran lahan dan hutan telah tertuang dalam Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2011 tentang Peningkatan Pengendalian Kebakaran Lahan dan hutan, dimana Presiden RI memberikan instruksi kepada Menteri Riset dan Teknologi untuk melakukan koordinasi dalam pemberian bantuan penanganan kebakaran lahan dan hutan dengan menggunakan teknologi pembuatan hujan buatan.

Tulisan ini memberikan kajian hasil pelaksanaan Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) untuk mengatasi asap akibat kebakaran lahan dan hutan di Provinsi Kalimantan Selatan yang dilaksanakan pada bulan Oktober 2012, selain kajian *hotspot* dan jarak pandang (*visibility*).

1.1. Konsep Teknologi Modifikasi Cuaca untuk Kebakaran Hutan

Teknologi Modifikasi Cuaca telah dikembangkan di Indonesia sejak tahun 1977 dan saat ini peranannya semakin dibutuhkan dalam mengatasi bencana yang disebabkan oleh iklim dan cuaca, seperti bencana kekeringan, banjir, dan kabut asap/kebakaran lahan dan hutan. Penerapan TMC untuk mengatasi kabut asap dan kebakaran lahan dan hutan sudah beberapa kali diterapkan di Indonesia seperti pada tahun 1997, 2001, 2003, 2005, 2006, 2009 dan 2011. Secara regulasi, peranan TMC untuk mitigasi bencana kebakaran lahan dan hutan telah tertuang dalam Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2011 tentang Peningkatan Pengendalian Kebakaran Lahan dan hutan, dimana Presiden RI memberikan instruksi kepada Menteri Riset dan Teknologi untuk melakukan koordinasi dalam pemberian bantuan penanganan kebakaran lahan dan hutan dengan menggunakan teknologi pembuatan hujan buatan.

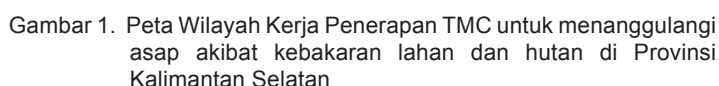
Teknologi Modifikasi Cuaca merupakan intervensi manusia pada proses pembentukan hujan di dalam awan. Dengan intervensi ini, proses di dalam awan akan menjadi lebih efisien daripada proses berjalan secara alami. Ini diperoleh melalui proses yang dikenal dengan tumbukan dan penggabungan antara tetes awan dengan partikel bahan semai yang telah berubah dari padatan menjadi cairan. Intervensi dilakukan dengan menginjektikan bahan yang disebut bahan semai (*seeding agent*) ke dalam awan. TMC memodifikasi proses tumbukan dan penggabungan butir air di dalam awan sehingga proses tumbukan dan penggabungan dapat dipercepat dengan menambahkan CCN (*Cloud Condensation Nuclei*) dalam bentuk garam halus (*superfine*) ke dalam awan yang akhirnya dapat meningkatkan intensitas curah hujan. Hujan yang turun di lokasi kebakaran dan sekitarnya diharapkan dapat membantu memadamkan sejumlah *hotspot* dan menipiskan kabut asap sehingga meningkatkan *visibility* (jarak pandang) yang sering mengganggu kesehatan

Pada lapisan tinggi, uap air pada udara yang lembab mengembun pada inti-kondensasi menjadi tetes awan yang sangat kecil dan kumpulannya terlihat sebagai bentuk awan. Secara alami, inti-kondensasi banyak terdapat di atmosfer. Melalui proses di dalam awan dan didukung oleh *entrainment* uap air yang terus menerus dari lingkungan di bawah dasar awan, maka awan berkembang menjadi besar membentuk awan hujan dan kemudian menghasilkan hujan.

Namun demikian kondisi atmosfer selalu berubah. Peluang munculnya awan hujan di dekat atau di atas daerah kebakaran hutan tetap ada, dan ini hanya bisa diketahui melalui pemantauan terus menerus kondisi atmosfer di sekitar target (sasaran). Bila di atas suatu daerah kebakaran, atmosfernya berubah

Selama periode pelaksanaan TMC, setiap harinya dilakukan pemantauan atmosfer untuk mengetahui kondisi keawanan di daerah target yaitu Kalimantan Selatan, serta kondisi atmosfer di sekitarnya sebelum dilakukan penyemaian awan. Selain itu, dilakukan juga pemantauan titik panas (*hotspot*) untuk mengetahui distribusi spasial gambaran kondisi kebakaran yang terjadi. Dengan diketahuinya kondisi awan dan distribusi spasial titik panas maka akan ditentukan prioritas lokasi penyemaian awan yaitu daerah yang mempunyai titik panas terbanyak dengan kondisi awan yang masih memungkinkan untuk dilakukan penyemaian.

Daerah sasaran (target operasi) adalah seluruh wilayah Provinsi Kalimantan Selatan, seperti yang tergambarkan dalam Gambar 1 berikut ini.



1.3. Kondisi Cuaca Daerah Target

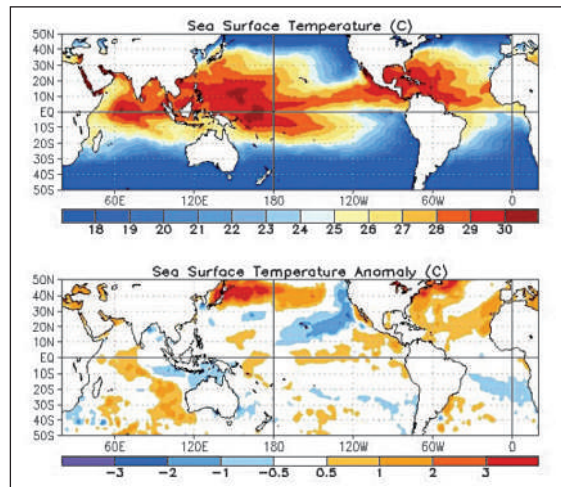
Kondisi cuaca global/regional yang dominan pengaruhnya selama periode kegiatan adalah adanya pengaruh IOD (*Indian Ocean Dipole*) positif yang berakibat kurangnya massa udara yang masuk ke wilayah Kalimantan Selatan. Massa udara dari Tenggara berasosiasi dengan minimnya pembentukan awan hujan di wilayah Kalimantan Selatan. Sedangkan massa udara yang datang dari Laut China Selatan dan Samudera Hindia berasosiasi dengan banyaknya pembentukan awan hujan di wilayah Kalimantan Selatan.

