

# **KAJIAN DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP KEBAKARAN HUTAN DAN DEFORESTASI DI PROVINSI KALIMANTAN BARAT**

**Nanin Anggraini dan Bambang Trisakti**  
Peneliti PUSFATJA, LAPAN  
e-mail: nanin\_rain@yahoo.com

## **ABSTRACT**

Increasing or decreasing of rainfall intensity, due to the climate change, affects the environment condition in many Indonesia areas. For instance: low rainfall intensity causes high number of forest fire occurrence in Kalimantan Island. The impact of climate change is studied by analyzing the correlation among rainfall intensity, number of forest fire occurrence and forest area change in West Kalimantan Province. The rainfall is extracted using Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM) data for 2001- 2008. The number of forest fire occurrence is identified by the number of *hotspot* extracted from thermal sensor of satellite data MODIS for 2001 - 2008. The forest area is calculated from MODIS data for 2003, 2005, 2007 and 2009. Pixel which has Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) value more than 0,7 along a year round is assumed as forest pixel. The NDVI value is obtained by doing training sample in forest area. The result shows that the rainfall has slightly upward trend in Kalimantan. The rainfall has negative correlation with the number of *hotspot*. When the rainfall was the lowest and the number of *hotspot* was the highest in 2004, the forest area between 2003 and 2005 decreased (deforestation) significantly. On the other hand, when the rainfall was high and the *hotspot* was low in 2008, no decreasing in forest area otherwise we found the increasing of forest area. It is probably due to reforestation and expansion of plantation area (such as oil palm).

Keywords: *Rainfall, Climate change, Forest area, Hotspot, NDVI*

## **ABSTRAK**

Perubahan iklim telah mempengaruhi peningkatan dan penurunan intensitas curah hujan sehingga mempengaruhi kondisi lingkungan di Indonesia. Sebagai contoh: intensitas curah hujan yang rendah menyebabkan tingginya kejadian kebakaran hutan di Pulau Kalimantan. Dampak perubahan iklim ini dikaji dengan melakukan korelasi antara intensitas curah hujan, jumlah kejadian kebakaran hutan, dan perubahan kawasan hutan di Provinsi Kalimantan Barat. Curah hujan diekstraksi dengan menggunakan data *Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM)* untuk tahun 2001-2008. Jumlah kejadian kebakaran hutan diidentifikasi dengan jumlah *hotspot* yang diekstrak dari sensor termal dari data satelit MODIS tahun 2001-2008. Kawasan hutan dihitung dari data MODIS untuk tahun 2003, 2005, 2007 dan 2009. Pixel yang memiliki nilai *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* lebih dari 0,7 sepanjang tahun diasumsikan sebagai pixel hutan. Besarnya nilai NDVI tersebut diperoleh dengan melakukan pengambilan sampel piksel di kawasan hutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan di wilayah Kalimantan Barat selama periode 2001-2008 mempunyai tren yang sedikit meningkat. Curah hujan berbanding terbalik dengan jumlah *hotspot*. Ketika curah hujan rendah dan jumlah *hotspot* tertinggi pada tahun 2004, terpantau adanya penurunan luasan hutan (Deforestasi) secara signifikan antara tahun 2003 dan 2005. Tetapi ketika curah hujan tinggi dan *hotspot* rendah pada tahun 2008, tidak terpantau adanya penurunan bahkan sebaliknya terlihat adanya penambahan luasan hutan. Hal ini diperkirakan karena reforestasi dan perluasan areal perkebunan (seperti kelapa sawit).

Kata kunci: *Curah hujan, Perubahan iklim, Wilayah hutan, Hotspot, NDVI*

## 1 PENDAHULUAN

Perubahan iklim memberikan dampak terhadap berbagai sektor yang terkait dengan kehidupan masyarakat. Dampak perubahan iklim dirasakan pada sektor perikanan, kelautan, pertanian, kehutanan, kesehatan, lingkungan, sumber daya air, dan banyak lainnya. Dampak yang paling ekstrim dari perubahan iklim adalah terjadinya kenaikan temperatur serta terjadinya pergeseran musim ([http:// iklim. dirgantara-lapan.or.id/](http://iklim.dirgantara-lapan.or.id/)). Salah satu dampak nyata dari perubahan iklim terhadap sektor kehutanan adalah bencana kebakaran hutan yang diakibatkan oleh terjadinya cuaca panas dan curah hujan yang kurang. Pada kurun waktu 1997-1998, Indonesia mengalami kebakaran hutan yang sangat parah sebagai akibat berubahnya karakter gejala alam El-Nino yang menjadi lebih sering.

