

MODEL MONITORING KEKERINGAN DALAM KERANGKA MANAJEMEN BENCANA YANG MEMBERIKAN INFORMASI SECARA SPASIAL DAN TEMPORAL

Wanny K. Adidarma¹⁾, Lanny Martawati²⁾, Levina³⁾, Oky Subrata⁴⁾

¹⁾ Peneliti Utama Bidang Teknik Hidrologi

²⁾ Peneliti Madya Bidang Teknik Hidrologi

^{3),4)} Calon Peneliti Bidang Teknik Hidrologi

Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air

Jl. Ir. H. Juanda No.193 – Bandung

E-mail: wannyadi@gmail.com

Diterima: 29 Maret 2011; Disetujui: 18 Juli 2011

ABSTRAK

Manajemen bencana berbasis manajemen risiko mengandung komponen dasar monitoring bencana agar mampu mencapai sasaran upaya mitigasi untuk menekan risiko dampak bencana sekecil mungkin. Penanganan bencana kekeringan dengan pendekatan nonstruktural tersebut memerlukan monitoring kekeringan dengan keluaran berupa informasi kekeringan spasial berupa peta kekeringan bulanan dan, informasi kekeringan temporal untuk setiap wilayah yaitu Daerah Aliran Sungai. Penelitian ini mengambil studi kasus WS Pemali-Comal yang dibagi menjadi 24 sub-DAS dilengkapi dengan 15 pos hujan terpilih yang mampu mengirimkan data hujan harian secara tepat waktu. Informasi kekeringan diolah dari hasil analisis indeks kekeringan yang dimodelkan berdasarkan metodologi yang dikembangkan oleh Mc Kee (1993) yaitu Standardized Precipitation Index atau SPI. Dengan demikian informasi yang diberikan berkaitan dengan hujan dan termasuk kekeringan meteorologi sebagai indikator utama untuk mengetahui kekeringan hidrologi dan kekeringan pertanian.

Kata kunci: Indeks kekeringan, Standardized Precipitation Index (SPI), intensitas kekeringan, durasi kekeringan, kekeringan wilayah

ABSTRACT

Disaster management based on risk management contains the basic components in the monitoring of disaster mitigation efforts to reach goals that reduce the risk of disaster impact as small as possible. Drought disaster management with non-structural approach requires drought monitoring with drought-spasial information in monthly drought maps and drought-temporal information for each region in watershed. As case study was selected the watershed Pemali-Comal which is divided into 24 (twenty four) sub-catchments supplemented with 15 (fifteen) selected rainfall stations capable of sending real-time daily rainfall data. Drought information data were processed from the drought index analysis results obtained from the model developed by Mc.Kee (1993), namely the Standardized Precipitation Index or SPI. Thus, information obtained will be related with the precipitation rate, and meteorological drought as a main indicator to indicate hydrological drought and agricultural drought.

Keywords: Drought index, Standardized Precipitation Index (SPI), drought intensity, drought duration, regional drought

PENDAHULUAN

Jumlah kejadian bencana kekeringan menempati urutan tiga besar setelah banjir dan kebakaran selama kurun waktu 1811-2011 (Data Informasi Bencana, BNPB, 2011). Selama dekade-dekade akhir terutama kurun waktu 1980-an sampai sekarang dampak perubahan iklim mulai terasa di Indonesia, dengan bertambah seringnya kejadian ekstrem seperti banjir dan kekeringan.

Dampak perubahan iklim pada kondisi kekeringan di WS Pemali Comal sudah dibuktikan melalui analisis keberadaan *trend* intensitas kekeringan yang makin besar nilainya dan semakin luas sebarannya (Adidarma dkk, 2009). Untuk itu perlu dilakukan upaya adaptasi, baik dengan pendekatan struktural maupun nonstruktural seperti Manajemen Bencana. Salah satu komponen dasar yang diperlukan dalam menerapkan Manajemen Bencana adalah Sistem Monitoring

tepat waktu. Kesiapan secara sosial dari masyarakat yang kena bencana dan kesiapan teknis seperti perangkat keras dan lunak untuk menerima teknologi Manajemen Bencana diperlukan agar informasi yang diterbitkan dapat berdaya guna. Kesiapan secara teknis meliputi:

1. Pemilihan pos hujan yang mewakili ditinjau dari statistik, kondisi fisik penakar hujan, sebaran spasial sehingga terpilih 15 buah pos hujan.
2. Peralatan telemetri yang mengumpulkan data hujan secara tepat waktu, disamping para pengamat pos yang dilengkapi dengan pengetahuan sederhana dan telepon genggam untuk mengirim data hujan melalui SMS setiap hari.
3. Perangkat lunak untuk menghitung kondisi kekeringan setiap bulan secara spasial dan temporal hasil perhitungan dipetakan dan menghasilkan Peta Kekeringan Bulanan yang tepat waktu sekaligus informasi mengenai durasi dan intensitas kekeringan pada masa sekarang dan pada masa lalu sehingga dapat dibandingkan tingkat keparahannya.
4. Sosialisasi teknologi ini beserta hasil informasinya kepada instansi dan masyarakat pengguna informasi tersebut.

Makalah ini akan menyajikan bentuk informasi yang didiseminasikan sehingga dapat menggambarkan secara nyata karakter kekeringan yang sedang dan telah berlangsung.

TINJAUAN PUSTAKA

Faktor-faktor yang mendorong pemerintah untuk mengembangkan perencanaan kekeringan sangat beragam dan berbeda pada tiap negara. Akan tetapi, pada kebanyakan negara telah dilakukan upaya untuk menanggapi kekeringan, yang bertujuan mengurangi kerentanan. Kenyataannya, dengan suatu perlakuan tertentu, kerentanan dapat bertambah seperti harapan yang timbul oleh penerima bantuan pemerintah dapat membuat tingkat kerentanan bertambah besar. Di samping itu, kendala utama yang dihadapi dalam perencanaan kekeringan di seluruh dunia adalah kurang adanya pengertian mengenai kekeringan di antara pengambil kebijakan, staf teknik, peneliti, dan masyarakat pada umumnya (Wilhite, 2000).

Di Amerika, perencanaan dilaksanakan oleh pemerintah daerah, negara bagian, dan wilayah. Sebagai contoh, pada tahun 1982, hanya tiga negara bagian yang mengembangkan rencana kekeringan. Sekarang, 30 negara bagian sudah menyiapkan rencana tersebut dan selebihnya ada dalam berbagai tingkat perkembangan. Sejak tahun 1995 telah dibentuk NDMC (*National Drought*

Mitigation Center) di Universitas Nebraska-Lincoln. Tugas utama badan tersebut adalah membantu masyarakat dan lembaga pemerintah, mengembangkan dan melaksanakan tindakan untuk mengurangi kerawanan masyarakat terhadap kekeringan. Setiap tahunnya diperkirakan 12% dari Benua Amerika mengalami kekeringan tingkat parah. Oleh karena itu, NDMC mengutamakan pencegahan, mengikuti manajemen risiko daripada manajemen krisis. Hasil karya badan tersebut sudah dirasakan masyarakat luas terutama dalam membantu perencanaan kekeringan, merencanakan tindakan mitigasi proaktif dan mengadakan hubungan dengan ahli kekeringan lainnya (Wilhite, 2000).