Faktor lain yang berpengaruh terhadap pembentukan awan hujan di wilayah Kalimantan selatan adalah fenomena ENSO (*El Nino Southern Oscillation*) dan MJO (*Madden Julian Oscillation*) serta gangguan tropis berupa depresi tropis (*tropical depression*) hingga siklon tropis (*tropical cyclon*) yang terjadi di Pasifik bagian Barat hingga Laut Cina Selatan maupun di Samudera Hindia sebelah barat Sumatera. Sirkulasi monsun Asia-Australia, Daerah Pertemuan Angin Antar Tropis atau *Inter Tropical Convergence Zone* (ITCZ) yang merupakan daerah pertumbuhan awan, serta kondisi suhu permukaan laut di sekitar wilayah Indonesia juga berpengaruh terhadap cuaca dan iklim di wilayah Sumatera Selatan.

Suhu muka laut pada bulan Oktober 2012 ditunjukkan pada Gambar 2. Suhu muka laut di wilayah Indonesia selama periode kegiatan TMC di Kalimantan selatan bervariasi antara 25°C hingga 32°C. Perairan Indonesia sekitar equator umumnya lebih hangat dibandingkan dengan di perairan sebelah selatan Jawa dan Nusa Tenggara. Suhu muka laut di Pasifik equator bagian tengah selama bulan September lebih tinggi daripada rata-ratanya. Di daerah NINO 3.4 anomali temperatur muka laut berkisar antara +0.5°C hingga +1°C. Kondisi ini menunjukkan bahwa selama bulan Oktober 2012 masih terjadi fenomena *El Nino* dengan intensitas lemah.

Perairan di sebelah Selatan Jawa hingga Tenggara Sumatera mengalami pendinginan dibandingkan dengan nilai rata-ratanya. Anomali negatif suhu muka laut di perairan

tersebut dijumpai selama bulan Oktober 2012 (Gambar 2 bawah), yang menyebabkan kurangnya aktivitas konveksi di wilayah Kalimantan selatan.

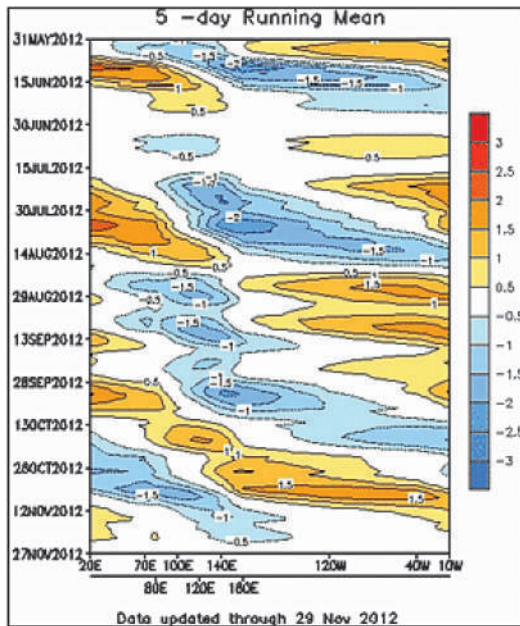


Gambar 2. Suhu muka laut (atas) dan anomali suhu muka laut (bawah) pada bulan Oktober 2012

Sementara fenomena MJO tidak menunjukkan adanya aktivitas konveksi di wilayah target. Pada Gambar 3, memperlihatkan plot bujur-waktu nilai *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) rata-rata 7,5 LS° - 7,5 LU° yang terjadi selama kegiatan TMC berlangsung.

Pada Gambar 3, anomali positif (warna biru) diasosiasikan dengan kondisi kering yang kurang menunjang presipitasi, sementara anomali negatif (warna kuning) diasosiasikan dengan sangat mendukung pembentukan presipitasi. Pada awal hingga akhir Oktober 2012 menunjukkan terjadinya fase kering di daerah. Fase basah mulai terlihat pada awal bulan November 2012.

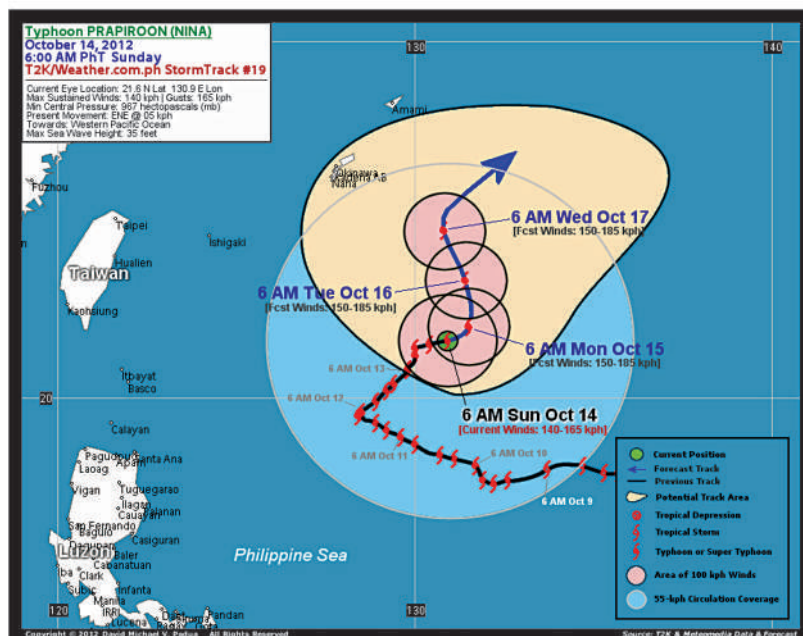
Kondisi regional yang cukup mengganggu adalah munculnya tekanan rendah seperti depresi tropis, badai tropis atau siklon tropis di sekitar wilayah Filipina, Samudera Pasifik Barat Laut dan Laut Cina Selatan. Selama kegiatan berlangsung tercatat beberapa kejadian gangguan tropis yang berpengaruh terhadap suplai massa udara di wilayah target. Munculnya Siklon tropis