Hutan merupakan sumberdaya alam yang tidak ternilai karena didalamnya terkandung keanekaragaman hayati sebagai sumber plasma nutfah, sumber hasil hutan kayu dan non-kayu, pengatur tata air, pencegah banjir dan erosi serta kesuburan tanah, perlindungan alam hayati untuk kepentingan ilmu pengetahuan, kebudayaan, rekreasi, pariwisata, dan sebagainya. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk pencegahan dan perlindungan dari kebakaran hutan. Dampak negatif yang ditimbulkan oleh kebakaran hutan cukup besar mencakup kerusakan ekologis, menurunnya keanekaragaman hayati, merosotnya nilai ekonomi hutan dan produktivitas tanah, perubahan iklim mikro maupun global, dan asapnya mengganggu kesehatan masyarakat serta mengganggu transportasi baik darat, sungai, danau, laut dan udara. Salah satu upaya untuk mengurangi kebakaran hutan adalah dengan

melakukan kegiatan monitoring kejadian kebakaran dan melakukan pemetaan luasan hutan secara berkala untuk melihat distribusi dan perubahan luasan hutan akibat terjadinya kebakaran hutan.

Teknologi satelit penginderaan jauh dapat digunakan untuk melakukan pemantauan curah hujan, kebakaran dan perubahan luas hutan, karena teknologi ini mempunyai kemampuan resolusi temporal yang relatif cepat sehingga dapat memberikan informasi permukaan Bumi secara terus menerus. Salah satu sensor satelit yang digunakan untuk monitoring permukaan Bumi adalah *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). MODIS merupakan sensor yang terdapat pada satelit Terra (EOS AM-1), yang diluncurkan pada 18 Desember 1999 dan Aqua (EOS PM-1) yang diluncurkan pada 4 Mei 2002. MODIS merekam permukaan Bumi setiap hari dengan lebar cakupan wilayah 2330 km dan menggunakan 36 spektral band. Banyaknya jumlah band membuat Data MODIS dapat digunakan untuk mengamati temperatur permukaan samudera dan daratan, tutupan permukaan daratan, kualitas air, awan, aerosol, uap air dan berbagai manfaat lainnya. Pemanfaatan data MODIS untuk memantau perubahan lahan dan kebakaran hutan telah banyak dilakukan (Suwarsono et al., 2009; Cassanova et al., 2004).

Satelit penginderaan jauh yang digunakan untuk memonitor potensi curah hujan adalah satelit *Tropical Rainfall Measurement Mission* (TRMM) (Kidder dan Vonder Haar, 1995). TRMM merupakan misi kerjasama antara NASA dan *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) dalam memantau dan mempelajari curah hujan di wilayah tropik. TRMM diluncurkan pada tanggal 28 November 1997 pada ketinggian 403 km, dan dapat memantau permukaan Bumi wilayah tropik (50°LU–50°LS) sebanyak

16 kali sehari setiap 92.5 menit dengan resolusi spasial  $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ . Berbagai penelitian TRMM untuk penurunan curah hujan, analisis perubahan iklim dan validasi data telah banyak dilakukan oleh banyak peneliti (Orbita et al., 2009; Yokoyama et al., 2008; Heymsfield et al., 2000; Nesbitt et al., 2005). Produk data TRMM dapat diakses melalui website Goddard Space Flight Center NASA (GSFC NASA) di <http://trmm.gsfc.nasa.gov> serta website Earth Observation Research Center JAXA (EORC) di [http://www.eorc.jaxa.jp/TRMM/index\\_e.htm](http://www.eorc.jaxa.jp/TRMM/index_e.htm).

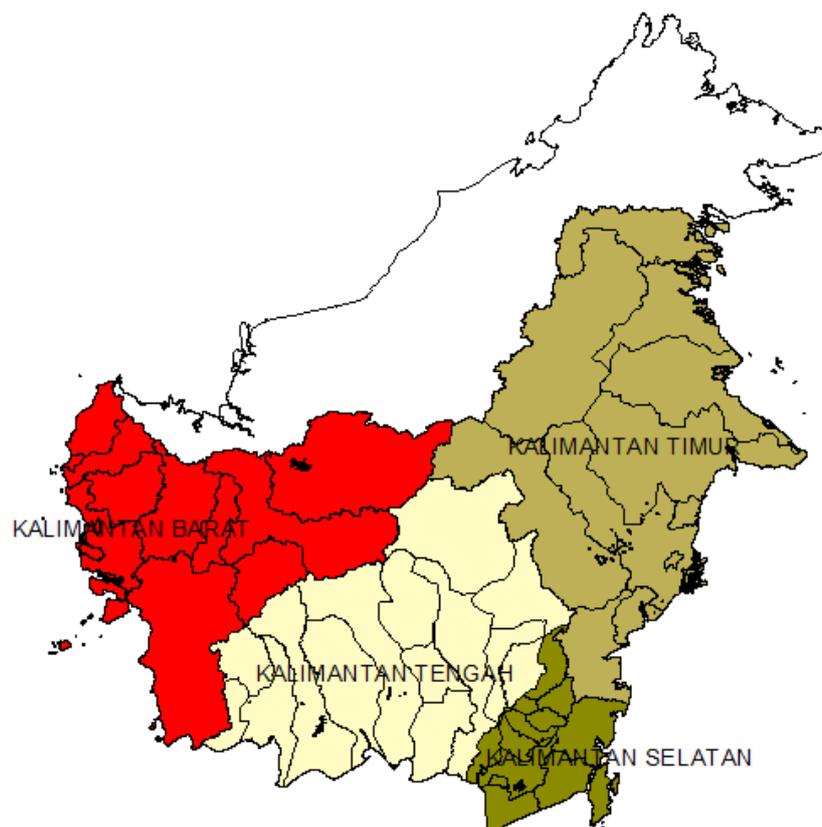
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak perubahan iklim terhadap kebakaran hutan dan luas kawasan hutan di wilayah Kalimantan Barat, dengan cara melakukan korelasi antara intensitas curah hujan, jumlah kejadian kebakaran hutan dan perubahan luasan hutan berdasarkan data satelit penginderaan jauh pada periode 2001-2008. Ekstraksi curah

