

ANALISIS PERILAKU INDEKS KEKERINGAN DI WILAYAH RENTAN KEBAKARAN, SUMATRA SELATAN

BEHAVIOR ANALYSIS OF DROUGHT INDEX IN FIRE-PRONE REGION OF SOUTH SUMATRA

Muh Taufik

Laboratorium Hidrometeorologi, Dept. Geofisika dan Meteorologi IPB
Gedung FMIPA Wing 19 Lv. 4 Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680
Corresponding Author. E-mail: mtaufik@ipb.ac.id

Penyerahan Naskah: 6 April 2010

Diterima untuk diterbitkan: 13 September 2010

ABSTRACT

Climate dynamics has a vital role in changing upper soil moisture that influences drought period and occurrence especially for fire-prone region in South Sumatra Indonesia. Drought occurrence causes abundant dry fuel being available at peat forest ecosystem that might rise of fire risk and danger in the region. Using daily maximum air temperature and rainfall data for period of 1984-2009, we calculated daily Keetch-Byram drought index (KBDI) as an index for assessing fire danger potential. The index was grouped into three categories comprising low, moderate, and high fire danger levels. Temporally, we found that fire danger level at the study area site are able to be grouped as follows: period of December to April was categorized low, period of July to October as high, and the remaining months as moderate. El Nino event had a severe influence on the severity and the duration of high KBDI that occurred until the end of November which normally a rainy season. Other finding is that there was a significant change ($\alpha=5\%$) on the rise of annual high KBDI frequency and average KBDI for period of 1984-2009, conversely frequency of rainy days decreased significantly. Information about when KBDI level reach high fire danger is of important for forest fire mangement in the region.

Keywords: *El Nino, KBDI, rainfall, trend*

PENDAHULUAN

Dinamika cuaca dan iklim berperan besar dalam perubahan ketersediaan air tanah secara spasial dan temporal. Secara temporal, perubahan ketersediaan air tanah secara umum lebih mudah untuk dirasakan seperti kejadian fenomena kekeringan dan kekurangan air yang terjadi pada periode bulan tertentu. Pada kondisi ketersediaan air yang rendah, kejadian cuaca ekstrim seperti peningkatan suhu udara dapat berperan dalam peningkatan kerawanan dan kerentanan ekosistem hutan untuk terbakar. Secara umum, kejadian kebakaran hutan dapat berdampak negatif pada degradasi ekologi dan lingkungan seperti kerusakan pada habitat alam (Ager *et al.*, 2007), perubahan komposisi dan struktur ekosistem hutan (Senkowsky, 2001; Johnstone dan Chapin III, 2006; Wallenius *et al.*, 2007; Chuvieco *et al.*, 2009), dan pada akhirnya mengganggu kesehatan dan kegiatan ekonomi

masyarakat. Di Indonesia, kebakaran hutan di kawasan ekuatorial P. Sumatra dan P. Kalimantan sering dipicu oleh kegiatan pembukaan lahan hutan yang masih menggunakan api pada saat musim kemarau panjang, yaitu pada periode akumulasi biomassa kering ekosistem hutan gambut meningkat pesat. Fenomena iklim El Nino berperan sangat penting dalam kejadian kekeringan panjang di Indonesia yang dapat meningkatkan kerentanan dan kerawanan kebakaran hutan ekosistem gambut. Kekeringan panjang pada akhir tahun 1997 yang disebabkan oleh musim hujan yang datang terlambat akibat variabilitas iklim elnino 1997/1998 telah memicu bencana kebakaran hutan yang meluas di wilayah ekuatorial Sumatra dan Kalimantan (lihat Page *et al.*, 2002). Menjadi sangat penting untuk mengetahui rekaman iklim yang telah terjadi dan pengaruh yang ditimbulkan oleh iklim tersebut terhadap tingkat kerawanan kebakaran hutan pada suatu wilayah. Permasalahan tersebut diangkat

untuk menjawab beberapa pertanyaan: apakah secara temporal ada pengaruh dinamika cuaca/iklim terhadap tingkat bahaya kebakaran hutan pada suatu wilayah, bagaimana variabilitas iklim berpengaruh terhadap tingkat bahaya kebakaran, dan dengan cara bagaimana alat bantu ilmiah (*scientific tools*) digunakan untuk menganalisis permasalahan tersebut.

Kajian ilmiah bahaya kebakaran hutan dapat diarahkan pada penyiapan sistem peringatan dini bahaya kebakaran hutan dalam bentuk indeks kekeringan (*drought index*). Indeks kekeringan yang dinamis dibangun berdasarkan variabel meteorologi dan kondisi aktual vegetasi (Snyder *et al.*, 2006), yaitu kondisi kelembaban tanah dan struktur vegetasi yang mudah terbakar dan kondusif bagi penyebaran api. Indeks kekeringan yang dinamis memerlukan dukungan data meteorologi yang banyak seperti curah hujan, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin, serta kondisi kesegaran vegetasi atau biomassa seperti yang digunakan untuk membangun *Fire Weather Index* (Stocks *et al.* 1989; Wybo *et al.* 1995). Disamping itu, terdapat juga *Keetch-Byram Drought Index* (Keetch dan Byram 1968) yang memformulasikan defisiensi kelembaban tanah sebagai pengaruh dari dua variabel iklim yaitu curah hujan dan suhu maksimum harian. KBDI merupakan indeks kekeringan yang dikembangkan untuk pengendalian kebakaran hutan di Florida, Amerika Serikat (Keetch dan Byram, 1968). Indeks ini mencerminkan kondisi kelembaban tanah, dimana semakin tinggi nilainya berarti tanah tersebut semakin kering. Nilai indeks berkisar pada angka 0-800 jika data curah hujan dan suhu udara yang digunakan dalam unit *imperial*.