Gambar 3. Plot bujur-waktu OLR rata-rata 7,5° LS - 7,5° LU

PRAPIROON/NINA (08 – 17 Oktober 2012) di sebelah Timur Laut Philipina di awal kegiatan juga mengurangi aktifitas keawanan di daerah target akibat tertariknya massa udara ke pusat siklon. Di akhir kegiatan TMC gangguan tropis masih ada dengan kemunculan Siklon tropis SON-THIN (24–26 Oktober 2012). Faktor topografi daerah target yang merupakan daerah yang relatif datar juga menyebabkan sulitnya dalam menghadang masa udara dan memaksanya naik ke level yang lebih tinggi. Gambar 4 berikut adalah salah satu contoh *track typhoon* dan prediksi beberapa hari ke depan.

Hingga akhir September 2012, posisi ITCZ masih berada di sekitar utara ekuator dan cenderung bergerak ke arah selatan mengikuti pergerakan tahunannya. Sedangkan kondisi suhu permukaan laut di sekitar Samudera Hindia sebelah barat Sumatra bagian Selatan hingga Selatan Jawa dengan anomali suhu berkisar -0.5°C s/d -2°C , berada di bawah nilai rata-rata atau normalnya. Sehingga pembentukan



Gambar 4. Track Siklon tropis PRAPIROON (NINA) yang terekam pada tanggal 14 Oktober 2012 dan prediksi ke depan, Nampak siklon tropis masih menguat sampai dengan akhir 17 Oktober

awan penghujan di Kalimantan selatan dengan kondisi ini umumnya sulit terbentuk.

Setelah memasuki bulan Oktober 2012, kondisi menjadi berubah dimana suhu permukaan laut di sekitar Samudera Hindia sebelah barat Sumatera Bagian Selatan hingga Selatan Jawa anomali suhunya mulai menghangat bahkan ada yang mencapai +1°C. Kondisi ini terus berfluktuatif sehingga memudahkan untuk terjadinya pembentukan awan-awan di Kalimantan Selatan secara lokal seiring hilangnya gangguan tropis.

2. PELAKSANAAN KEGIATAN

Selama pelaksanaan kegiatan TMC, Pos Komando (Posko) ditempatkan di Lanud Syamsudin Noor - Banjarbaru. Kegiatan mulai dilaksanakan sejak tanggal 10 Oktober 2012 dan berakhir pada tanggal 28 Oktober 2012. Secara umum kegiatan di posko adalah untuk mengkoordinasikan seluruh sarana dan prasarana kegiatan pendukung operasional TMC. Secara rinci kegiatan di Posko meliputi: penerimaan data, pengolahan dan analisis data, *briefing*, *loading* dan *unloading*, *flight plan* dan *manifest*, *boarding*, kegiatan penerbangan (perencanaan, realisasi dan

penentuan daerah target) dan pencucian pesawat.

Mengingat pertumbuhan awan di wilayah daerah target relatif lambat akibat adanya kabut asap, maka penerbangan pertama dilaksanakan sekitar jam 12.30 - 14.30 WITA. Penerbangan sorti kedua (jika ada) direncanakan sekitar jam 15.30 - 17.00 WITA. Penerbangan direncanakan 2 (dua) sorti setiap hari, namun realisasinya tergantung kondisi cuaca yang setiap saat selalu berubah. Daerah penyemaian dan lintasan pesawat saat melakukan penyemaian selalu direkam menggunakan alat navigasi GPS (*Global Positioning System*) yang dibawa oleh *Flight Scientist*. Pengoperasian GPS dimaksudkan untuk melihat tracking pesawat mulai *onboard*, saat melakukan penyemaian hingga pesawat kembali ke Posko, sehingga *route* dan manuver pesawat selama terbang terekam dengan baik. Pengoperasian GPS dilakukan oleh *Flight Scientist* selama penerbangan eksekusi.

Pesawat yang digunakan telah dimodifikasi yaitu semula sebagai versi pesawat penumpang (*Passenger Version*) dirubah menjadi versi pesawat penyemai awan (*Rain Maker Version*). Pesawat Casa 212 – 200 dengan nomor registrasi PK-TLH

Tabel 1. Rekapitulasi Pelaksanaan TMC untuk Penanggulangan Bencana Kabut Asap Akibat Kebakaran Lahan dan hutan di Provinsi Kalimantan selatan Tahun 2012. Periode Tanggal 10 s.d 28 Oktober 2012

Jumlah Sorti	Daerah Seeding	Total Bahan (Kg)	Jumlah <i>Hotspot</i> selama kegiatan
18	Kab. Pulang Pisau, Kota Baru, Tanah Laut, Banjar, Tarin, Barito Kuala Pangkuh, Kahayan, Sungai Kalih, Sungai Rangas, Mentawai, Bahaur Hilir. Kab. Barito Binuang, Rantau, Negara, Amuntai, Pamingsir dan Dadahup. Banjarmasin, Palingkau, Kanamit, Pulang Pisau dan Daun Bangau. Balatas, Pangalaman, Rantau Kujang, Putting, Banua Rantau, Barat Binuang, Kandangan, Puting Benua, Rantau, Baringin Balatas dan Binuang. Banjarmasin, Sungai Lutut, Martapura, Cempaka, Imban, Mandikapau, Tenggara Kintap, Imban, Kapuas, Mandomai dan Utara Dadahup. Binuang, Tjintapuri, Ebmin, Balangian Imban, Rantau Bujur, Martapura, Mandi, Kapau, Binuang, Imban, Cempaka dan Kintap	17.000	Tabalong (6), Balangan (10), Hulu Sungai Utara (3), Hulu Sungai Selatan (5), Tapin (6), Baritokoala (11), Tanah bumbu (16), Kotabaru (33), Tanah laut (22), Banjar (5), Banjarbaru (1)

ini telah mendapatkan sertifikat, sehingga tiap pesawat Casa 212-200 BPPT telah memiliki 2 (dua) buah *Certified of Airworthiness* (C of A), yaitu C of A untuk pesawat penumpang dan C of A untuk pesawat penyemaian awan.