hujan data TRMM dilakukan untuk mengetahui fluktuasi curah hujan, data *hotspot* (titik panas) diturunkan dari data MODIS pada periode waktu yang sama. Selanjutnya perubahan luasan kawasan hutan dari tahun ke tahun dianalisis berdasarkan perubahan dari nilai NDVI MODIS 8 harian.

## 2 METODE

### 2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang menjadi area kajian adalah Provinsi Kalimantan Barat (Gambar 2-1). Kalimantan Barat secara geografis terletak pada  $3^{\circ} 20' \text{ LS} - 2^{\circ} 30' \text{ LU}$  dan  $107^{\circ} 40' - 114^{\circ} 30' \text{ BT}$  dengan batas administrasi sebelah utara: Serawak, selatan: Laut Jawa, barat: Laut Natuna, Selat Karimata, dan Samudra Pasifik, dan sebelah timur berbatasan dengan Provinsi Kalimantan Timur dan Kalimantan Tengah. Daerah ini sering mengalami kejadian kebakaran hutan dan mempunyai luasan hutan yang cukup besar.



Gambar 2-1: Lokasi Provinsi Kalimantan Barat (warna merah)

## 2.2 Data

Data yang digunakan adalah:

- Data curah hujan resolusi spasial 27 km yang diekstraksi dari TRMM tahun 2001 – 2008,
- Data *hotspot* 2001-2008 yang diperoleh dari data MODIS.
- Data NDVI MODIS 8 harian resolusi spasial 250 m tahun 2003, 2005, 2007, dan 2009
- Batas Administrasi dari Bakosurtanal tahun 2008

## 2.3 Metodologi

Metode kegiatan dibagi menjadi 3 tahap, yaitu: ekstraksi data curah hujan, identifikasi *hotspot*, dan identifikasi perubahan vegetasi. Secara detail dijelaskan sebagai berikut:

- Ekstraksi potensi curah hujan  
Koreksi geometrik dilakukan terhadap data TRMM sehingga sesuai dengan koordinat sebenarnya. Koreksi dilakukan dengan memasukkan nilai koordinat 4 titik sudut yang terdapat pada header data. Selanjutnya melakukan tumpang susun seluruh data TRMM bulanan selama periode 2001-2008, dan menyimpannya menjadi satu file. Nilai piksel setiap data TRMM bulanan merupakan nilai akumulasi potensi curah hujan bulanan dengan satuan mm. Tahap berikutnya adalah melakukan ekstraksi nilai rata-rata curah hujan untuk wilayah Kalimantan Barat dengan melakukan tumpang susun batas wilayah dengan data curah hujan, dan melakukan perhitungan rata-rata curah hujan bulanan selama periode tahun 2001-2008.

### • Identifikasi *Hotspot*

Data satelit yang digunakan untuk identifikasi titik kebakaran hutan adalah data MODIS. MODIS mempunyai sensor termal yang mampu menangkap energi panas dari gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh permukaan Bumi, Sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi adanya titik panas (*hotspot*) di areal kebakaran hutan dimana suhunya relatif panas dibandingkan dengan daerah yang tidak terbakar. Data *hotspot* diturunkan dari data MODIS dan diakumulasi sehingga diperoleh data *hotspot* bulanan dari tahun 2001-2008. Proses selanjutnya yaitu melakukan *overlay* antara data *hotspot* dengan poligon batas wilayah Provinsi Kalimantan Barat sehingga diperoleh distribusi *hotspot* di wilayah tersebut. Distribusi *hotspot* ini akan dikorelasikan dengan data curah hujan pada periode yang sama untuk melihat pengaruh intensitas curah hujan terhadap jumlah kejadian *hotspot* di wilayah Kalimantan Barat. Informasi *hotspot* selama periode 2001-2008 diperoleh dari Bidang Lingkungan dan Mitigasi Bencana (LMB) – LAPAN.

### • Identifikasi perubahan vegetasi

Tahap awal dari proses ini adalah pengumpulan data MODIS 8 harian yang relatif bersih awan untuk setiap bulan selama tahun 2003, 2005, 2007, dan 2009. Contoh citra MODIS 8 harian yang relatif bersih diperlihatkan pada Gambar 2-2. Awan menjadi kendala utama untuk data MODIS, karena pada umumnya data MODIS yang 100% bebas mempunyai tutupan awan yang tinggi. Setiap tahun terdapat 12 data MODIS sehingga total data yang digunakan selama 4 tahun adalah 48 data MODIS.