Frekuensi kekeringan makin membesar akhir-akhir ini di Hungaria. Meskipun Hungaria merupakan wilayah kecil tetapi sifat kekeringannya mempunyai kecenderungan berbeda secara signifikan di berbagai daerah di negara tersebut. Agar mencapai suatu sistem monitoring yang berdaya guna, maka jaringan pos dari berbagai instansi dan negara dicoba dipadukan, sehingga peta kekeringan dapat digambarkan. Dalam hal ini digunakan indeks kekeringan SPI yang juga memperlihatkan suatu korelasi yang baik dengan parameter lain yang mencerminkan kekeringan. Seri waktu PDSI dan SPI mengalami pemeriksaan *trend* melalui metode regresi dan metode Mann and Kendall. Hasil uji *trend* menunjukkan bahwa melalui seri waktu PDSI ditemukan pertambahan frekuensi kekeringan di beberapa pos hujan terutama di Dataran Rendah Hungaria. Hal yang sama juga dihasilkan oleh seri waktu SPI (Szalai, 2000).

Berdasarkan data hujan 1970-2004 di Kartanaka, India, dihitung Indeks Kekeringan dengan *Standardized Precipitation Index* (SPI) untuk berbagai skala waktu selanjutnya dipetakan untuk melihat sebaran spasialnya. Laporan mengenai Kajian Kekeringan yang dibuat oleh pemerintah dibandingkan dengan SPI dan menghasilkan koefisien korelasi 0,89 yang mengindikasikan korelasi yang cukup kuat (Sharma et al., 2006).

SPI telah digunakan di berbagai negara sebagai alat untuk memonitor kekeringan. *Workshop on Indices and Early Warning Systems for Drought at University of Nebraska-Lincoln* melahirkan "*Lincoln Declaration on Drought Indices*" yang berisi pernyataan bahwa SPI akan mencerminkan sifat kekeringan meteorologi di seluruh dunia. Kelebihan SPI adalah sederhana dengan input hujan serta mampu menjelaskan kekeringan menggunakan skala waktu, mengandung standarisasi, dan mampu mengindikasikan kering dan basah dengan cara

yang sama. Kelemahan SPI mencakup 1) menggunakan seri waktu variabel hujan yang cukup panjang dan andal, 2) hanya dapat menjelaskan kekeringan meteorologi. Skala waktu dalam metode SPI dihitung berdasarkan seri data hujan yang sudah dilakukan rata bergerak (*moving average*) selama n bulan, sesuai dengan skala waktu yang ditentukan. Skala waktu mencerminkan kondisi propogasi air hujan menjadi siklus hidrologi seperti skala waktu 1 bulan (SPI-1) menengarai kondisi komponen siklus hidrologi jangka pendek seperti kelengasan tanah; 3 bulanan menengarai kondisi hujan musiman; 6 sampai 12 bulan dampak terhadap ketersediaan air di sungai, kolam, dan waduk (Bokal, 2011; Mc Kee, 1993).

Seri *Palmer Drought Severity Index* (PDSI) tahunan dibandingkan dengan SPI-12 yang berasal dari 483 pos hujan tersebar di China menggunakan hujan bulanan dari tahun 1961 sampai 2005. Seri Indeks Kekeringan tersebut dianalisis untuk 10 wilayah besar yang mencakup daratan China digambarkan oleh tujuh buah daerah aliran sungai (DAS) besar dan tiga yang lain terletak di tenggara, barat daya dan barat laut. Hasilnya menunjukkan frekuensi tahun basah dan kering untuk semua periode lebih kecil dari DAS di barat laut dibandingkan dengan yang di utara, jika diperkirakan dengan PDSI, tetapi akan sangat dekat untuk semua DAS apabila dihitung dengan SPI (Zhai dkk, 2010).

METODOLOGI

1 Analisis Standardized Precipitation Index (SPI)

Standardized Precipitation Index (SPI) didesain untuk mengetahui secara kuantitatif defisit hujan dengan berbagai skala waktu. Mc. Kee et al. (1993), mendefinisikan tingkat keparahan kekeringan melalui SPI secara kualitatif seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi Indeks Kekeringan (Sumber: Bokal, 2011, Mc Kee, 1993)

Nilai SPI	Klasifikasi	Probabilitas kumulatif (%)
0 sampai -0.99	Kering ringan	24.0
-1 sampai -1.49	Kekeringan sedang	9.2
-1.5 sampai -1.99	Kekeringan sangat kering	4.4
-2 dan kurang dari -2	Kekeringan ekstrem	2.3

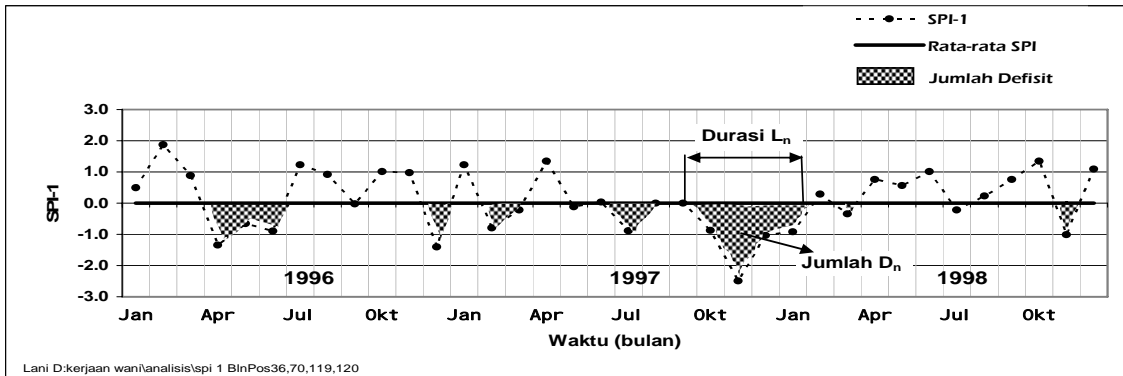
Skala waktu menggambarkan dampak kekeringan pada berbagai sumber air seperti sungai, waduk, dan air tanah. SPI dihitung berdasarkan selisih antara hujan yang sebenarnya terjadi dengan hujan rata-rata menggunakan skala waktu tertentu, dibagi dengan simpangan bakunya. Untuk menghilangkan faktor musim pada deret data hujan bulanan di samping membentuk satu deret data dengan distribusi probabilitas yang sama, dilakukan transformasi data. Transformasi dilakukan berdasarkan jenis distribusi yang mendekati deret data (*fitting*), data hujan bulanan biasanya mendekati Distribusi Gamma.