Selama pelaksanaan kegiatan TMC di Provinsi Kalimantan Selatan, dari Posko Lanud Syamsudin Noor - Banjarbaru telah dilakukan 18 (delapan belas) kali penerbangan menggunakan pesawat Casa 212-200 dengan jumlah bahan semai sebanyak 17.000 kilogram. Realisasi penerbangan penyemaian awan di Provinsi Kalimantan selatan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan *route* penerbangannya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Akumulasi rute penyemaian awan di Provinsi Kalimantan Selatan selama pelaksanaan TMC 10 s.d 28 Oktober 2012

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kegiatan meliputi informasi kondisi titik panas (*hotspot*), kejadian hujan di daerah target, dan *visibility* di Kalimantan Selatan yang terjadi selama berlangsungnya kegiatan TMC. Data *hotspot* yang digunakan bersumber dari Departemen Kehutanan RI, sementara informasi kejadian hujan hanya berdasarkan data kualitatif yang berhasil terkumpul di Posko selama berlangsungnya kegiatan TMC serta dari data TRMM, sedangkan data *visibility* diperoleh dari stasiun BMKG Bandara Syamsuddin Noor Kalimantan Selatan.

3.1. Informasi *Hotspot* (Titik Panas)

3.1.1. Analisis Temporal *Hotspot*

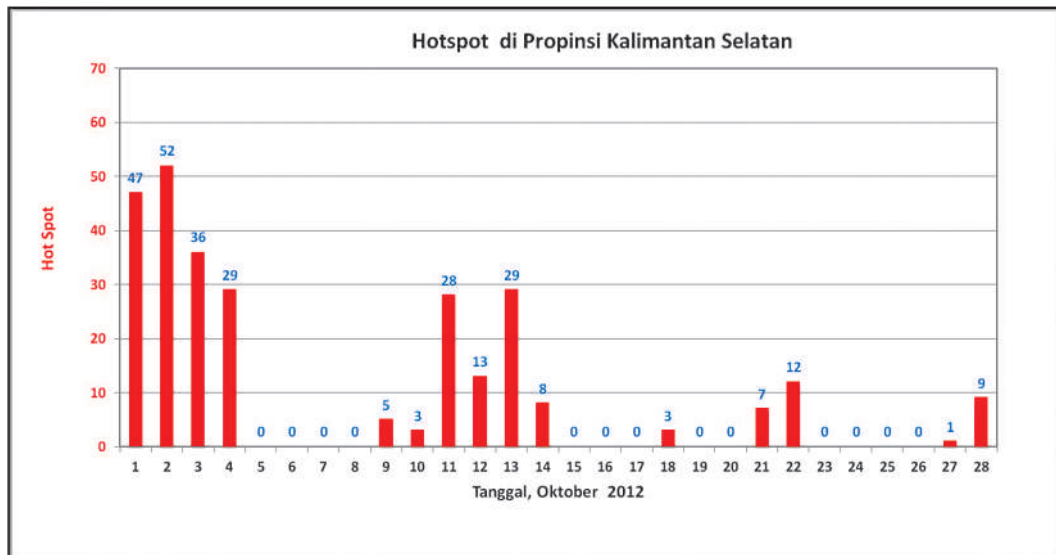
Selama periode pelaksanaan kegiatan TMC sejak 09 sd. 27 Oktober 2012, jumlah total *hotspot* di wilayah Provinsi Kalimantan Selatan berfluktuasi dengan jumlah maksimum 29 buah titik pada tanggal 13 Oktober 2012. Distribusi *hotspot* secara temporal selama periode pelaksanaan kegiatan TMC tersaji dalam Gambar 6.

Sebelum kegiatan TMC dimulai, keberadaan *hotspot* di Provinsi Kalimantan Selatan sudah cukup banyak jumlahnya yang diakibatkan oleh kurangnya curah hujan. Namun secara umum selama kegiatan TMC berlangsung jumlah *hotspot* berkurang cukup signifikan. Pada tanggal 15 sampai dengan 20 Oktober 2012 jumlah *hotspot* hampir dikatakan nihil, ini dikarenakan pada selang waktu tersebut curah hujan relatif merata di Provinsi Kalimantan Selatan.

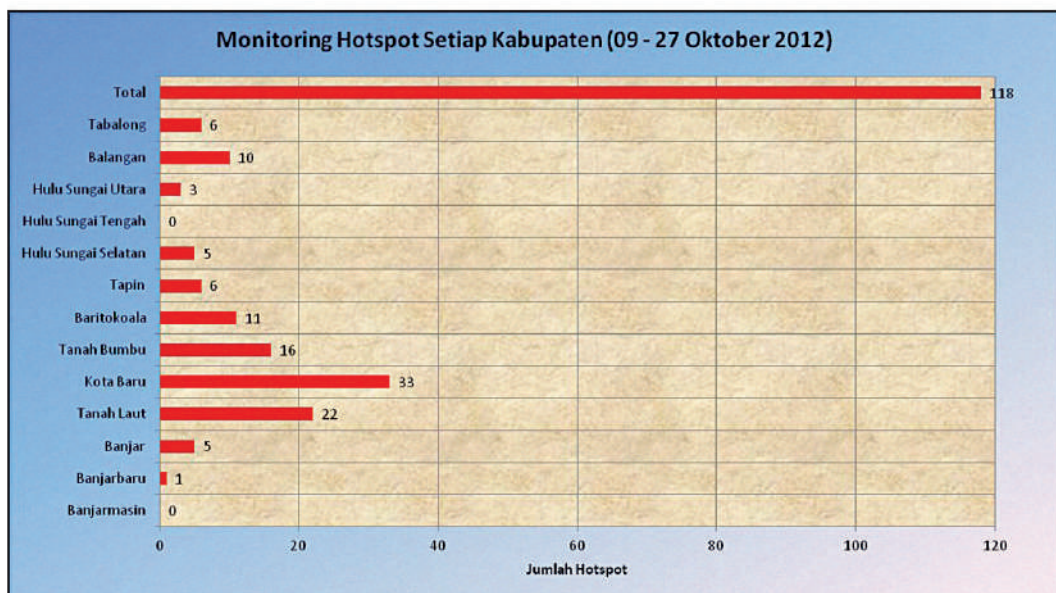
Mulai dasarian ketiga bulan Oktober 2012 kualitas udara sudah mulai membaik dilihat dari indikasi kondisi *visibility* Bandara Syamsudin Noor yang sudah mulai membaik pada pagi sampai siang, hal ini salah satunya disebabkan oleh akumulasi *hotspot* yang sudah mulai berkurang sejak tanggal 15 Oktober 2012.