Gambar 2-2: Contoh data MODIS yang digunakan untuk bulan Agustus 2009

Untuk mendapatkan informasi luas hutan dari data MODIS digunakan indikator nilai NDVI pada nilai tertentu yang relatif tidak berubah selama setahun. Tahapan proses pengolahan adalah: melakukan penghilangan awan (dengan rasio band merah/inframerah) dan penurunan nilai NDVI dengan menggunakan rumus dibawah:

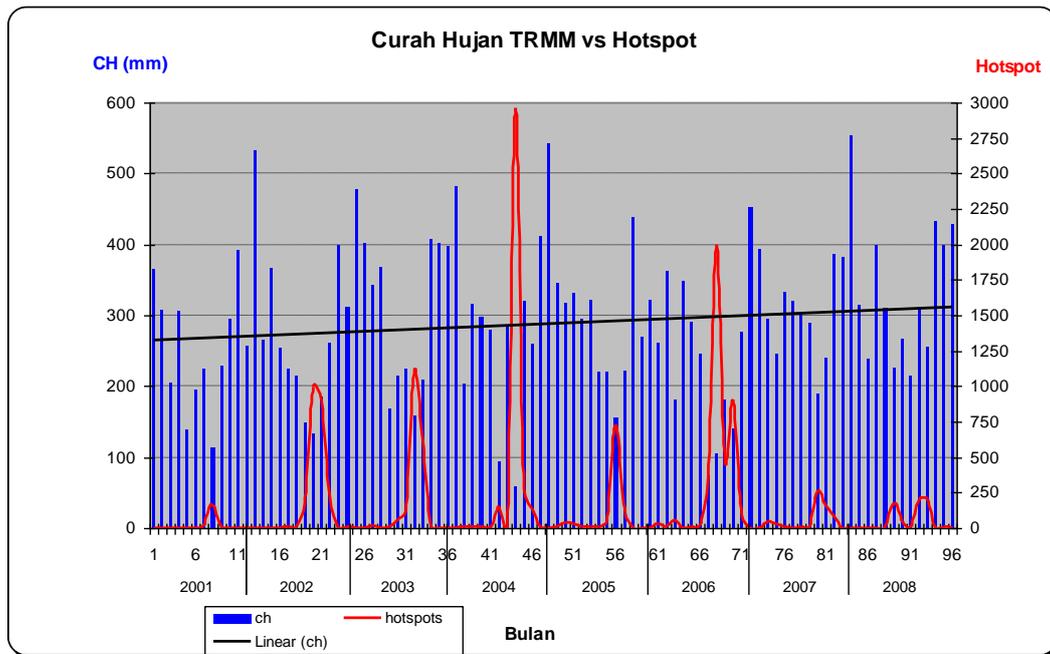
$$NDVI = (NIR-Red)/(NIR+Red)$$

Penurunan nilai NDVI dilakukan untuk setiap citra MODIS sehingga diperoleh citra NDVI setiap bulan yang bebas awan. Selanjutnya melakukan identifikasi piksel vegetasi yang diasumsikan sebagai hutan (Vegetasi dihitung dengan menentukan piksel dengan nilai NDVI > 0,7 untuk setiap bulan, sehingga diperoleh vegetasi yang tetap hijau sepanjang tahun. Vegetasi inilah yang kemudian diidentifikasi sebagai hutan). Setelah melakukan identifikasi hutan untuk setiap tahun, kemudian dilakukan perhitungan luasan untuk tahun 2003, 2005, 2007 dan 2009.

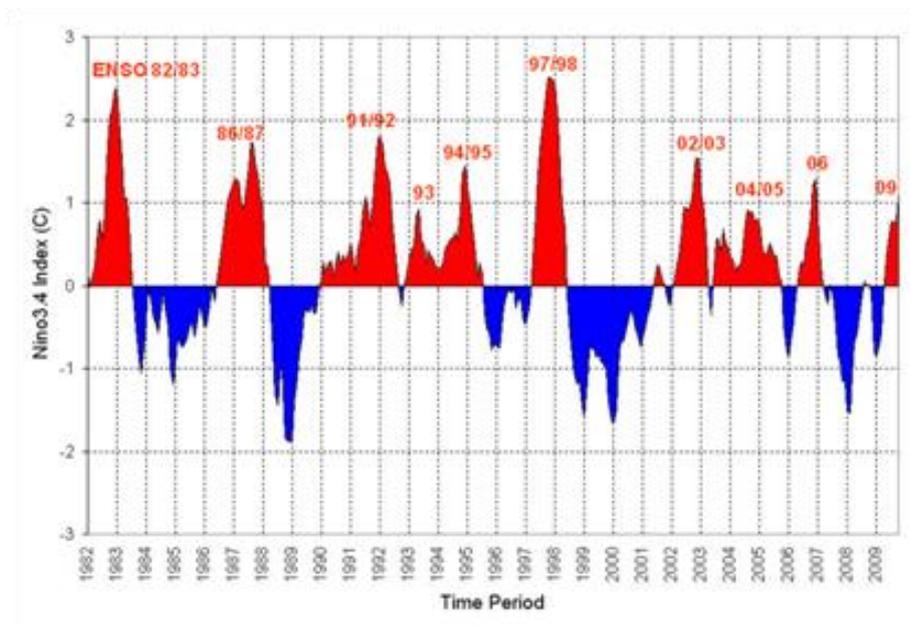
### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi curah hujan dan kejadian hotspot pada periode 2001-2008 di Provinsi Kalimantan Barat diperlihatkan pada Gambar 2-3. Curah hujan ditampilkan dengan grafik garis berwarna biru, sedangkan hotspot dengan grafik garis berwarna merah. Curah hujan di Kalimantan Barat cukup tinggi yang mencapai maksimum sekitar 500 mm/bulan, curah hujan terendah diatas 100 mm/bulan, dan curah hujan rata-rata 289 mm/tahun. Pada periode bulan Oktober – April, curah hujan di Kalimantan Barat selalu tinggi di atas 200 mm/bulan. Sedangkan pada periode bulan April – Oktober, kondisi curah hujan di wilayah ini sangat dipengaruhi oleh fenomena *El Nino* dan *La Nina* (Gambar 2-4).