Beberapa penelitian sebelumnya menyebutkan tentang kekurangan KBDI dalam menilai level bahaya kebakaran hutan seperti pada penelitian Cooke *et al.*, (2007); Choi *et al.*, (2009); Chan *et al.*, (2004); dan Sparks *et al.*, (2002) yang melakukan penelitian KBDI pada lokasi dengan kondisi iklim dan tanah yang berbeda dari Florida, tempat asal KBDI dikembangkan. Meskipun demikian, KBDI masih digunakan dan diaplikasikan secara luas karena keperluan data yang sedikit dan proses perhitungan yang mudah (Dimitrakopoulos & Bemmerzouk, 2003). Beberapa penelitian yang menggunakan KBDI untuk menilai bahaya kebakaran hutan antara lain: Groisman *et al.* (2007) untuk lokasi Northern Eurasia, Dolling *et al.* (2005) di Hawaii, Finkle *et al.* (2006) dan Boer *et al.* (2009) di Australia, Malevsky-Malevich *et al.* (2008) di Rusia, Ainuddin dan Ampun (2008) untuk lokasi ekuator Malaysia, dan Murdiyarso *et al.* (2002a) untuk lokasi ekuator Indonesia.

Penelitian tentang hubungan antara KBDI dan fenomena *El Nino Southern Oscillation* (ENSO)

masih sangat kurang untuk kondisi iklim tropis. Hasil penelitian sebelumnya menyebutkan ada pengaruh ENSO sangat kuat terhadap variabel KBDI yaitu kejadian hujan di Indonesia (lihat Haylock dan McBride 2001; Adrian dan Susanto 2003; Aldrian dan Djamil 2008). Fenomena ENSO juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap curah hujan dan debit sungai di sebagian besar wilayah Australia (Chiew *et al.* 1998). Dengan demikian, ENSO berpengaruh terhadap perilaku KBDI. Hasil kajian Brolley *et al.* (2007) menyebutkan bahwa fenomena ENSO berkontribusi pada kejadian kebakaran di Florida. Peningkatan pada prediktor suhu udara maksimum secara signifikan (Karl *et al.* 1993; Griffith *et al.* 2005) telah terjadi meluas di belahan dunia, dan untuk lokasi Sumatra Selatan juga mengalami peningkatan secara signifikan (Taufik 2010). Sangat menarik untuk mengkaji bagaimana pengaruh perubahan curah hujan dan suhu udara terhadap perilaku KBDI di Sumatra Selatan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini penting untuk dilakukan mengingat kajian tentang perilaku indeks kekeringan pada wilayah rentan kebakaran Sumatra Selatan yang banyak memiliki lahan gambut masih sangat sedikit. Makalah ini bertujuan untuk: (i) menganalisis pengaruh curah hujan terhadap KBDI, (ii) menganalisis distribusi temporal KBDI, (iii) menganalisis pengaruh variabilitas ENSO terhadap KBDI di Palembang, dan (iv) menganalisis tren KBDI.

METODE PENELITIAN

Lokasi Kajian

Lokasi kajian terletak di wilayah *inter-tropical convergence zone* yang banyak menerima curah hujan sepanjang tahun. Data iklim harian untuk suhu udara maksimum dan curah hujan diperoleh dari Stasiun Klimatologi Kenten, Palembang yang secara geografis terletak pada koordinat 2°59'27.99"LS 104°45'24.24"BT, dengan periode pengamatan mulai 1 Januari 1984 hingga 30 September 2009. Suhu rata-rata harian sebesar 27,1 °C dengan suhu udara minimum rata-rata sebesar 20,5 °C dan suhu udara maksimum rata-rata sebesar 35,1 °C.

Secara umum zona ekologi Sumatra dari arah Barat ke Timur dapat dikelompokkan menjadi lima zona ekologi (lihat Murdiyarso *et al.* 2002b) yaitu: ekologi pantai barat, pegunungan, *piedmont*, *penepain*, dan rawa di pantai timur Sumatra. Lokasi kajian di Palembang, Sumatra Selatan didominasi oleh zona ekologi *penepain* dengan salah satu ciri berupa ketinggian tempat kurang dari 100m.

Keetch-Byram Drought Index (KBDI)

Keetch-Byram Drought Index merupakan indeks kekeringan yang dikembangkan untuk tujuan pengendalian kebakaran hutan di Florida, Amerika Serikat (Keetch dan Byram, 1968). Indeks ini dapat mencerminkan kondisi kelembaban tanah yang berkisar pada angka 0-800 dalam unit imperial dengan angka 0 menunjukkan tanah dalam kondisi kapasitas lapang, dan 800 menunjukkan tanah dalam kondisi titik layu permanen. Dalam unit Sistem Internasional nilai indeks berkisar 0 – 203 (Alexander 1990; Snyder *et al.* 2006). Perbandingan antar unit pengukuran KBDI disajikan pada Tabel 2. Nilai KBDI dihitung berdasarkan persamaan 1 berikut:

$$Q^t = Q^{t-1} + Q_T^t - Q_R^t \tag{1}$$

Q^t adalah nilai KBDI hari ke t , Q^{t-1} nilai KBDI hari ke $t-1$, Q_T^t adalah faktor kekeringan pada hari ke t yang tergantung pada suhu udara maksimum, Q_R^t adalah faktor hujan pada hari ke t . Faktor hujan bersifat mengurangi nilai KBDI, dan sebaliknya faktor kekeringan akan meningkatkan nilai KBDI. Dalam unit Sistem Internasional (SI), faktor kekeringan dihitung harian dengan Persamaan 4 (Alexander 1990).

Faktor hujan merupakan curah hujan *netto* harian yang diperhitungkan jika curah hujan melampaui 0,2 in (setara 5,1 mm) sebagaimana dalam Keetch dan Byram (1968). Di Indonesia, ada pendekatan lain dalam penentuan faktor hujan meskipun tidak memberikan rasional yang jelas seperti Buchholz dan Weidemenn (2000) yang menghitung faktor hujan sebagai $10 \cdot \text{curah hujan harian} - 5,1$ dengan nilai KBDI maksimum sebesar 2000. Penelitian ini menggunakan faktor hujan sebagaimana KBDI dikembangkan. KBDI dihitung secara harian dengan menggunakan data iklim Stasiun Kenten, Palembang periode 1984-2009.

$$Q_T^t = [203 - Q^{t-1}] \times \frac{[0,968 \exp(0,0875 \cdot T^t + 1,5552) - 8,3] d_T}{1 + 10,88 \exp(-0,001736 \cdot R_{ann})} \times 10^{-3} \tag{4}$$

T_{mx} adalah suhu udara maksimum harian dan R_{ann} adalah curah hujan tahunan.