Secara administratif, sebaran *hotspot* terjadi pada hampir semua kabupaten di wilayah Provinsi Kalimantan Selatan. Selama operasi TMC tanggal 09 sd. 27 Oktober 2012, di Kabupaten Kotabaru terdapat *hotspot* yang paling banyak (33 titik) disusul oleh Kabupaten Tanah Laut (22 titik), Kabupaten Tanah Bumbu (16 titik), Kabupaten Barito Kuala (11 titik), Kabupaten Balangan (10 titik), Kabupaten Tapin dan Tabalong (6 titik), Kabupaten Hulu Sungai Selatan dan Banjar (5 titik), Kabupaten Hulu Sungai Utara (3 titik) dan Kabupaten Banjarbaru (1 titik).

Jumlah *hotspot* per kabupaten di wilayah Kalimantan Selatan selama kegiatan TMC dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Fluktuasi Jumlah *Hotspot* di Provinsi Kalimantan Selatan periode 01– 28 Oktober 2012

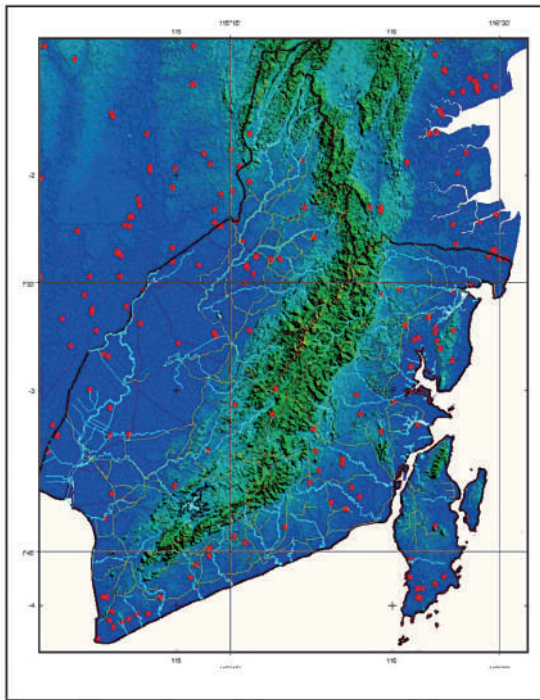


Gambar 7. Total keberadaan *hotspot* per Kabupaten di Provinsi Kalimantan Selatan, selama kegiatan TMC (09 – 27 Oktober 2012)

Kabupaten Tapin, Banjar dan Barito Kuala yang sebagian tanahnya berupa gambut dan posisinya dekat dengan kota Banjarmasin mempunyai pengaruh yang kuat terhadap kepekatan asap di kota Banjarmasin dan jarak pandang di bandara Syamsuddin Noor Banjarbaru.

3.1.2. Analisis Spasial *Hotspot*

Distribusi spasial *hotspot* di wilayah Provinsi Kalimantan Selatan secara umum selama periode kegiatan TMC dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Akumulasi Sebaran *Hotspot* di Provinsi Kalimantan Selatan Tanggal 09 sd. 27 Oktober 2012

Dari gambar tersebut terlihat bahwa sebaran *hotspot* selama kegiatan cukup merata baik di wilayah timur (daerah pegunungan dan pantai) maupun di wilayah barat (daerah gambut). Konsentrasi *hotspot* di wilayah Tapin, Barito Kuala, Hulu Sungai Selatan

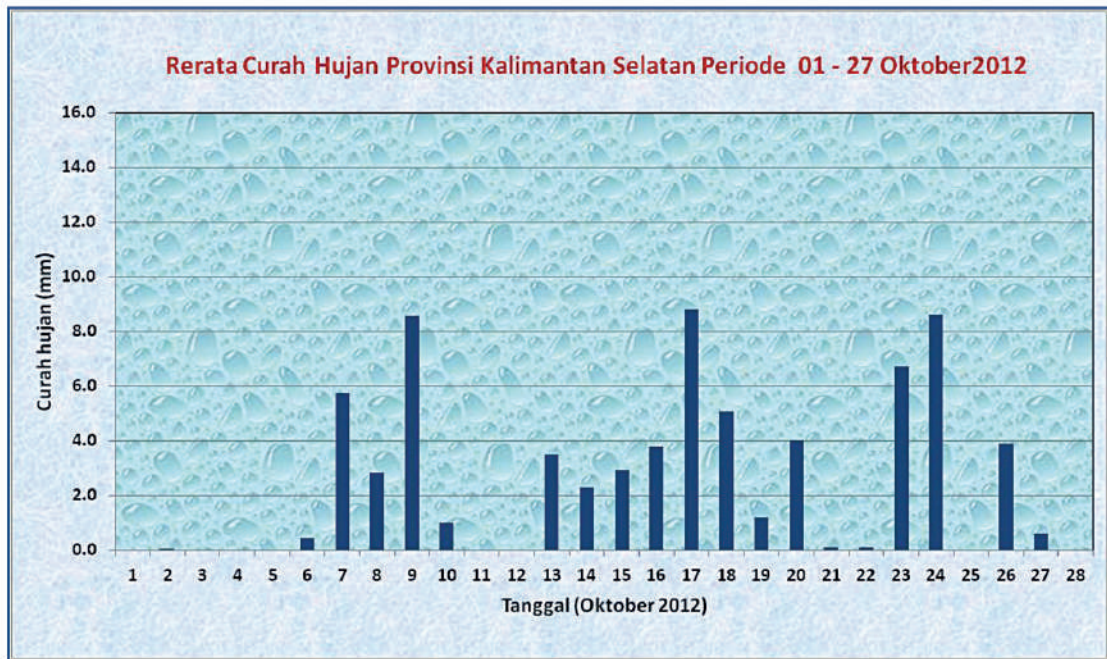
dan Hulu Sungai Tengah yang cukup merata diduga menyebabkan konsentrasi asap di kota Kalimantan Selatan cukup pekat pada saat saat tertentu. Hal ini dikarenakan daerah tersebut didominasi daerah gambut sehingga diperkirakan keberadaan *hotspot* dalam satu titik bisa bertahan relatif lebih lama. Sedangkan konsentrasi *hotspot* di Kabupaten Kotabaru dan Tanah Laut di wilayah Timut Provinsi Kalimantan Selatan yang sebagian besar berupa perbukitan, dari pengamatan selama kegiatan TMC tidak berlangsung lama tetapi berpindah tempat.