Fenomena *El Nino* disebabkan karena suhu permukaan laut di wilayah Pasifik lebih tinggi dibandingkan suhu permukaan laut di perairan Indonesia sehingga mengakibatkan rendahnya intensitas hujan di wilayah Indonesia, sedangkan fenomena *La Nina* adalah kebalikan dari *El Nino*. Semakin tinggi nilai indek Nino 3,4 maka semakin tinggi intensitas *El Nino*, sedangkan semakin rendah nilai indek Nino 3,4 maka semakin tinggi intensitas *La Nina* yang terjadi. Saat kondisi *El Nino* tahun 2004, curah hujan di Kalimantan Barat cukup rendah terutama di bulan Agustus yang hanya mencapai 58 mm. Begitu juga saat *El Nino* tahun 2006, curah hujan terendah terjadi pada bulan Juli sebesar 75 mm. Tetapi saat kondisi *La Nina* pada tahun 2007 dan 2008, curah hujan terendah berkisar 200 mm. Bahkan pada bulan Desember, curah hujan mencapai 554 mm. Secara umum curah hujan di wilayah Kalimantan Barat selama periode 2001-2008 memperlihatkan tren yang sedikit meningkat (garis hitam).



Gambar 2-3: Distribusi curah hujan (biru) dan jumlah kejadian *hotspot* (merah) periode 2001-2008



Gambar 2-4: Kejadian *El Nino* (merah) dan *La Nina* (biru) selama periode 1982-2009

Tinggi rendahnya intensitas curah hujan berpengaruh pada jumlah kejadian kebakaran yang diidentifikasi dengan adanya *hotspot* (Gambar 2-3). Semakin rendahnya intensitas curah hujan semakin meningkatnya jumlah *hotspot* yang terjadi, begitu juga sebaliknya. Kejadian *hotspot* umumnya terjadi pada musim-musim kering, yaitu pada bulan Agustus dan September. Hal ini diperkirakan karena terjadinya pembakaran yang dilakukan untuk

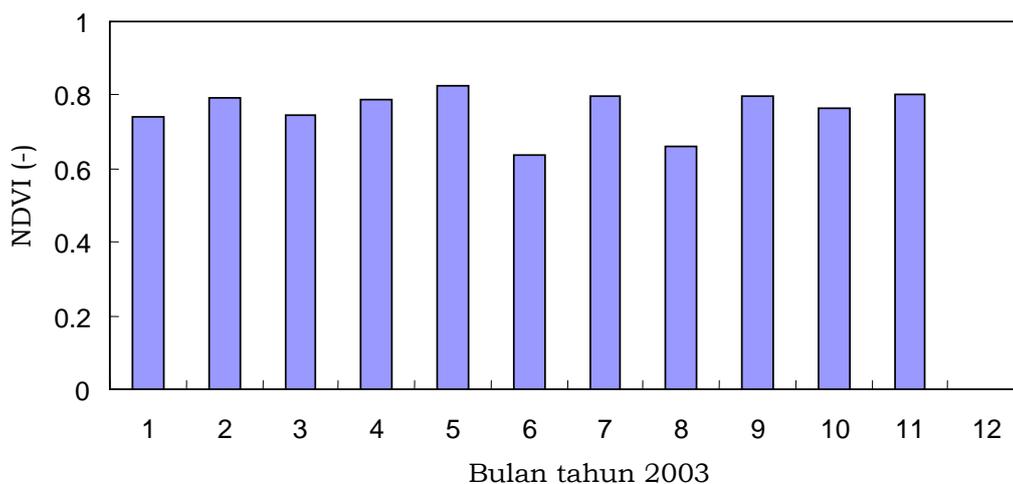
pembukaan lahan hutan menjadi perkebunan dan sawah, selain itu juga karena kebakaran alami. Analisis lebih lanjut memperlihatkan bahwa kejadian *El Nino* dan *La Nina* dalam kurun waktu 2001-2008, mempengaruhi intensitas curah hujan dan kejadian kebakaran hutan di wilayah Kalimantan Barat. Hal ini terlihat jelas pada saat *El Nino* terjadi (tahun 2004, dan 2006) maka curah hujan berkurang dan jumlah kejadian *hotspot* tertinggi dalam setahun meningkat

(tahun 2004: 2957 kejadian, tahun 2006: 1993 kejadian), sedangkan pada saat La Nina (tahun 2007 dan 2008) maka curah hujan meningkat dan jumlah kejadian *hotspot* tertinggi dalam setahun berkurang signifikan (kurang dari 250 kejadian).