Pertama kali dengan mengubah data menjadi bentuk peluang kumulatif (*cdf* atau *cumulative distribution function*) dengan jenis distribusi Gamma. Selanjutnya diubah menjadi bentuk distribusi Normal baku (*standard*), dan nilai yang dihasilkan merupakan indeks kekeringan SPI. Proses perhitungan SPI sebenarnya merupakan upaya untuk menjadikan seri data asli menjadi seragam, sehingga regionalisasi dapat dilakukan. Menurut Edward dkk. (1997) SPI mampu mengukur kondisi hujan dan kelengasan tanah pada periode tertentu yang menyimpang dari biasanya (secara historis berdasarkan data hujan menerus selama 30 tahun atau lebih).

2 Durasi dan Intensitas Kekeringan Titik

Kejadian kekeringan didefinisikan sebagai waktu di mana SPI bertanda negatif terus-menerus terjadi sampai nilai positif terjadi lagi, tenggang waktu tersebut dikatakan Durasi Kekeringan. Nilai SPI dijumlahkan selama tenggang waktu durasi tersebut akan menggambarkan jumlah kekeringan. Selanjutnya intensitas kekeringan dihitung berdasarkan jumlah dibagi durasi kekeringan (Hayes,1999; Edward,1997; McKee,1993). Jadi, seri data hujan bulanan melalui SPI dapat menghasilkan seri data SPI baru seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Jika durasi kekeringan sudah dihitung maka intensitas kekeringan SPI dapat ditentukan pula. Kekeringan titik bersifat unidimensi dalam skala ruang, dihitung berdasarkan deret indeks kekeringan SPI di setiap pos hujan yang mewakili suatu radius tertentu.

Gambar 1 menunjukkan pengertian dari durasi, jumlah dan intensitas kekeringan. Bagian yang berada di atas garis rata-rata SPI, disebut surplus/basah. Bagian yang berada di bawah garis rata-rata disebut defisit. Jumlah bagian yang mengalami defisit berkesinambungan disebut jumlah kekeringan. Lama atau durasi terjadi pada bagian defisit yang berkesinambungan dengan satuan bulan. Gambaran kekeringan dalam bentuk durasi, merupakan hasil akumulasi kekeringan



Gambar 1 Durasi dan jumlah defisit, menurut SPI-1, pos hujan Pagongan (36)

selama kurun waktu tertentu, musiman atau tahunan.

3 Kekeringan Wilayah (*Regional Drought*)

Untuk seri hujan bulanan yang mengandung periodisitas, melalui proses transformasi yang bertujuan memperlemah periodisitas dihasilkan variabel baru seperti SPI menghilangkan periodisitas musiman. Dengan adanya standarisasi maka bobot dan distribusi frekuensi dari setiap seri data menjadi sama karena mempunyai rata-rata nol dan simpangan baku satu, sehingga dapat dilakukan analisis regionalisasi.

Metode yang digunakan untuk merata-rata SPI dalam cakupan DAS, WS maupun SWS adalah Poligon Thiessen (lihat Gambar 5). Jika faktor bobot yang diperoleh dari metode tersebut dikalikan dengan SPI di setiap pos, maka diperoleh satu deret SPI untuk wilayah yang bersangkutan. Metode ini tidak diterapkan pada seri waktu SPI saja, melainkan durasi dan intensitas juga.

4 Ketersediaan Data

Data hujan bulanan di 15 pos hujan dari tahun 1951-2011 yang tersebar di wilayah Pemali Comal, yang siap pakai setelah melalui tahap penyaringan, pengisian data kosong, dan pemilihan pos hujan dari 93 pos hujan yang tersedia. Pos hujan terpilih adalah Luwung Bata (5a), Songgom (22), Notog (25), Penjalin (33c), Pesayangan (35b), Sirampok (57), Bojong (60), Dukuhkasur (63a), Ponolawen (97), Bantarbolang (88), Moga (73), Surabayaan (116), Bongas (109), Reban (137) dan Subah (134). Lokasi pos dapat dilihat pada Gambar 5.

HASIL ANALISIS

1 Peta Kekeringan Memberikan Informasi Sebaran Spasial

Skala waktu pendek, yaitu satu dan tiga bulan, indeks kekeringan dari SPI-1 sangat fluktuatif karena banyak mengandung durasi pendek seperti satu bulan sehingga jika dipetakan

sangat heterogen. Lain halnya dengan indeks kekeringan SPI-3 lebih homogen jika dipetakan. Seperti terlihat pada Tabel 1, indeks kekeringan mempunyai peringkat dari biasa sampai ekstrem yang di dalam peta dinyatakan dengan bentuk gradasi warna. Sebagai contoh, peta kekeringan dalam Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4 menggunakan SPI-3, mewakili tahun normal, yaitu tahun 2000 banyak didominasi oleh warna kuning dan biru menggambarkan kekeringan biasa yang cenderung basah.