Analisis Temporal KBDI

Untuk keperluan operasional level KBDI dikelompokkan menjadi tiga level bahaya kebakaran (Tabel 1). KBDI dianalisis dengan menggunakan analisis frekwensi dan statistik deskripsi. Hasil analisis diharapkan mendapatkan informasi bulan dengan resiko bahaya kebakaran TINGGI, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengolahan bahaya kebakaran hutan di lokasi kajian.

Tabel 1. Kisaran nilai KBDI berdasarkan pada level bahaya kebakaran

Level bahahaya kebakaran	Kisaran nilai
RENDAH	0 – 100
MODERAT	101 – 150
TINGGI	151 – 203

Analisis temporal KBDI juga dilakukan dengan cara mengintegrasikan hasil simulasi ketersediaan air tanah bulanan terhadap fenomena KBDI. Data ketersediaan air tanah menggunakan hasil penelitian Taufik (2010) yang menghitung kadar air tanah (KAT) dengan pendekatan Xiong dan Guo (1999) sebagai berikut:

$$KAT_i = P_i - ET_i - KAT_{i-1} \tag{2}$$

KAT_{i-1} kadar air tanah pada bulan $i - 1$, KAT_i yang melebihi *soil water holding capacity* (SWHC) diasumsikan hilang sebagai limpasan. Dalam kajian ini, perkolasi tidak diperhitungkan dalam model neraca air yang digunakan. Nilai SWHC diasumsikan sebesar 200 mm/m. Jika $P_i < ET_i$ maka KAT_i dihitung dengan persamaan berikut:

$$KAT_i = KAT_{i-1} * \exp(-(P_i - ET_i)/SWHC) \tag{3}$$

ET_i merupakan evapotranspirasi bulan ke- i yang dihitung dengan metode Hargreaves.

Tabel 1. Variabel dan unitnya yang digunakan untuk perhitungan KBDI

Simbol	Variabel	Unit	
		Imperial	SI
Q	Defisiensi kelembaban, KBDI	0,01 in	mm
Q_T^t	Faktor kekeringan	0,01 in	mm
T	Suhu udara maksimum	°F	°C
R_a	Curah hujan tahunan rata-rata	in	mm
d_T	Waktu perhitungan	1 hari	1 hari

Tabel 3. Beberapa prediktor iklim yang digunakan untuk analisis tren.

Jenis Prediktor	Simbol	Unit	Keterangan
Suhu udara maksimum bulanan	Tmax	°C	Suhu udara maksimum harian yang terjadi pada bulan tertentu
Curah hujan maksimum harian	Pmax	mm	Curah hujan harian maksimum pada bulan tertentu
Frekwensi hari hujan		Hari	Jumlah hari hujan dalam satu tahun
Frekwensi KBDI TINGGI		Hari	Jumlah KBDI pada level TINGGI tiap tahun
KBDI rata-rata		-	Rata-rata KBDI tahunan
KBDI maksimum	KBDImax	-	Nilai KBDI maksimum setiap tahun

Ketersediaan air tanah dapat menentukan jumlah evaporasi yang terjadi. KBDI merupakan indeks kekeringan untuk menilai defisiensi air tanah yang disebabkan oleh peningkatan suhu udara.

Analisis KBDI juga akan dikaitkan dengan fenomena ENSO. Beberapa penelitian menyebutkan ENSO berpengaruh kuat terhadap curah hujan di Indonesia (lihat Haylock dan McBride 2001; Adrian dan Susanto 2003; Aldrian dan Djamil 2008). Hasil kajian Brolley *et al.* (2007) menyebutkan bahwa fenomena ENSO berkontribusi pada kejadian kebakaran di Florida.

Analisis Tren Iklim dan KBDI

Prosedur analisis tren menggunakan uji Mann-Kendall mengikuti metode yang telah dikembangkan oleh Burn dan Elnur (2002). Beberapa prediktor iklim telah diuji oleh Taufik (2010) seperti suhu udara maksimum, curah hujan tahunan, dan frekwensi hari hujan. Pada kajian ini, uji *Mann-Kendall* dilakukan untuk analisis tren parameter KBDI (Tabel 3) seperti frekwensi level KBDI TINGGI dan KBDI rata-rata tahunan.

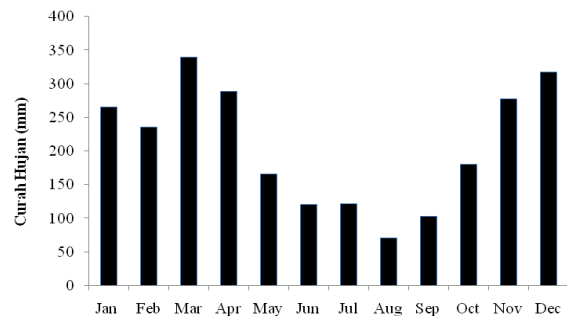
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum

Provinsi Sumatra Selatan menerima curah hujan cukup melimpah sepanjang tahun dengan rata-rata jumlah hari hujan yaitu sejumlah 167 hari selama periode pengamatan 1984-2009. Jumlah hari hujan tertinggi yaitu pada tahun 1984 sebanyak 195 hari hujan, dan terendah pada tahun 1997 sebanyak 126 hari. Jumlah hari hujan sangat dipengaruhi oleh variabilitas iklim *El Nino Southern Oscillation* (ENSO). Hasil analisis tren dengan menggunakan data curah hujan 1984-2009 menunjukkan terjadi pengurangan pada jumlah hari hujan yang signifikan (Taufik, 2010). Namun, curah hujan tahunan di lokasi kajian tetap tinggi sekitar 2466 mm dengan puncak hujan terjadi pada bulan Maret dan curah hujan terendah pada bulan Agustus (Gambar 1).