Untuk mengkaji pengaruh kejadian kebakaran hutan terhadap kondisi hutan, maka dilakukan pemantauan luasan hutan dengan menggunakan data MODIS bulanan. Berdasarkan kejadian *hotspot* tertinggi dan terendah pada periode 2001-2008, maka pemantauan luasan hutan dilakukan antara 2003 dan 2005 untuk melihat perubahan luasan hutan akibat kejadian *hotspot* yang sangat tinggi (tahun 2004), serta pemantauan luasan hutan antara 2007 dan 2009 untuk melihat akibat kejadian *hotspot* yang rendah (*hotspot* 2008). Luasan hutan dihitung dengan melakukan identifikasi piksel-piksel yang diasumsikan sebagai piksel hutan. Untuk mengidentifikasi piksel hutan diperlukan indeks kehijauan seperti NDVI, karena NDVI yang tinggi mengindikasikan adanya kondisi tutupan vegetasi di permukaan Bumi. Gambar 2-5 memperlihatkan perubahan rata-rata nilai NDVI setiap bulan untuk piksel-piksel wilayah hutan. Sampel diambil dari 10 lokasi wilayah

hutan yang tersebar di Kalimantan Barat. Berdasarkan hasil tersebut, hutan mempunyai nilai NDVI yang relatif tidak berubah sepanjang tahun dengan nilai NDVI berkisar atau lebih besar dari 0,7. Oleh karena itu pada penelitian ini piksel dengan nilai NDVI > 0,7 sepanjang tahun diasumsikan sebagai hutan.

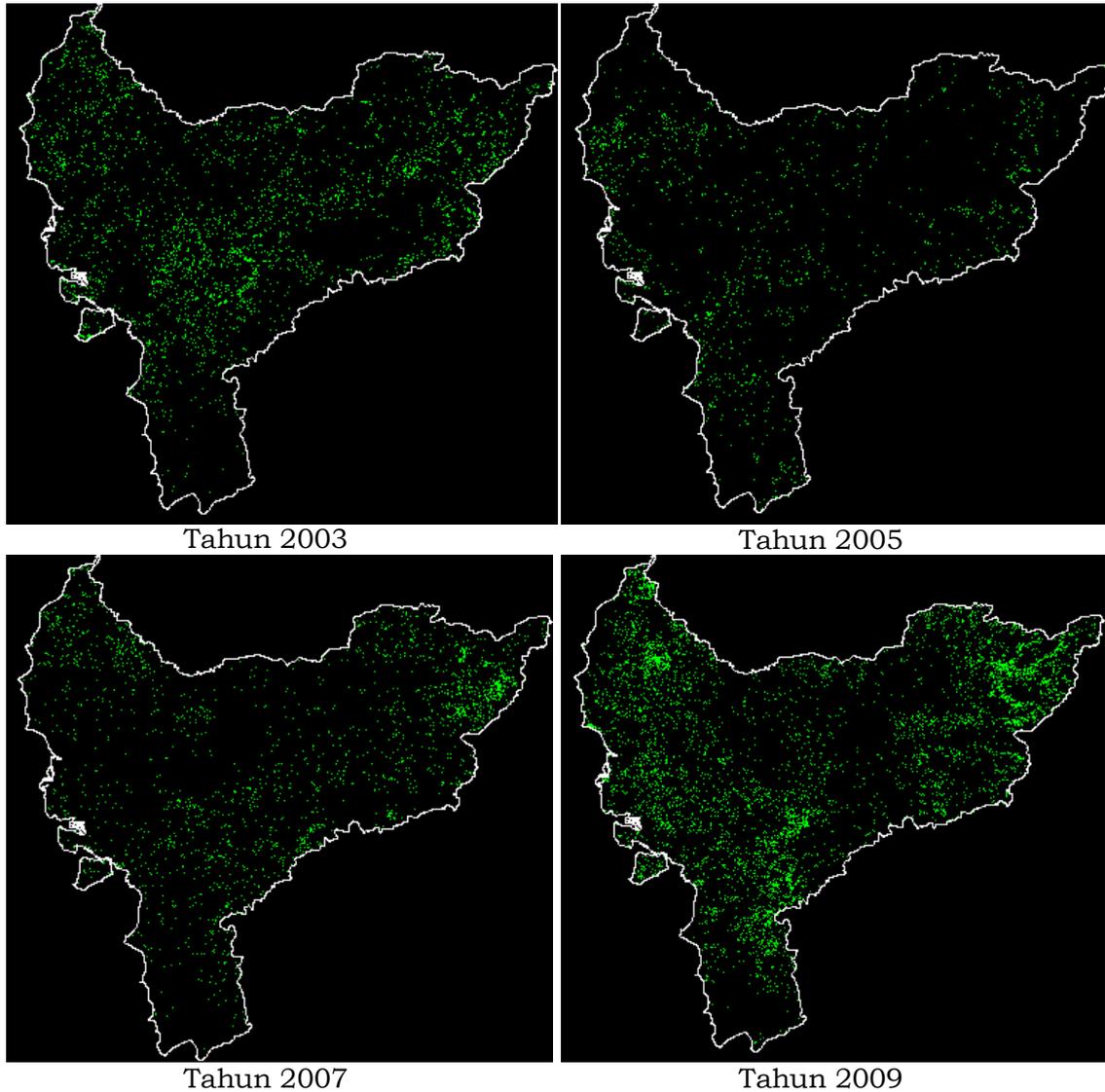
Metode ini mempunyai kelemahan karena diperkirakan adanya piksel hutan yang mempunyai nilai NDVI kurang dari 0,7 karena tutupan kanopinya yang tidak rapat, dan adanya piksel wilayah perkebunan (seperti: perkebunan sawit) yang mempunyai nilai NDVI lebih tinggi dari 0,7 karena tingkat kehijauan kanopinya yang tinggi. Oleh karena itu piksel hutan pada kajian ini adalah gabungan piksel hutan dan piksel perkebunan dengan nilai NDVI lebih besar dari 0,7. Walaupun luasan hutan tidak mencerminkan luasan hutan yang sesungguhnya, tetapi metode ini dapat menghasilkan piksel hutan (hutan dan perkebunan) dengan kepercayaan yang tinggi sehingga dapat digunakan untuk menganalisis secara kualitatif perubahan luasan hutan yang terjadi.