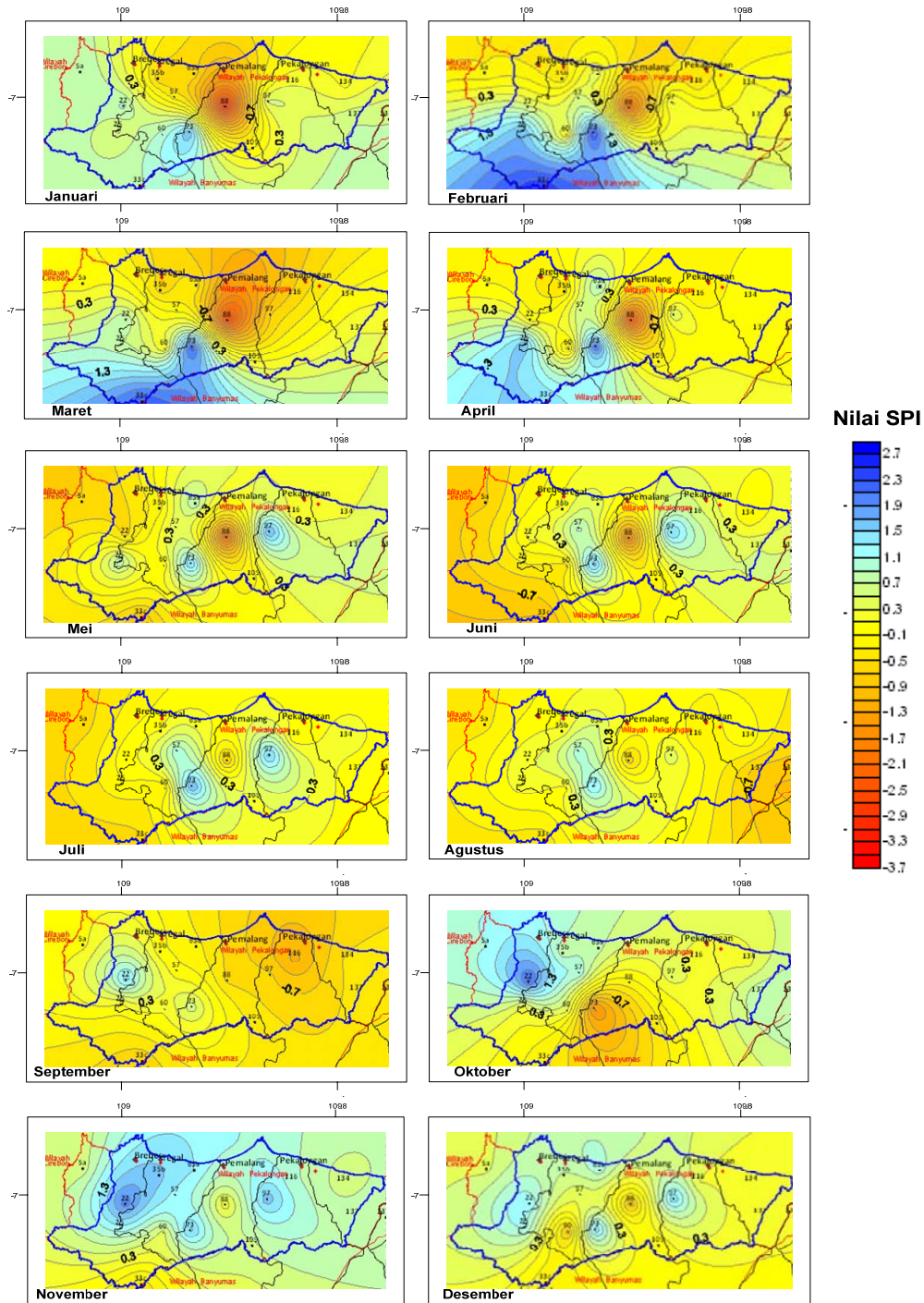
Tahun kering diwakili oleh tahun 1997 didominasi oleh warna coklat menuju merah di sebelah timur setelah bulan April makin luas daerahnya dan mencapai puncaknya merata dengan peringkat tinggi di bulan November-Desember 1997, pergerakannya dapat terdeteksi dari bulan ke bulan. Tahun 2010 menggambarkan tahun terakhir dari data yang dapat dikumpulkan mengindikasikan kekeringan yang melanda tidak merata seperti tahun 1997, terkonsentrasi di ujung tenggara dan timur laut. Peta kekeringan tersebut belum dapat memberikan informasi secara tepat awal dan akhir serta besarnya kekeringan selama periode kejadian.

2 Intensitas dan Durasi Kekeringan Memberikan Informasi Secara Temporal

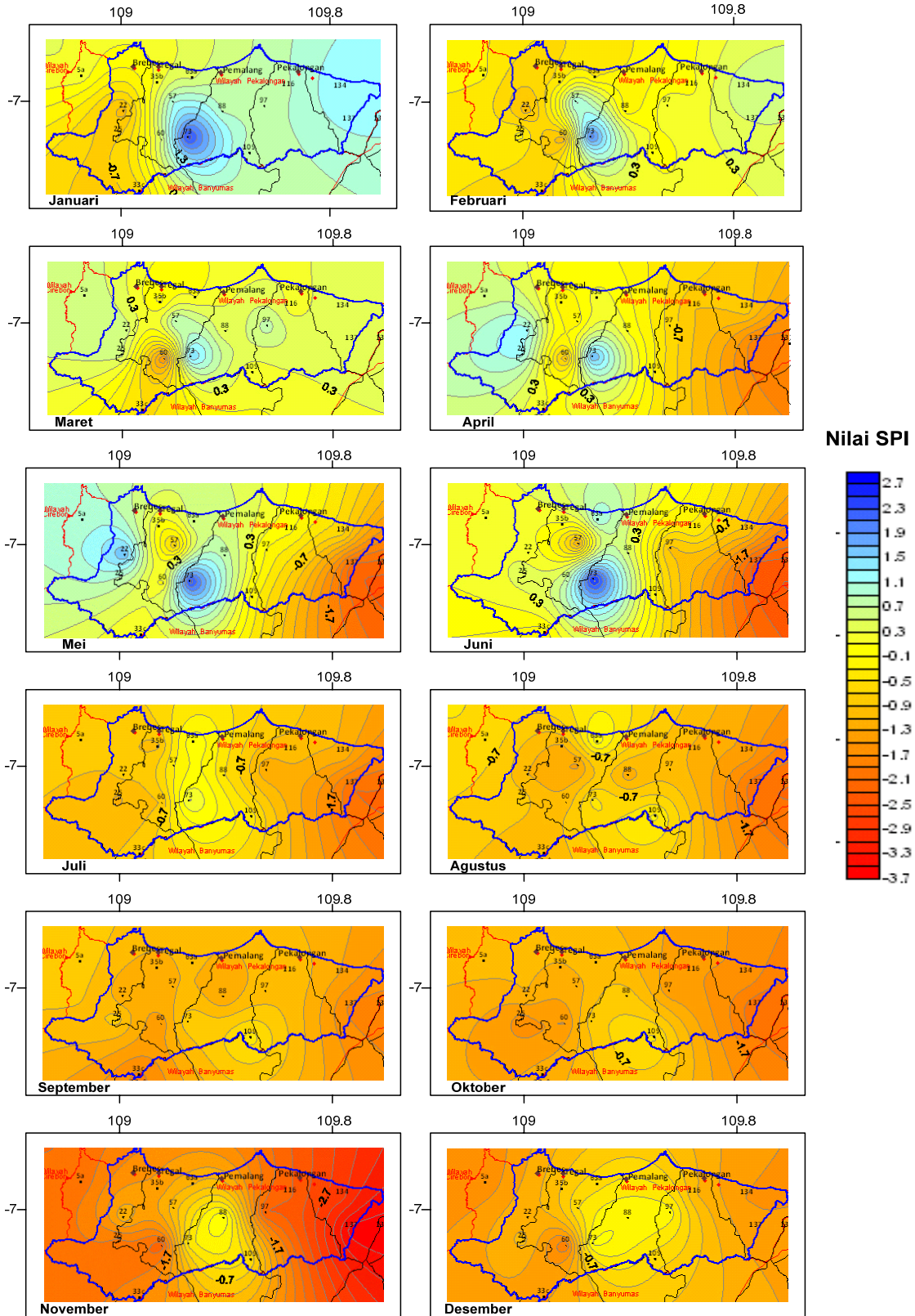
Seri indeks kekeringan rata-rata suatu wilayah ditentukan dengan Poligon Thiessen, dimana batas wilayah yang digunakan berdasarkan Daerah Aliran Sungai (DAS) atau Satuan Wilayah Sungai (SWS) yang terdiri dari banyak DAS. Dari indeks kekeringan, jumlah dan durasi kekeringan dapat dihitung jika seri indeks kekeringan (SPI) tersedia secara runtut dari bulan ke bulan dengan demikian intensitas kekeringan dapat dengan mudah dihitung, yaitu jumlah kekeringan dibagi durasi kekeringan (lihat Gambar 1). Indeks kekeringan tidak mempunyai satuan, durasi bersatuan bulan menjadikan intensitas mempunyai