Selama periode 1984-2009, frekwensi curah hujan bulanan < 60 mm terjadi sebanyak 37 kali (12%), sedangkan frekwensi curah hujan bulanan >

100 mm sebanyak 240 kali (77%), dan sisanya merupakan curah hujan bulanan antara 60 mm hingga 100 mm per bulan. Periode yang agak kering dengan curah hujan bulanan kurang dari 150 mm per bulan terjadi pada bulan Juni-September. Berdasarkan klasifikasi iklim *Schmidt-Ferguson*, wilayah Palembang dikategorikan sebagai kelas A yaitu daerah sangat basah dengan vegetasi hujan tropis. Curah hujan yang melimpah berkontribusi pada kondisi ketersediaan air tanah (KAT) bulanan yang lebih dari 70% KAT bulanan mendekati kapasitas lapang.



Gambar 1 Curah hujan bulanan rata-rata di Stasiun Kenten, Palembang tahun 1984 – 2009.

Hasil penelitian Taufik (2010) menyebutkan ada perubahan suhu udara yang meningkat signifikan untuk prediktor suhu udara maksimum dan suhu udara minimum selama periode 1984-2009. Suhu udara maksimum yang pernah diamati yaitu 36,6 °C yang terjadi pada tanggal 24 Maret 2003, sedangkan suhu udara terendah yang teramati yaitu 17,6°C yang terjadi pada tanggal 25 Desember 1992. Meskipun demikian, rata-rata suhu udara minimum yaitu 20,5 °C. Berdasarkan klasifikasi iklim Koppen (Kottek *et al.*, 2006), lokasi kajian dengan suhu minimum lebih dari 18 °C dan curah hujan di atas 60 mm per bulan termasuk bertipe iklim Af.

Dinamika KBDI

Secara umum nilai KBDI tahunan terendah yaitu 0 kecuali untuk tahun: (i) 1985, yaitu sebesar 21 yang terjadi pada tanggal 22 November 1985, (ii) 1987, yaitu sebesar 44 yang terjadi pada tanggal 28 April 1987, dan (iii) 1989, yaitu sebesar 16 yang

terjadi pada tanggal 20 Januari 1989. Pada tahun-tahun tertentu nilai KBDI mencapai nilai maksimum sebesar 203 yaitu pada tahun 1997 dan 2006. Pada tahun 1997, nilai KBDI mencapai nilai 200 sejak tanggal 30 Juli dan mencapai puncak KBDI mulai tanggal 28 Agustus hingga 7 Oktober 1997 (41 hari). Sebaliknya nilai maksimum KBDI tahunan terendah yaitu pada tahun 1984 sebesar 170 dan tahun 1998 sebesar 175.

Perilaku KBDI sangat dipengaruhi oleh kejadian curah hujan. Pada periode basah nilai KBDI cenderung rendah, sebaliknya pada musim kemarau nilai KBDI akan bergerak naik hingga mencapai maksimum. Sebagai contoh, pada tahun 1997 nilai KBDI mencapai level TINGGI sejak 16 Juni 1997. Nilai tersebut terus menanjak hingga mencapai maksimum pada tanggal 28 Agustus 1997 dan terus bertahan hingga 7 Oktober 1997. Hal tersebut dapat terjadi karena tidak ada kejadian hujan selama periode 7 Juli 1997 hingga 7 Oktober 1997 (93 hari) yang mampu memenuhi nilai minimum faktor hujan KBDI sebesar 5,1 mm. Sebenarnya pada tanggal 10 Agustus 1997 ada kejadian hujan ringan sebesar 3,7 mm, namun tidak mampu menurunkan nilai KBDI yang telah berada pada angka 201. Pada tanggal 8 Oktober 1997, ada kejadian hujan sebesar 5,8 mm yang hanya mampu menurunkan angka KBDI sebesar 1 poin menjadi 202. Keterlambatan musim hujan yang disebabkan oleh El Nino menyebabkan nilai KBDI kembali mencapai 203 sejak 13 Oktober 1997 hingga 17 November 1997 (36 hari). Nilai KBDI akhirnya turun pada tanggal 18 November 1997 dengan kejadian hujan sebesar 26,5 mm. Total terdapat 77 hari (21%) sepanjang tahun 1997 dengan nilai KBDI maksimum. Nilai KBDI menyentuh level bahaya kebakaran RENDAH sejak tanggal 8 Desember 1997. Pada tahun 1997, prosentase level KBDI TINGGI mencapai 48% kejadian. Pada tahun tersebut, rata-rata nilai KBDI sebesar 140. Tahun 1997 juga dikenal sebagai tahun dengan jumlah hari hujan terendah sepanjang periode pengamatan 1984-2009 dengan jumlah 126 hari hujan.

Pada tahun 2006, nilai KBDI mencapai maksimum 203 sejak tanggal 14 Oktober hingga 31 Oktober 2006 (18 hari). Sejak 22 Juli 2006 hingga 28 Agustus 2006 tidak ada kejadian hujan yang cukup untuk membasahi tanah agar nilai KBDI berkurang. Kondisi tersebut menyebabkan nilai KBDI meningkat tajam dari angka 155 ke angka 193. Sehari kemudian (tanggal 29 Agustus 2006) ada kejadian hujan sebesar 8,6 mm hanya mampu menurunkan nilai KBDI menjadi 190. Selanjutnya nilai KBDI kembali meningkat mencapai maksimum sejak tanggal 14 Oktober 2006 hingga 31 Oktober 2006. Sejak 30 Agustus hingga 31 Oktober 2006 (63 hari) merupakan periode tidak ada data hujan. Level KBDI menyentuh level bahaya kebakaran

RENDAH sejak 9 Desember 2006. Pada tahun tersebut, rata-rata nilai KBDI sebesar 130.