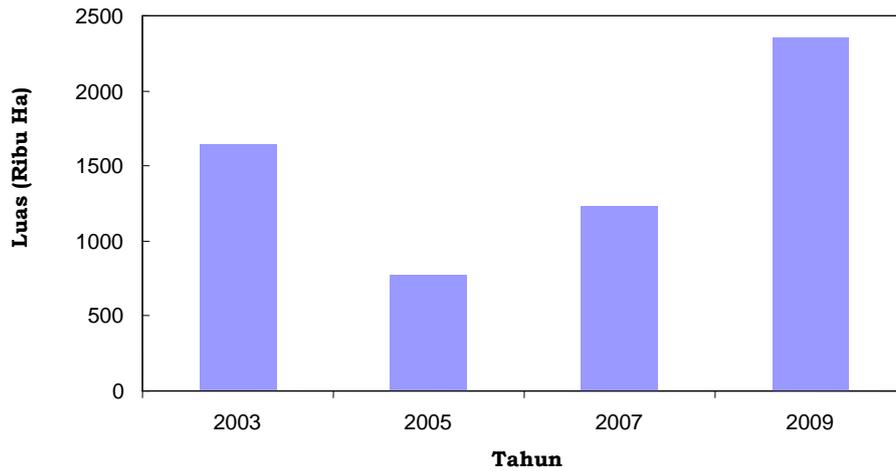
Gambar 2-5: Rata-rata NDVI bulanan untuk piksel-piksel hutan sepanjang tahun 2003 (Tidak ada data pada bulan Desember karena adanya tutupan awan)

Gambar 2-6 memperlihatkan piksel hutan untuk tahun 2003, 2005, 2007, dan 2009, sedangkan luasan seluruh piksel tersebut diperlihatkan pada Gambar 2-7. Hasil memperlihatkan bahwa jumlah piksel hutan mengalami pengurangan yang signifikan pada periode 2003-2005, selanjutnya jumlah piksel hutan mengalami penambahan

pada periode 2005-2007 dan semakin bertambah secara signifikan pada periode 2007-2008. Luasan hutan mempunyai tren yang sama karena luas hutan dihitung dari perkalian antara jumlah piksel hutan dengan luasan untuk setiap piksel pada data MODIS (250 m x 250 m).



Gambar 2-6: Piksel hutan untuk tahun 2003, 2005, 2007 dan 2009



Gambar 2-7: Luasan hutan untuk tahun 2003, 2005, 2007 dan 2009

Bila hasil ini dikorelasikan dengan jumlah kejadian *hotspot* pada Gambar 2-3 maka terlihat bahwa kejadian *hotspot* mempengaruhi perubahan luasan hutan di wilayah Kalimantan Barat. Tingginya jumlah *hotspot* yang terjadi pada tahun 2004, telah mengakibatkan terjadinya pengurangan luasan hutan (deforestasi) secara signifikan dari sebesar 1.647 ribu hektar pada tahun 2003 menjadi 771 ribu hektar pada tahun 2005. Sedangkan rendahnya jumlah *hotspot* pada tahun 2008, tidak mengakibatkan terjadinya pengurangan luasan hutan bahkan terlihat adanya penambahan luasan hutan (reforestasi) yang signifikan, yaitu luas hutan sebesar 1.235 ribu hektar pada tahun 2007 menjadi 2.354 hektar pada tahun 2009.