satuan 1/bulan. Jika nilai SPI menggambarkan kondisi kekeringan pada bulan yang bersangkutan dengan berbagai skala waktu maka intensitas kekeringan menggambarkan karakter kekeringan selama durasi waktu yang bersangkutan dan kebanyakan mempunyai nilai satu. Dengan kata lain, tingkat kekeringan yang dialami masuk dalam kelompok kekeringan ringan. Intensitas

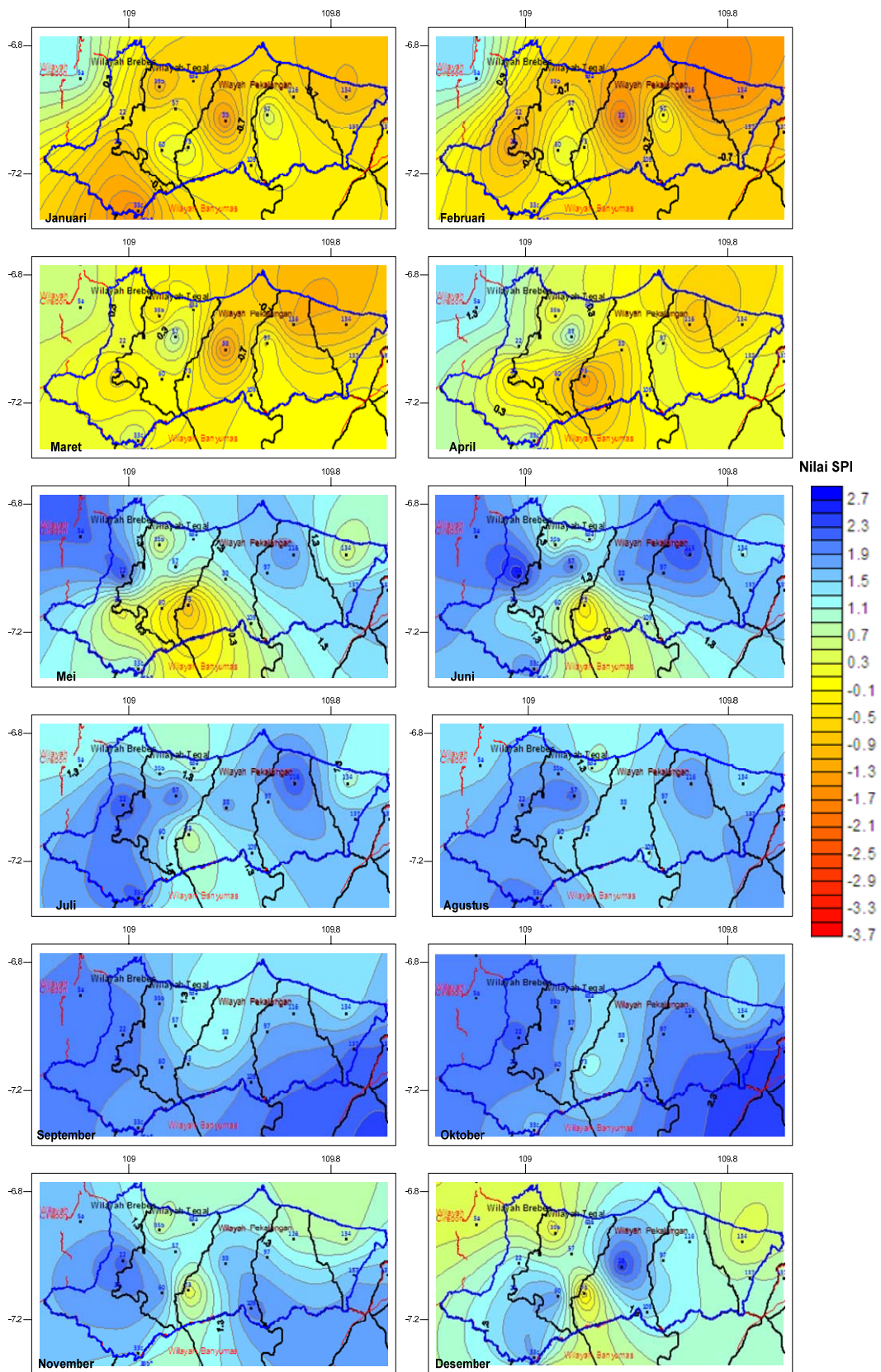
kekeringan lebih banyak memunculkan makna bila dihitung secara wilayah dengan batas sub-DAS atau WS dibandingkan dengan per pos hujan. Gambar 6 sampai dengan Gambar 9 menunjukkan secara grafis besarnya intensitas kekeringan dengan berbagai skala waktu di WS Pemali-Comal dan sub-DAS Pemali.



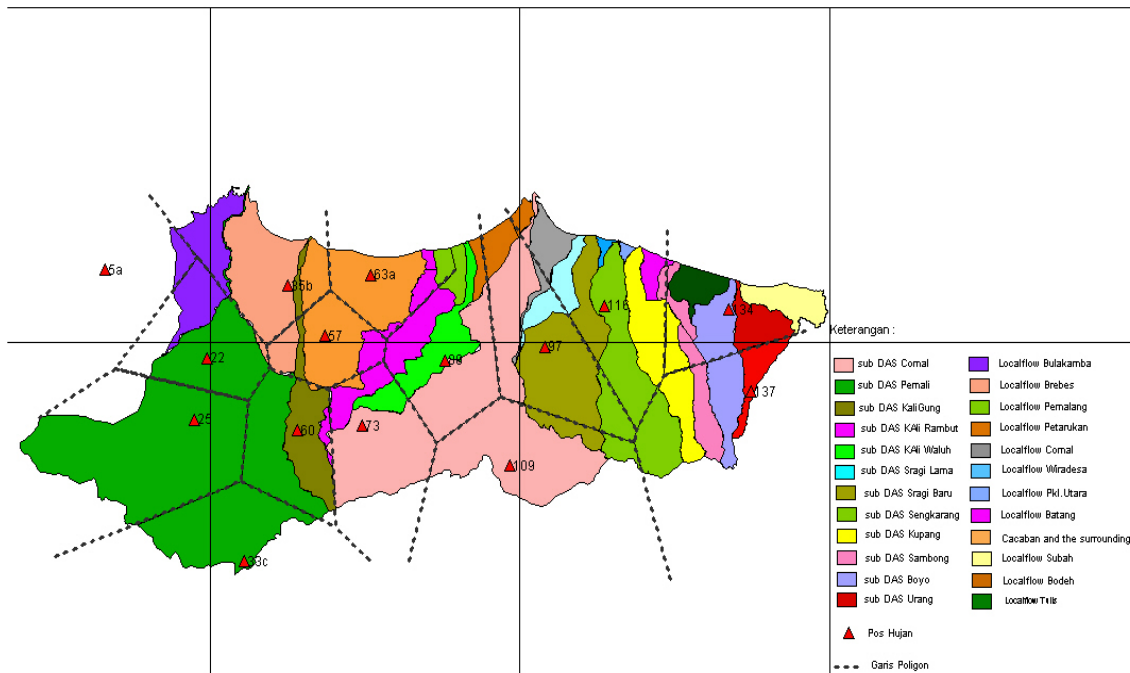
Gambar 2 Contoh Peta Kekeringan Tahun 2000 Menggunakan SPI-3