Rata-rata nilai KBDI selama tahun 1984 yaitu 84 dengan nilai minimum 0 dan nilai maksimum 170 yang dicapai pada tanggal 1 Juli 1984. Tahun tersebut merupakan tahun basah dengan curah hujan sebesar 256 mm per bulan dan curah hujan bulanan terendah sebesar 66 mm pada bulan Juni 1984. Tahun 1984 tergolong level bahaya kebakaran RENDAH dengan prosentasi kejadian sebesar 68%, sedangkan level bahaya kebakaran TINGGI hanya mencapai 5%. Nilai maksimum KBDI dan rata-rata nilai KBDI yang rendah dapat dimaklumi dengan jumlah hari hujan yang tinggi sepanjang tahun 1984 sebesar 195 hari hujan. Tahun tersebut merupakan tahun dengan jumlah hari hujan terbesar sepanjang periode pengamatan 1984-2009.

Tahun 1998, rata-rata KBDI sebesar 115 dengan nilai minimum 0 dan maksimum 175 yang terjadi pada tanggal 22 September 1998. Tahun tersebut merupakan tahun basah dengan curah hujan sebesar 226 per bulan yang tersebar merata sepanjang tahun. Curah hujan bulanan terendah sebesar 114 mm terjadi pada bulan Agustus. Rendahnya nilai maksimum KBDI dapat dimaklumi dengan jumlah hari hujan yang tinggi sepanjang tahun 1998 sebesar 193 hari hujan, sebagai tahun dengan hari hujan terbanyak ke-2 setelah tahun 1984.

Tahun 1997 merupakan tahun dengan KAT bulanan terendah sebesar 8 mm (bulan Oktober) dan 7 mm (bulan November) sepanjang periode pengamatan 1984-2009. Sejak bulan Agustus 1997, KAT berada di bawah 60 mm berturut-turut empat bulan hingga mencapai puncak terendah di bulan November. Kondisi yang tidak berbeda untuk KAT tahun 1987 yang mengalami kekeringan sejak Agustus hingga November 1987. Kedua tahun tersebut merupakan tahun El Nino.

Analisis Temporal KBDI

Nilai KBDI bervariasi dengan nilai rata-rata sebesar 118 ± 53 . Nilai tersebut bervariasi berdasarkan bulan terutama dengan perubahan dan kejadian musim hujan dan musim kemarau. Pada periode musim hujan nilai KBDI harian cenderung pada level RENDAH seperti pada bulan Desember, Januari, Maret dan April. Pada bulan-bulan tersebut rata-rata prosentase kejadian KBDI harian pada level RENDAH lebih dari 60% selama periode 1984-2009. Pada bulan-bulan tersebut prosentase kejadian KBDI harian pada level TINGGI kurang dari 10%. Bulan Desember merupakan bulan dengan prosentasi kejadian KBDI harian pada level RENDAH tertinggi dan bulan Januari dan April merupakan bulan dengan prosentasi kejadian KBDI harian pada level TINGGI terendah (Tabel 4).

Tabel 4. Prosentase kejadian KBDI harian selama periode 1984 – 2009 dengan data dari Stasiun Kenten

Level	Selang	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
R	0-100	67%	46%	61%	65%	31%	10%	10%	2%	5%	15%	44%	69%
M	101-150	31%	41%	32%	32%	53%	42%	33%	18%	19%	23%	23%	26%
T	151-203	<2%	4%	7%	<2%	16%	45%	57%	80%	73%	63%	30%	5%
Level KBDI		R	R	R	R	M	M	T	T	T	T	M	R

Keterangan: R Rendah, M Moderat, T Tinggi

Kondisi tersebut didukung dengan hasil analisis kadar air tanah bulanan yang menyebutkan nilai rata-rata KAT pada bulan Januari dan April sebesar 200 mm (Taufik 2010), artinya bulan tersebut merupakan bulan dengan kadar air tanah selalu dalam kapasitas lapang.

Selama periode pengamatan 1984-2009 terdapat lima bulan yang dapat dianggap sebagai bulan aman dari bahaya kebakaran yaitu Desember-April (Tabel 4). Hasil ini sesuai dengan temuan Ainuddin dan Ampun (2008) yang melakukan kajian KBDI di wilayah ekuator, Malaysia yaitu di Kuching dan Subang.

Terdapat empat bulan dengan level bahaya kebakaran TINGGI yaitu periode Juli-Oktober dengan puncak bahaya kebakaran terjadi pada bulan Agustus. Pada bulan tersebut prosentase KBDI level TINGGI mencapai 80%. Bulan Agustus merupakan bulan dengan prosentasi KBDI harian pada level TINGGI terbesar dan prosentasi KBDI harian pada level RENDAH terkecil. Temuan ini berbeda dengan yang diperoleh Ainuddin dan Ampun (2008) yang menyebutkan bahwa untuk lokasi Kuching dan Subang, Malaysia nilai KBDI tidak pernah mencapai level TINGGI.

Pada kasus-kasus tertentu seperti pada tahun El Nino, level bahaya kebakaran TINGGI bisa mencapai 6 bulan berturut-turut mulai Juni hingga November seperti pada kejadian El Nino 1987 dan 1997 (Tabel 5). Pada tahun El Nino, jumlah hari hujan berkurang drastis terutama untuk awal musim

hujan (bulan Oktober-November) sehingga tidak ada faktor yang dapat mengurangi laju peningkatan KBDI. Hasil analisis KAT bulanan tahun 1987 dan 1997 juga menunjukkan kadar air tanah pada bulan Juli-November mendekati titik layu permanen. Bahkan, nilai KAT bulanan pernah di bawah 10 mm untuk bulan Oktober-November 1997. Pada periode tahun El Nino 1997 tersebut, kebakaran besar terjadi di hutan gambut ekuator Indonesia yang menyumbang emisi CO₂ dalam jumlah besar (Page *et al.* 2002).