3.2. Informasi Hujan

Pengukuran curah hujan selalu dilakukan pada saat pelaksanaan kegiatan TMC untuk mengetahui hasil pelaksanaan TMC. Selain jumlah *hotspot*, *visibility*, data curah hujan merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam evaluasi kegiatan Teknologi Modifikasi Cuaca karena dengan adanya kejadian hujan diharapkan terjadi pengurangan kepekatan asap di atmosfer dan terjadi proses pembasahan permukaan tanah sehingga mengurangi potensi kebakaran lahan dan hutan.

3.2.1. Kejadian Hujan Wilayah Kalimantan Selatan

Informasi kejadian hujan selama kegiatan TMC di peroleh dari berbagai sumber. Pada saat dilakukan penerbangan penyemaian awan petugas *flight scientis* melakukan pengamatan dan pencatatan bila dijumpai adanya kejadian hujan. Selain itu informasi juga diperoleh dari masyarakat. Informasi yang diperoleh dari *flight scientis* dan masyarakat ini kita sebut sebagai informasi kejadian hujan secara kualitatif. Selain informasi kejadian hujan secara kualitatif, diperoleh juga informasi dari BMKG yang ini lebih akurat karena sudah merupakan hasil pengukuran. Selanjutnya informasi ini kita sebut sebagai kejadian hujan secara kuantitatif. Selama kegiatan dilakukan pencatatan informasi kejadian hujan kuantitatif



Gambar 9. Grafik curah hujan wilayah Kalimantan Selatan selama periode TMC
(sumber : BMKG, Kalimantan Selatan)

di stasiun penakar yang dikelola oleh stasiun klimatologi BMKG Banjarbaru Provinsi Kalimantan Selatan. Sebanyak 14 (empat belas) stasiun hujan yang tersebar di daerah Provinsi Kalimantan Selatan dan 5 (lima) buah penakar dari Pos Meteorologi (Posmet) dipakai dalam analisis ini. Perhitungan curah hujan dilakukan setiap hari mulai jam 00 UTC atau jam 07.00 pagi hari. Informasi curah hujan selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 9 dan Tabel 2.

Dari Gambar 9. dan Tabel 2. dapat dilihat bahwa sejak awal kegiatan (tanggal 09 Oktober 2012) sampai akhir kegiatan (tanggal 27 Oktober 2012) di wilayah Provinsi Kalimantan Selatan terjadi hujan dengan intensitas bervariasi dari ringan sampai sedang, kecuali pada tanggal 11, 12 dan 25 Oktober yang hampir tidak ada kejadian hujan di wilayah target. Rerata curah hujan di Provinsi Kalimantan Selatan selama operasi TMC sebesar 3.2 mm, sementara kejadian hujan tertinggi terjadi pada tanggal 26 Oktober 2012 sebesar 44.2 mm di stasiun Meteorologi

Syamsuddin Noor. Kejadian hujan juga terjadi di beberapa tempat lainnya seperti yang dilihat oleh *Flight Scientist* dari pesawat saat melaksanakan penyemaian awan, namun tidak diperoleh data kuantitatifnya karena keterbatasan stasiun curah hujan yang ada di daerah target. Kecilnya curah hujan rerata di Provinsi Kalimantan Selatan selama pelaksanaan TMC ini selain diakibatkan oleh pekatnya asap yang mengganggu pertumbuhan awan juga dikarenakan terlambat masuknya musim hujan di wilayah tersebut.

3.2.2. Informasi Spasial Curah Hujan

Informasi spasial curah hujan digunakan untuk melihat sebaran curah hujan di Provinsi Kalimantan Selatan. Selain dari stasiun klimatologi BMKG Provinsi Kalimantan Selatan, data curah hujan (prisipitasi) dapat diakses dari TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) di situs *website*. Salah satu kelebihan dari

Tabel 2. Rekapitulasi Curah Hujan Provinsi Kalimantan Selatan selama kegiatan TMC tanggal 01 – 28 Oktober 2012