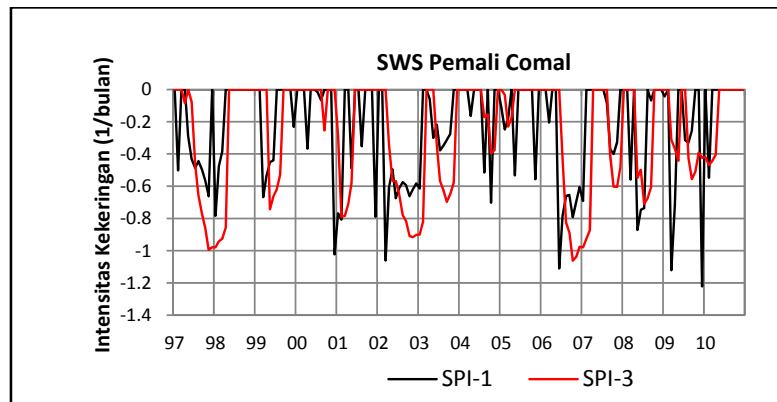
Gambar 3 Contoh Peta Kekeringan Tahun 1997 Menggunakan SPI-3



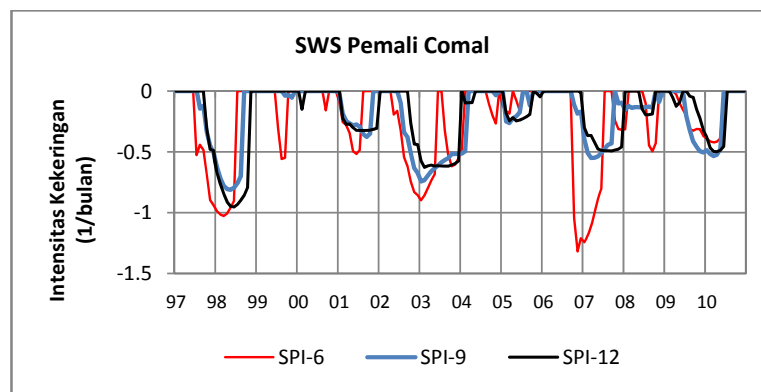
Gambar 4 Contoh Peta Kekeringan Tahun 2010 Menggunakan SPI-3



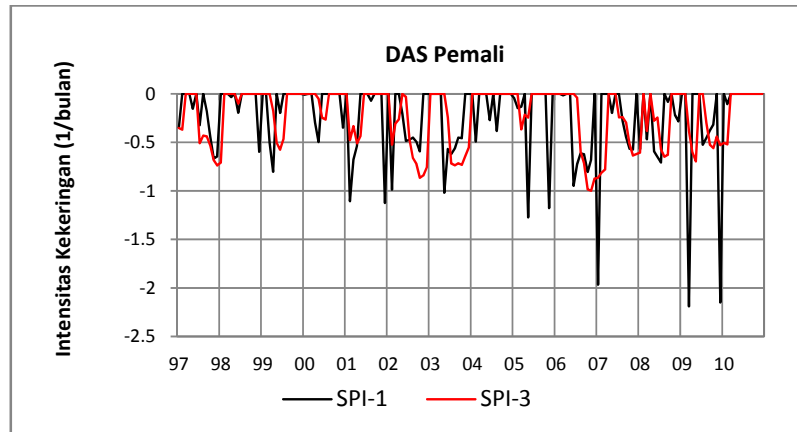
Gambar 5 Peta Wilayah Studi Pemali Comal dengan Poligon Thiessen



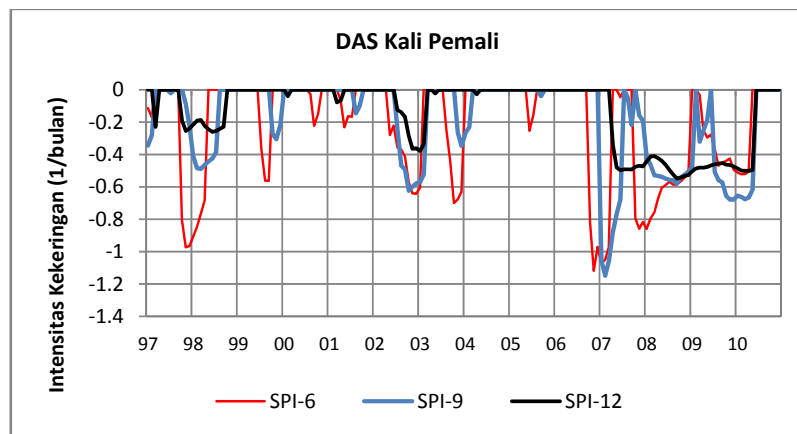
Gambar 6 Intensitas Kekeringan SWS Pemali - Comal, 1997-2010 (SPI-1 dan SPI-3)



Gambar 7 Intensitas Kekeringan SWS Pemali-Comal, 1997-2010 (SPI-6, SPI-9, SPI-12)



Gambar 8 Intensitas Kekeringan DAS Pemali, 1997-2010 (SPI-1 dan SPI-3)



Gambar 9 Intensitas Kekeringan DAS Pemali, 1997-2010 (SPI-6, SPI-9, SPI-12)

3 Persentase Luas Wilayah Kena Bencana

Seberapa besar suatu wilayah terkena bencana belum terjawab melalui peta kekeringan dan grafik intensitas di atas. Informasi yang masih diperlukan untuk melihat karakteristik kekeringan adalah:

- 1) Persentase wilayah terkena bencana kekeringan
- 2) Peringkat tingkat bencana (sedang, sangat kering atau ekstrem) yang melanda daerah yang bersangkutan
- 3) Karakteristik kekeringan setiap tahun tidak pernah sama sifatnya tetapi dapat terdeteksi.