Variabilitas iklim El Nino juga berpengaruh terhadap kemunculan level KBDI TINGGI seperti pada tahun 2009. Pada tahun tersebut, KBDI TINGGI terjadi dua periode yaitu (i) periode 5 Juli – 15 September 2009 dan (ii) periode 15 Oktober – 17 Desember 2009. Kondisi tersebut dapat terjadi karena ada periode hujan lebat yang terjadi pada tanggal 16-18 September sebesar 137 mm mampu menurunkan KBDI ke level bahaya kebakaran RENDAH. Selanjutnya peningkatan nilai KBDI dihambat oleh kejadian hujan pada awal bulan Oktober 2009 sebesar 68 mm. Hasil kajian ini mendukung penelitian sebelumnya yang menyatakan pengaruh ENSO sangat kuat terhadap kejadian hujan di Indoensia (lihat Haylock dan McBride 2001; Adrian dan Susanto 2003; Aldrian dan Djamil 2008). Dengan demikian hasil penelitian mengindikasikan bahwa dinamika *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) sangat berpengaruh terhadap perilaku KBDI di lokasi kajian.

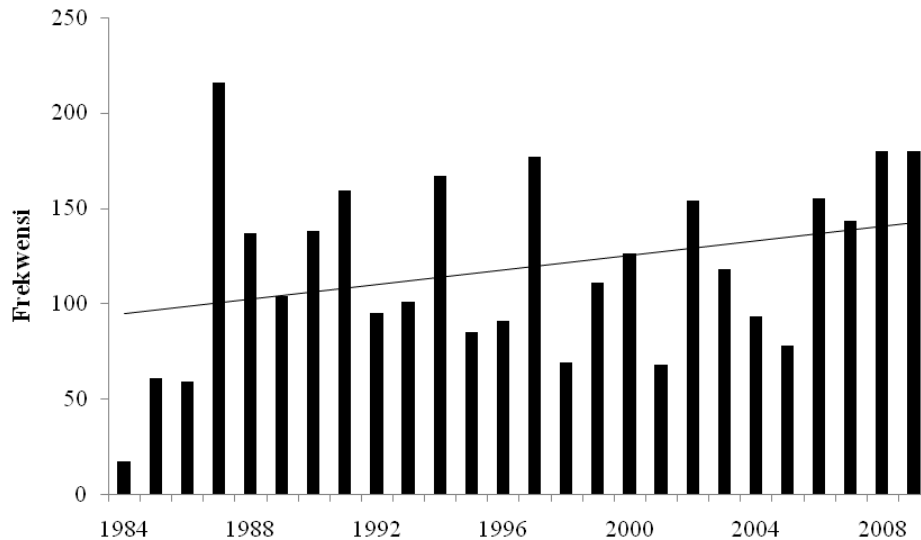
Tabel 5. Prosentase nilai KBDI TINGGI dan periode kejadiannya pada tahun El Nino

Tahun	Kategori*	Curah Hujan	Hari Hujan	KBDI TINGGI (%)	Periode KBDI TINGGI
1987	Mod	1593	145	59	13 Jun – 21 Nov 1987
1991	Mod	2391	152	44	10 Jun – 15 Nov 1991
1994	Mod	1881	148	46	23 Jul – 30 Nov 1994
1997	Kuat	1747	126	48	16 Jun – 7 Des 1997
2002	Mod	2581	156	42	6 Jun – 10 Jul 2002 30 Jul – 25 Okt 2002
2006	Lemah	2088	147	42	3 Agu – 29 Nov 2006
2009	Mod	1936	127	49	5 Jul – 15 Sep 2009 15 Okt – 17 Des 2009

* sumber: <http://ggweather.com/enso/oni.htm>

Table 6. Perubahan pada prediktor yang diuji yang menunjukkan tren signifikan ($\alpha=5\%$)

Prediktor	Naik	Netral	Turun
Tmax	√		
Curah hujan tahunan		√	
Jumlah hari hujan			√
Frekwensi KBDI TINGGI	√		
KBDI rata-rata	√		
KBDI max		√	



Gambar 2 Tren frekwensi nilai KBDI level bahaya kebakaran TINGGI (KBDI > 150) untuk periode pengamatan 1984-2009.

Tren Iklim dan KBDI

Tren jangka panjang iklim untuk Palembang bervariasi untuk tiap prediktor suhu udara, curah hujan, dan KBDI (Tabel 6). Prediktor suhu udara maksimum menunjukkan terjadi peningkatan yang signifikan ($\alpha=5\%$).

Peningkatan Tmax berkorelasi positif dengan peningkatan frekwensi kejadian KBDI level TINGGI (Gambar 2) dan KBDI tahunan rata-rata yang mengalami perubahan meningkat secara signifikan ($\alpha=5\%$). Sebaliknya jumlah hari hujan mengalami perubahan berkurang secara signifikan ($\alpha=5\%$). Jumlah hari hujan sangat berpengaruh terhadap peningkatan atau penurunan nilai KBDI terutama pada periode kering bulan Juli-September.

Kajian ini mendapatkan korelasi positif antara peningkatan frekwensi KBDI level TINGGI dengan penurunan frekwensi hari hujan. Taufik (2010) melaporkan kadar air tanah bulanan juga mengalami penurunan yang signifikan seiring dengan penurunan frekwensi kejadian hujan ($\alpha = 5\%$). Temuan ini sesuai dengan Dai *et al.*, (2004) yang menyebutkan ada perluasan kekeringan di sebagian dunia.

Pengaruh ENSO mungkin dapat dilihat pada kejadian frekwensi hari hujan. Pada tahun El Nino 1997, jumlah hari hujan sebanyak 126 hari cukup jauh dari rata-rata hari hujan 1984-2009 sebesar 168 hari. Nicholls *et al.* (2005) melaporkan ada

hubungan yang erat antara peningkatan jumlah *hot days* di wilayah Asia Pasifik dalam setahun setelah kemunculan El Nino.