No.	Kota / Kabupaten	OKTOBER																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	Muara Uya	0	0	0	0	0	0	10	0	14	0	0	0	3.5	0	0	0	2	1.5	0	0	0	0	31	8	0	0	0	0
2	Batu Mandi/Tb. Tulang	0	0	0	0	0	0	0	0	40.7	0	0	0	13	0	6	12	8	22	8	12	0	0	12	0	0	0	0	0
3	Angkinang/Bamban Selatan	0	0	0	0	0	0	2	2.5	30	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	1.5	12.5	0	0	3	5.5	0	0	1.5	0
4	SMPK Pantai Hambawang	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	0	0	2	0	ttu	0	0	0
5	Amuntai Tengah/Kebun Sari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	13	0.4	0	5.2	5	7.4	0	ttu	34.4	0.7	0	0	0	0
6	Stakim Banjarbaru	0	0	0	0	6.4	0	0	0	0	0	0	0	20.3	0	0.2	0.2	45	4.5	0	ttu	0	0	0	69	0	0	ttu	0
7	Banjarmasin Utara/Surgi Mufti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	11	1	0	3	1	1	0	0	0	ttu	7	0
8	Stamet Syamsudin Noor	0	0.9	0	0	0	0	2.3	4.4	0	0	0	0	14	0	0.5	1.8	30	30.5	0	1.3	0	0	0	0	44.2	0	0	0
9	Stamet Stagen	0	0	0	0	0	0.4	18	36.1	0	16	0	0	0	6	0	0	18	0	2	ttu	ttu	0	0	ttu	6.2	0	0	0
10	Kusan Hilir/Mudalang	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	5.5	3.1	0	ttu	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Tapin Utara/Rantau Kiwa	0	0	0	0	0	0	0	2.5	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
12	Simpang Empat/Batu Belian	0	0	0	0	0	0	59.5	0	0	0	0	0	0	0	2	3.5	3	3.5	0	0	0	0	ttu	0	0	0	0	0
13	SMPK Takisung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Kintap/Kebun Raya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.5	35	16.5	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	POSNET Prihari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ttu	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	POSNET Kandungan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	POSNET Batu Ucin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
18	POSNET Belangian	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0
19	POSNET Batu Bujur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RATA-RATA		0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	5.7	2.8	8.5	1.0	0.0	0.0	3.5	2.3	2.9	3.8	8.8	5.1	1.2	4.0	0.1	0.1	6.7	8.6	0.0	3.9	0.6	0.0

Sumber : BMKG Provinsi Kalimantan Selatan & BPPT

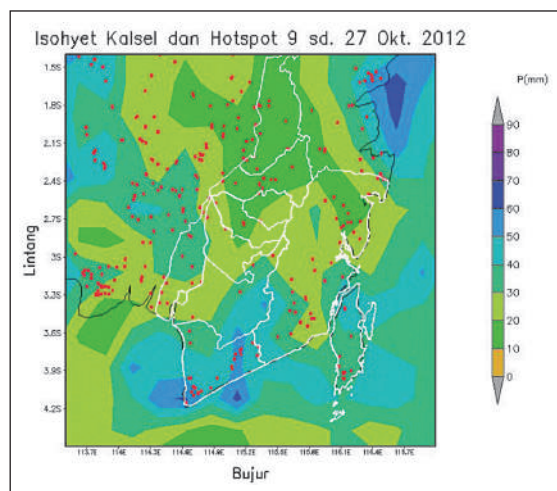
data TRMM adalah mempunyai nilai pada lokasi-lokasi yang tidak terukur oleh penakar hujan manual. Data TRMM tersedia dan dapat diunduh di situs (NASA) dalam format binary setiap tiga jam sekali, data yang dipakai dalam penelitian ini adalah data versi terakhir (level 3) yang mempunyai nilai presipitasi secara spasial dan telah tersedia secara *archieve* bisa diunduh dengan fasilitas *file transfer protocol* (ftp) di : <ftp://disc2.nascom.nasa.gov/data/TRMM/Gridded/3B42RT>.

Dengan melihat sebaran spasial dan keberadaan data curah hujan pengamatan yang tidak konsisten pada masing-masing stasiun di wilayah Kalimantan Selatan maka analisis spasial dilakukan menggunakan data TRMM. Peta sebaran curah hujan (*isohyet*) wilayah Kalimantan Selatan selama pelaksanaan TMC dari data TRMM disajikan pada Gambar 10.

Dari gambar di atas terlihat bahwa selama pelaksanaan TMC secara umum curah hujan di wilayah Kalimantan Selatan terkonsentrasi di bagian selatan dan menurun kearah utara. Pengaruh konvektivitas di Laut Jawa menyebabkan pertumbuhan awan di sekitar Kabupaten Tanah Laut lebih banyak dibandingkan di wilayah lain. Di bagian selatan (Kabupaten Tanah Laut dan bagian selatan Kabupaten Kotabaru) curah hujan mencapai 50 – 60 mm, sementara di Kabupaten Tabalong

curah hujan sekitar 10 – 20 mm.

Jumlah curah hujan yang relatif kurang di wilayah Provinsi Kalimantan Selatan ditambah dengan akumulasi *hotspot* yang banyak menyebabkan kabut asap yang cukup pekat pada hari-hari tertentu yang pengaruhnya sampai di kota Banjarmasin dan Bandara Syamsuddin Noor.



Gambar 10. Distribusi spasial curah hujan Provinsi Kalimantan Selatan dari data TRMM selama periode TMC (09 – 27 Oktober 2012). Titik-titik merah adalah distribusi *hotspot* untuk periode yang sama.

3.2.3. Jarak Pandang (*Visibility*)

Selama kegiatan TMC, pengamatan *visibility* bandara dilakukan oleh Stasiun Meteorologi Bandara Syamsuddin Noor Kalimantan Selatan. Pengamatan dilakukan setiap jam mulai jam 07.00 sampai dengan 17.00 WITA. Grafik *visibility* selama kegiatan operasi TMC selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 5.6.