Pada Gambar 10, Gambar 11 dan Gambar 12 terindikasi bahwa tahun 1997-1998 kekeringan terkonsentrasi di musim hujan (September 1997 sampai Maret 1998). Kekeringan 2002-2003 mempunyai sifat agak berbeda, karena kekeringan

ekstremnya tidak mencakup wilayah sebesar 1997-1998.

PEMBAHASAN

Standardized Precipitation Index (SPI) dengan berbagai skala waktu mampu memperbandingkan kejadian kering dan basah di seluruh wilayah studi (Pemali Comal) dengan kondisi iklim yang sedikit berbeda di barat (DAS Pemali), tengah (DAS Comal) dan timur (DAS Urang).

Hasil monitoring mampu menjelaskan karakteristik kekeringan secara mendetail melalui peta kekeringan yang dilengkapi dengan informasi mengenai durasi dan intensitas kekeringan kumulatif dan Persentase wilayah kena bencana kekeringan dari berbagai peringkat (kering sedang, sangat kering dan ekstrem kering).

Peta kekeringan tahun 1997, 2000, 2009-2010 menengarai bahwa tahun 1997, tahun 2000 yang didominasi oleh kondisi basah. Sebaran kering di tahun 2009 tidak separah tahun 1997 demikian pula halnya tahun 2010 mengalami anomali karena kering berada di bulan basah yaitu Oktober-Desember.

1 Informasi Kekeringan SWS Pemali-Comal 1997-2010

Pada DAS Pemali Comal dari tahun 1997-2010 intensitas kekeringan SPI-1 yang melebihi satu terjadi pada tahun 2009 dua kali selama masing-masing satu bulan peringkat -1 sampai -1,2 serta untuk SPI-6 ada di tahun 2006 dan 2007 dengan puncak di peringkat -1,2 sampai -1,4 (kering sedang) dan durasi 13 bulan melewati musim hujan, seperti terlihat pada Gambar 6 dan 7. Persentase kekeringan 2002-2003 lebih menyeluruh meskipun didominasi oleh peringkat kekeringan sedang sampai sangat kering, dan yang masuk peringkat ekstrem kering 10%-20% saja seperti terlihat pada Gambar 10 sampai dengan Gambar 12.

2 Informasi Kekeringan DAS Pemali 1997-2010

DAS Pemali, intensitas kekeringan 1 bulanan tiga kali mencapai -2 (sangat kering) dan lebih dari -2 (ekstrem kering) di tahun 2007 dan 2009 masing-masing satu bulan. Intensitas kekeringan 6 bulanan dan 9 bulanan pernah kurang dari -1 yang berarti sangat kering seperti terlihat pada Gambar 8 dan 9. Pada tahun 2006-2007 selama 6 bulan dan melewati musim hujan. Sebaran kekeringan spasial 1997-1998 (Gambar 10 sampai dengan Gambar

12) hampir mirip dengan 2002-2003. Tetapi secara temporal 1997-1998 terkonsentrasi pada bulan basah terutama pada peringkat kekeringan sedang serta tahun 2002-2003 terkonsentrasi di musim kemarau seperti terlihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.

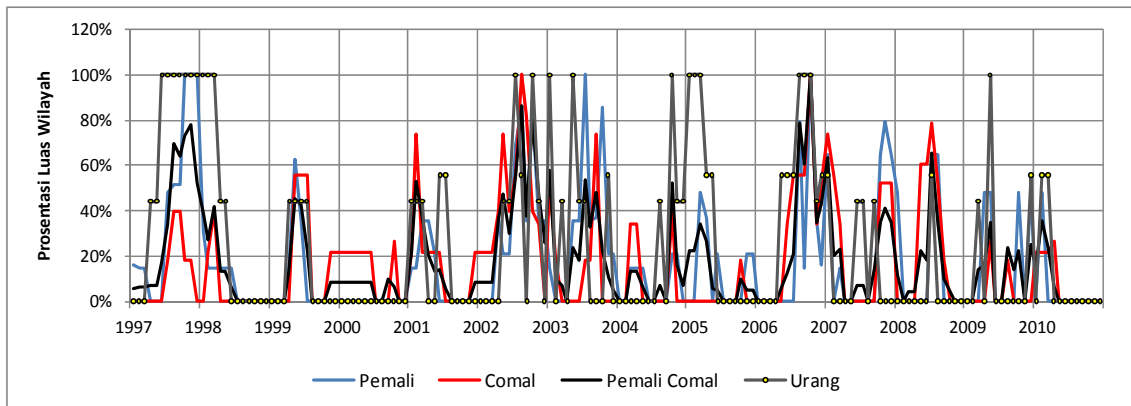
3 Informasi kekeringan DAS Comal 1997-2010

Dalam 2002-2003 terjadi dua kali intensitas kekeringan skala waktu 1 bulan peringkat sangat kering. Sebaliknya, tahun 1997-1998 kondisi kekeringan tidak terlalu signifikan tidak seperti tetangganya DAS Pemali. Tahun 2002-2003 mirip dengan persentase wilayah kena bencana kekeringan peringkat sangat kering dan ekstrem kering lebih besar dari DAS Pemali, lihat Gambar 11 dan Gambar 12.

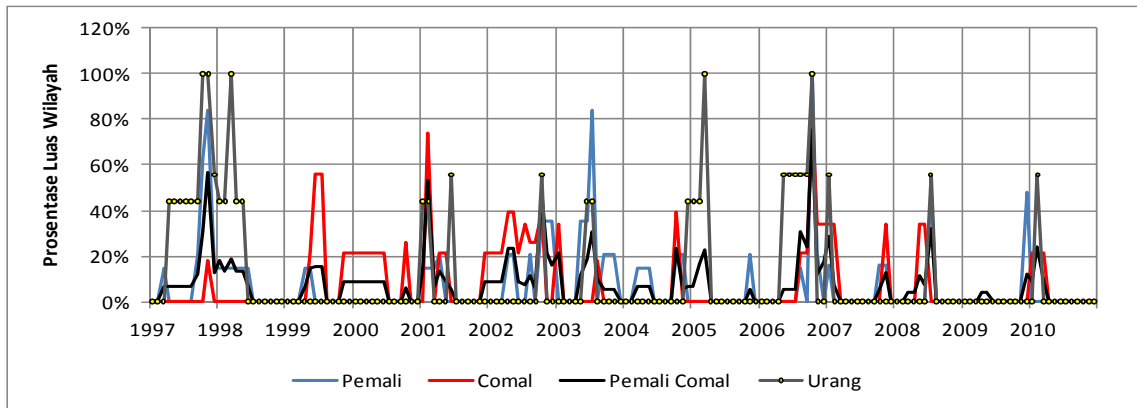
4 Informasi kekeringan DAS Urang tahun 1997-2010

Gambar 11 dan 12, mengindikasikan bahwa tahun 1997-1998 bagian wilayah ini terkena kekeringan paling parah pada semua skala waktu (3 bulan-9 bulan) berada pada peringkat sangat kering dengan durasi lebih dari 12 bulan. Persentase wilayah yang kena bencana cukup besar untuk peringkat kering ekstrem rata-rata 40% bahkan di bulan November 1997 mencapai 100%, paling parah di sepanjang tahun 1997-2010 dibandingkan dengan DAS yang lain.