Kecenderungan peningkatan pada frekwensi KBDI level tinggi dan KBDI rata-rata dapat digunakan sebagai bahan masukan bagi pihak terkait untuk pengelolaan kebakaran hutan di Sumatra Selatan. Informasi tersebut sangat penting terutama jika dikaitkan dengan kesiapan antisipasi kebakaran hutan. Periode dimana nilai KBDI level RENDAH seperti pada bulan Desember-April (Tabel 4) dapat digunakan oleh tim pengelola kebakaran hutan atau pihak terkait (Pemerintah Daerah, Industri, Masyarakat) sebagai bulan pelatihan dan pemeliharaan peralatan pemadam kebakaran. Pemahaman dan pengetahuan perilaku KBDI RENDAH dan TINGGI juga dapat dimanfaatkan untuk alokasi sumberdaya (Chan *et al.* 2004).

KESIMPULAN

Analisis perilaku KBDI sangat bermanfaat untuk mengetahui periode kejadian level KBDI. Beberapa temuan yang diperoleh melalui kajian ini antara lain:

- Terdapat perubahan secara signifikan pada peningkatan KBDI rata-rata dan frekwensi KBDI level TINGGI

- Peningkatan nilai KBDI rata-rata berkorelasi positif dengan peningkatan suhu udara harian maksimum, dan berkorelasi negatif dengan jumlah hari hujan
- Periode level bahaya kebakaran tinggi berlangsung selama empat bulan yang dimulai dari Juli hingga Oktober
- Variabilitas iklim El Nino memperparah kejadian KBDI level TINGGI yang berlangsung lebih panjang

DAFTAR PUSTAKA

- Ager AA, MA Finney, BK Kerns, H Maffei. 2007. Modeling wildfire risk to northern spotted owl (*Strix occidentalis caurina*) habitat in Central Oregon, USA. *For. Ecol. Manage* 246: 45–56.
- Ainuddin, N.A., Ampun, J., 2008. Temporal analysis of the Ketch-byram drought index in Malaysia: Implication for forest fire management. *J. Applied Sci.* 8(21), 3991 – 3994
- Aldrian E., and R.D. Susanto. 2003. Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *Int. J. Climatol.* 23: 1435–1452
- Aldrian E., and Y.S. Djamil. 2008. Spatio-temporal climatic change of rainfall in East Java Indonesia. *Int. J. Climatol.* 28: 435–448
- Alexander ME. 1990. Computer calculation of the Keetch-Byram Drought Index – programmers beware! *Fire Manage. Notes* 51 (4): 23-25.
- Boer, M.M., Sadler, R.J., Wittkuhn, R.S., McCaw, L., Grierson, P.F., 2009. Long-term impacts of prescribed burning on regional extent and incidence of wildfires—Evidence from 50 years of active fire management in SW Australian forests. *For. Ecol. Manage.* 259, 132–142
- Brolley JM, JJ O'Brien, J Schoof, D Zierden. 2007. Experimental drought threat forecast for Florida. *Agric. For. Meteorol.* 145:84–96
- Buchholz, G., and D. Weidemann. 2000. The Use of simple Fire Danger Rating Systems as a Tool for Early Warning in Forestry. *International Forest Fire News No.* 23, 32-36.
- Burn DH, and MAH Elnur. 2002. Detection of hydrologic trends and variability. *J. Hydrol.* 255: 107 – 122
- Chan D.W., J.T. Paul, A. Dozier. 2004. Keetch–byram drought index: can it help predict wildland fires? *Fire Management Today* 64(2): 39 – 42
- Choi, J., Cooke, W.H., Stevens, M.D., 2009. Development of a Water Budget Management System for Fire Potential Mapping. *GIScience & Remote Sens.*, 46(1), 39–53. DOI: 10.2747/1548-1603.46.1.39
- Chiew FHS, TC Piechota, JA Dracup, TA McMahon. 1998. El Nino/Southern Oscillation and Australian rainfall, streamflow and drought: Links and potential for forecasting. *J. Hydrol* 204:138–149
- Cooke W., V. Anantharaj, C. Wax, J. Choi, K. Grala, M. Jolly, G.P. Dixon, J. Dyer, D.L. Evans, and G.B. Goodrich. 2007. Integrating Climatic and Fuels Information into National Fire Risk Decision Support Tools. *USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-46CD.* Page 555 – 569.
- Chuvienco, E, I Aguado, M Yebra, H Nieto, J Salas, MP Martín, L Vilar, J Martínez, S Martín, P Ibarra, J de la Riva, J Baeza, F Rodrigues, JR Molina, MA Herrera, R Zamora. 2009. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecol. Model.* (in press), doi:10.1016/j.ecolmodel.2008.11.017
- Dai, A., Trenberth, K.E. and Qian, T. 2004: A global data set of Palmer Drought Severity Index for 1870–2002: relationship with soil moisture and effects of surface warming. *J. Hydrometeorol.* 5, 1117–30
- Dimitrakopoulos A.P., A.M. Bemmerzouk. 2003. Predicting live herbaceous moisture content from a seasonal drought index. *Int J Biometeorol.* 47:73–79. DOI 10.1007/s00484-002-0151-1.
- Dolling, K., Chu, P-S., Fujioka, F., 2005. A climatological study of the Keetch/Byram drought index and fire activity in the Hawaiian Islands. *Agric. For. Meteorol.* 133, 17–27
- Finkele, K., Mills, G.A., Beard, G., Jones, D.A., 2006. National gridded drought factors and comparison of two soil moisture deficit formulations used in prediction of Forest Fire Danger Index in Australia. *Aust. Met. Mag.* 55: 183-197
- Gill AM, and SL Stephens. 2009. Scientific and social challenges for the management of fire-prone wildland–urban interfaces. *Environ. Res. Lett.* 4 (2009) 034014 (10pp). doi:10.1088/1748-9326/4/3/034014
- Griffiths G.M., L. E. Chambers, P. M. Della-Marta, N. Ouprasitwong, A. Gosai, D. Solofa, M. R. Haylock, N. Iga, L. Tahani, R. Lata, M. J. Manton, V. Laurent, D. T. Thuy, L. Tibig, N. Nicholls, L. Maitrepierre, B. Trewin, H.-J. Baek, Y. Choi, H. Nakamigawa, K. VEDIAPAN, and P. Zhai. 2005. Change in mean temperature as a predictor of extreme temperature change in the Asia–pacific region. *Int. J. Climatol.* 25: 1301–1330
- Groisman, P.Y., Sherstyukov, B.G., Razuvaev, V.N., Knight, R.W., Enloe, J.G., Stroumentova, N.S., Whitfield, P.H., Forland, E., Hannsen-Bauer, I., Tuomervirta, H., Aleksandersson, H., Mescherskaya, A.V., Karl, T.R., 2007. Potential forest fire danger over northern Eurasia: changes during the 20th century. *Global Planet. Change* 56, 371–386.
- Haylock M., and J. McBride. 2001. Spatial Coherence and Predictability of Indonesian Wet Season Rainfall. *J. Climate* 14: 3882-3887
- Johnstone JF, and FS Chapin III. 2006. Effects of Soil Burn Severity on Post-Fire Tree Recruitment in Boreal Forest. *Ecosystems* 9: 14–31. DOI: 10.1007/s10021-004-0042-x
- Karl T.R., P.D.Jones, R.W. Knight, G. Kukla, N. Plummer, V. Razuvaev, K.P. Gallo, J. Lindsey, R.J. Charlson, and T.C. Peterson. 1993. Asymmetric trends of daily maximum and