Perubahan berkurang dan meningkatnya luasan hutan dapat dianalisis sebagai berikut: Kebakaran hutan pada tahun 2004 diperkirakan karena kebakaran secara alami dan kebakaran karena pembukaan lahan untuk area perkebunan, sehingga luasan hutan berkurang secara signifikan. Pembukaan lahan untuk perkebunan masih terus berlangsung pada tahun 2005 dan 2006 yang dapat diindikasikan dengan masih tingginya jumlah kejadian *hotspot* pada tahun tersebut. Lahan habis terbakar masih dibiarkan dan belum ditanami pada tahun 2005. Kemudian lahan hutan mulai ditumbuhi pepohonan dan

lahan perkebunan mulai ditanami pada tahun 2006, sehingga terjadi peningkatan luasan hutan pada periode 2005-2006. Tahun 2007 dan 2008, curah hujan sangat tinggi setiap bulannya sehingga kejadian *hotspot* sangat rendah dan hal ini mendukung pertumbuhan tanaman, sehingga luasan hutan semakin bertambah. Pada tahun 2009 luasan hutan meningkat secara signifikan yang diperkirakan karena gabungan antara luasan hutan yang sudah tumbuh kembali (reforestasi) dan luas perkebunan yang sudah dewasa dengan kehijauan tinggi.

### 3 KESIMPULAN

Kajian perubahan curah hujan di wilayah Indonesia dan dampak perubahan iklim terhadap kebakaran hutan di Kalimantan Barat dilakukan berbasis data satelit penginderaan jauh. Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari studi ini adalah:

- Rendahnya curah hujan di wilayah Kalimantan Barat berpengaruh terhadap peningkatan jumlah *hotspot* yang terjadi dan kejadian deforestasi.
- Rendahnya intensitas curah hujan dan tingginya jumlah kejadian *hotspot* (tahun 2004), diperkirakan berdampak pada pengurangan luasan hutan (deforestasi) yang cukup signifikan antara tahun 2003 dan 2005.

- Tingginya intensitas curah hujan dan sedikitnya kejadian *hotspot* (tahun 2008) tidak mengakibatkan pengurangan hutan bahkan sebaliknya terjadi penambahan hutan antara tahun 2007 dan 2009 yang diperkirakan karena adanya reforestasi dan penambahan lahan perkebunan.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Casanova, J.L., A. Calle, A. Romo, J. A. Sanz, 2004. *Forest Fire Detection And Monitoring By Means Of An Integrated Modis-Msg System*. Symposium of Satellite-based fire monitoring network in Northern Eurasia: Methods, Data Products, Applications. Moskow. 2004.
- Heymsfield. G. M., B. Geerts, L. Tian, 2000. *TRMM Precipitation Radar Reflectivity Profiles as Compared with High-Resolution Airborne and Ground-Based Radar Measurements*, Journal Of Applied Meteorology, Vol. 39, 2080-2102.
- Kidder, S.Q. and Vonder Haar, T.H., 1995. *Satellite Meteorology: An Introduction*. Academic Press.
- Nesbitt. Stephen W., Robert Cifelli, Steven A. Rutledge, 2006. *Storm Morphology and Rainfall Characteristics of TRMM Precipitation Features*. Mon. Wea. Rev.. Vol. 134, 2702-2721.
- Roswintiarti, O., Parwati, S., dan Any, Z., 2009. *Pemanfaatan Data TRMM Dalam Mendukung Pemantauan Dan Prediksi Curah Hujan Di Indonesia*. Berita Inderaja. Vol. 8, No.14: 29-34.
- Suwarsono, Parwati, dan Totok S., 2009. *Pemanfaatan Data TRMM Dalam Mendukung Pemantauan dan Prediksi Curah Hujan Di Indonesia*. Berita Inderaja. Vol. 8, No.14: 35-39.
- Soemarsono, 1997. *Kebakaran Lahan, Semak Belukar dan Hutan di Indonesia (Penyebab, Upaya dan Perspektif Upaya di Masa Depan)*. Prosiding Simposium: "Dampak Kebakaran Hutan Terhadap Sumberdaya Alam dan Lingkungan". Tanggal 16 Desember 1997 di Yogyakarta. hal:1-14.
- Soeriaatmadja, R. E., 1997. *Dampak Kebakaran Hutan Serta Daya Tanggap Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Sumberdaya Alam Terhadapnya*. Prosiding Simposium: "Dampak Kebakaran Hutan Terhadap Sumberdaya Alam dan Lingkungan". Tanggal 16 Desember 1997 di Yogyakarta. hal: 36-39.
- Saharjo dan Husaeni, 1998. *East Kalimantan Burns*. Wildfire 7 (7):19-21.
- Tjasyono, Bayong, 2004. *Klimatologi*. Cetakan Ke-2. IPB Press. Bandung.
- Yokoyama. Chie, Yukari N. Takayabu, 2008. *A Statistical Study on Rain Characteristics of Tropical Cyclones Using TRMM Satellite Data*. Mon. Wea. Rev.. Vol. 136, 3848-3862.