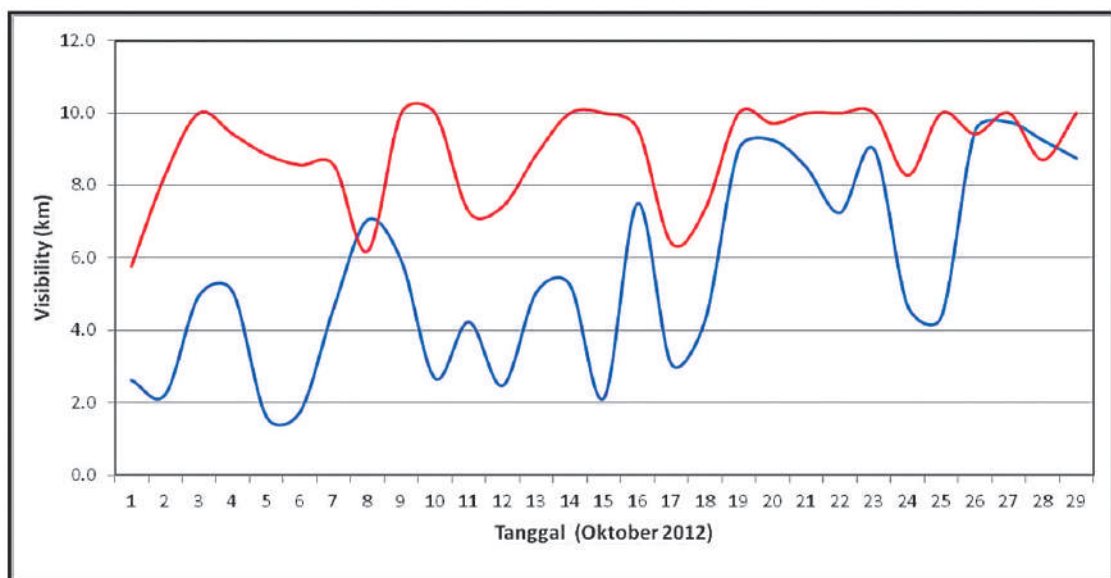
Pada gambar 11. garis warna biru menunjukkan rerata *visibility* antara jam 07.00 sampai dengan jam 10.00 WITA dimana pada pagi hari aktifitas konveksi ataupun dinamika atmosfer belum cukup kuat. Warna merah menunjukkan rerata *visibility* antara jam 11.00 sampai dengan jam 17.00 WITA dimana aktifitas konveksi sudah cukup kuat.

Secara umum dari gambar 5.6. nampak bahwa *visibility* pada pagi hari umumnya lebih pekat dibandingkan dengan siang hari. Pada awal kegiatan kondisi pagi hari relatif lebih pekat dengan jarak pandang antara 2 sampai 4 kilometer, pada siang harinya jarak pandang mulai membaik antara 8 sampai 10 kilometer.

Dari Gambar di atas juga menunjukkan bahwa setelah tanggal 19 Oktober 2012 (kecuali tanggal 24 Oktober 2012) kondisi udara cenderung mulai membaik dilihat dari *visibility* sudah mencapai kurang lebih 8 kilometer dari pagi sampai siang hari.

4. KESIMPULAN

Kondisi cuaca di Provinsi Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah dipengaruhi oleh gabungan dari berbagai faktor meteorologi seperti fenomena ENSO, MJO, siklon tropis, dan faktor lokal. *El Nino* lemah dan penjaralan MJO fase kering yang masuk ke wilayah Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah berlangsung sepanjang awal hingga akhir bulan Oktober. Selanjutnya mulai berubah menuju MJO fase basah pada awal bulan November 2012. Munculnya siklon tropis, seperti Jelawat yang berada di Laut China selatan mengakibatkan masa udara di daerah target bergerak menuju lokasi siklon tropis dan mengakibatkan sulitnya terbentuknya awan potensial di daerah target.



Gambar 11. Grafik rekapitulasi *visibility* di Bandara Syamsudin Noor tanggal 01 s.d. 29 Oktober 2012, warna biru adalah rerata jam 07.00-10.00 WITA; warna merah adalah rerata jam 11.00-17.00 WITA

Selama kegiatan TMC, hujan terjadi hampir setiap hari di berbagai tempat di wilayah Provinsi Kalimantan Selatan dengan intensitas yang bervariasi, sehingga dapat digunakan untuk pembasahan tanah untuk mengurangi jumlah *hotspot*.

Secara umum, kondisi *hotspot* selama kegiatan TMC mengalami penurunan dibandingkan dengan periode sebelum dilaksanakannya TMC (kecuali pada tanggal 11 dan 13 Oktober 2012). Penurunan ini diakibatkan oleh hujan yang terjadi selama kegiatan TMC di daerah target. Namun demikian fluktuasi jumlah *hotspot* yang terjadi akibat fluktuasi keberadaan awan dan aktifitas pembakaran lahan.

Pada akhir kegiatan kondisi udara cenderung mulai membaik dilihat dari *visibility* sudah mencapai kurang lebih 8 kilometer dari pagi sampai siang hari.

Kerjasama antara UPT Hujan Buatan BPPT dengan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) maupun Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) untuk penanganan bencana atmosfer (kabut asap) perlu terus ditingkatkan sehingga hasil teknologi modifikasi cuaca dapat lebih dirasakan oleh masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnston, A.G., C. F. Ropelewski, 1992: *Prediction of ENSO episodes using canonical correlation analysis*. J. Climate, 5, 1316-1345.
- Climate Prediction Center, El Nino – Southern Oscillation (ENSO), *Current Condition*, diakses : <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml#current>
- Direktorat Pengendalian Kebakaran Hutan, Direktorat Jenderal PHKA Kementerian Kehutanan, 2012. *Informasi Sebaran Hotspot*, <http://ditpkh-phka.dephut.go.id/>
- Djuric, D., 1994: *Weather Analysis*, Prentice-Hall Inc., 304 pp.
- Glickman, Todd S., 2000, *Glossary of Meteorology*, American Meteorological Society, Cambridge, Massachusetts.
- Matthew C. Wheeler and Harry H. Hendon, *An All-Season Real-Time Multivariate MJO Index: Development of an Index for Monitoring and Prediction*, American Meteorological Society, 2004.
- Misako K, 2012, *Overview of Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP)*, Japan Pavilion on 6th World Water Forum.
- NOAA, 2012, *ENSO : Recent Evolution, Current Status and Prediction*. Diakses: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web.pdf
- National Center for Atmospheric Research (NCAR), 2000
- Rogers, R. R., 1979. *A Short Course in Cloud Physics*, 2nd Edition, Pergamon Press.
- Salby, Murry L, 1996, *Fundamentals of atmospheric physics*, Volume 61, Academic Press, San Diego.
- UPT Hujan Buatan, *Laporan Hasil Kegiatan Pemanfaatan Teknologi Modifikasi Cuaca Untuk Menanggulangi Bencana Asap Kebakaran Hutan dan Lahan di Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 2012*. Jakarta, 2012.
- World Meteorological Organization, *El Nino/ La Nina Updated*, June 2012.