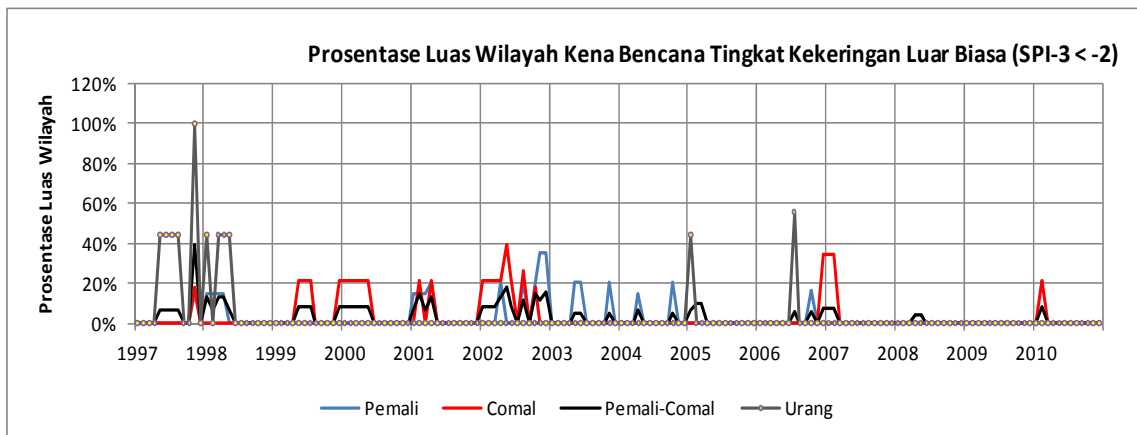
Dari informasi kekeringan tersebut di atas dapat terdeteksi awal dan akhir kekeringan beserta karakteristiknya yang mencakup sebaran spasial dan kondisi kekeringan di setiap wilayah (ada 24 buah sub-DAS dalam wilayah studi).



Gambar 10 Persentase Luas Wilayah Kena Bencana Lebih Parah dari Tingkat Kekeringan Sedang (SPI-3 < -1)



Gambar 11 Persentase Luas Wilayah Kena Bencana Lebih Parah dari Tingkat Kekeringan Parah (SPI-3 < -1,5)



Gambar 12 Persentase Luas Wilayah Kena Bencana Lebih Parah dari Tingkat Kekeringan Ekstrem (SPI-3 < -2)

KESIMPULAN

Model monitoring yang mampu mengukur kekeringan meteorologi dihitung melalui metode *Standardized Precipitation Index* (SPI) berdasarkan 15 pos hujan terpilih menghasilkan sebagai berikut: peta kekeringan meteorologi bulanan yang menjelaskan sebaran spasial kekeringan seantero wilayah studi lengkap dengan peringkatnya. Dari peta ini terlihat pergerakan pusat kekeringan dari bulan ke bulan, sebagai contoh dipilih tahun 1997 (tahun kering), 2000 (tahun normal) dan tahun terakhir 2009-2010; Dalam wilayah studi dibagi menjadi 24 sub-DAS yang dapat dihitung kondisi kekeringannya melalui intensitas kekeringan bersifat kumulatif sejalan dengan durasi kekeringan, melalui gambaran grafis terdeteksi awal dan akhir kekeringan berbagai skala waktu; Persentase wilayah kena bencana untuk seluruh wilayah studi dan ke 24 sub-DAS dihitung menggunakan peringkat kering sedang, sangat

kering dan kering ekstrem; Semua informasi tersebut di atas memberikan penjelasan mengenai karakteristik kekeringan yang tidak pernah sama sifatnya dari bulan ke bulan.

DAFTAR PUSTAKA

Adidarma, Wanny., Lanny Martawati dan Adelia Untari. 2009. *Apakah Trend Hujan di Musim Kemarau yang Berkurang Akan Menimbulkan Intensitas Kekeringan yang Bertambah Parah?*, Forum Group Discussion "Identifikasi Dampak Perubahan Iklim pada Sektor Sumberdaya Air dari Program: Penguatan IPTEK Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim", Kementerian Negara Riset dan Teknologi diselenggarakan di Balai Irigasi, Pusair, Bekasi.

- Edwards, D.C., Mc.Kee,T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. 1997. *Historical Analysis of Drought in the United States*, 77th AMS Annual Meeting, Long Beach, California.
- Edward, D.C. and T. B. MCKee. 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales, *Climatology Report Number 97-2*. Colorado States University, Fort Collins, Colorado
- Hayes,M.J. et al. 1999. Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 80, No. 3, March 1999*.
- Mc.Kee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. *Eighth Conference on Applied Climatology, 17-22 January 1993, Anaheim, California, USA, page 179-184*.
- Szalai, S. et al. 2000. Drought Monitoring in Hungary, In WMO (WMO/TD No.1037), Early Warning Systems for Drought Preparedness and Drought Management, *Proceeding of an Experts Group Meeting held September 5-7,2000 in Lisbon, Portugal, page 182*.
- Sharma, Aditi, V.K. Dadhwal, C. Jeganathan, V. Tolpekin. 2005. Drought Monitoring using Standardized Precipitation Index: A case study for the state of Katamaka, India, http://www.gisdevelopment.net/application/natural_hazards/drought/..., diunduh 18Feb2011.
- Bokal, 2011, Standardized Precipitation Index tool for drought monitoring-Examples from Slovenia-, Drought Management Centre for Southeastern Europe, <http://www.wamis.org/agm/meetings/slovenia10/S3-Bokal-SPI.pdf>, diunduh 20 Februari 2011.
- Wilhite D.A., D.S. Mark. 2000. Drought Early Warning System in the Context of Drought Preparedness and Mitigation, In WMO (WMO/TD No.1037), Early Warning Systems for Drought Preparedness and Drought Management, *Proceeding of an Experts Group Meeting held September 5-7,2000 in Lisbon, Portugal*.
- Zhai, Jianguing, Su, Buda, Krysanova, Valentina, Vetter, Tobias, Gao, Chao, Jiang, Tong. 2010. Spatial Variation and Trends in PDSI and SPI Indices and Their Relation to Streamflow in 10 Large Regions of China, http://findarticles.com/p/articles/mi_7598/is_20100201/ai_n498423....., diunduh 18 Februari 2011.