- minimum temperature. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 74(6): 1007-1023
- Keetch JJ and GM Byram. 1968. A drought index for forest fire control. USDA Forest Service Research Paper SE-38.
- Kottek M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf, and F. Rubel. 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification Updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15(3): 259-263
- Liu Y., J. Stanturf, S. Goodrick. 2010. Trends in global wildfire potential in a changing climate. *For. Ecol. Manage.* 259: 685–697.
- Malevsky-Malevich, S.P., Molkentin, E.K., Nadyozhina, E.D., Shklyarevich, O.B., 2008. An assessment of potential change in wildfire activity in the Russian boreal forest zone induced by climate warming during the twenty-first century. *Climatic Change* 86, 463–474. doi 10.1007/s10584-007-9295-7
- Murdiyarso, D., M. Widodo, D. Suyamto. 2002a. Fire risks in forest carbon projects in Indonesia. *Science in China*. Vol. 45 Supp.
- Murdiyarso, D., M. van Noordwijk, U.R. Wasrin, T.P. Tomich, A.N. Gillison. 2002b. Environmental benefits and sustainable land-use options in the Jambi transect, Sumatra. *J. Vegetation Sci.* 13:429-438
- Nicholls N., H.-J. Baek, P. M. Della-Marta, M. J. Manton, D. T. Thuy, A. Gosai, G. M. Griffiths, H. Nakamigawa, L. Tibig, B. Trewin, L. E. Chambers, R. Haylock, N. Ouprasitwong, K. Vediapan, Y. Choi, N. Iga, D. Collins, R. Lata, D. Solofa, and P. Zhai. 2005. The El Niño–Southern Oscillation and daily temperature extremes in East Asia and the west Pacific. *Geophys. Res. Lett.*, 32, L16714, doi:10.1029/2005GL022621
- Page SE, F Siegert, JO Rieley, H-D V Boehm, A Jaya, S Limin. 2002. The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *Nature* 420:61–65.
- Reardon J., G. Curcio, R. Bartlette. 2009. Soil moisture dynamics and smoldering combustion limits of pocosin soils in North Carolina, USA. *Int. J. Wildland Fire* 18, 326–335
- Setiawan BI, M Taufik, S Afianto, Soewarso, J Ginting, A Harisman. 2009. Makalah Seminar Internasional: Achieving Resilient Agriculture to Climate Change through the Development of Climate based Management Scheme. Bogor, 17-19 November 2009.
- Snyder RL, D Spano, P Duce, D Baldocchi, L Xu, KT Paw U. 2006. A fuel dryness index for grassland fire-danger assessment. *Agric. For. Meteorol.* 139 (2006) 1–11
- Senkowsky S. 2001. A burning interest in Boreal forests: Researchers in Alaska link fires with Climate Change. *Bioscience* 51 (11): 916 - 921
- Snyder, R.L., Spano, D., Duce, P., Baldocchi, D., Xu, L., Paw, U.K.T., 2006. A fuel dryness index for grassland fire-danger assessment. *Agric. Forest Meteorol.* 139, 1–11.
- Sparks JC, RE Masters, DM Engle, GA Bukenhofer. 2002. Season of Burn Influences Fire Behavior and Fuel Consumption in Restored Shortleaf Pine–Grassland Communities. *Restoration Ecology* Vol. 10 No. 4, pp. 714–722.
- Stocks BJ, BD Lawson, ME Alexander, CE Van Wagner, RS McAlpine, TJ Lynham, and DE Dube. 1989. The Canadian forest fire danger rating system: An Overview. *For. Chron.* 65: 450 -457.
- Taufik M. 2010. Analisis tren iklim dan ketersediaan air tanah di Palembang, Sumatra Selatan. *J. Agromet* 24 (1): 42-49
- Wallenius TH, S Lilja, and T Kuuluvainen. 2007. Fire history and tree species composition in managed *Picea abies* stands in southern Finland: Implications for restoration. *For. Ecol. Manage.* 250: 89–95
- Weidemann, G., G. Buchholz, Redhahari and A.A. Hoffmann (1998). Fire Danger System for East Kalimantan Province, Indonesia (in Indonesian).
- Wybo JL, F Guraniéri, and B. Richard. 1995. Forest fire danger assessment methods and decision support. *Safety Science* 20: 61 – 70
- Xiong L., S. Guo. 1999. A two-parameter monthly water balance model and its application. *J. Hydrol.* 216: 111–123