

ANALISIS PEMILIHAN POS HUJAN UNTUK PEMANTAUAN KEKERINGAN DI WILAYAH SUNGAI PEMALI COMAL

Levina¹⁾, Wanny K Adidarma²⁾, Lanny Martawati³⁾, Wulan Seizarwati⁴⁾

²⁾ Peneliti Utama Bidang Teknik Hidrologi

³⁾ Peneliti Madya Bidang Teknik Hidrologi

^{1,4)} Calon Peneliti Bidang Teknik Hidrologi

Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air

Jl. Ir. H. Juanda No.193 – Bandung

E-mail: ivepusair@gmail.com

Diterima: 22 Februari 2011; Disetujui: 6 Mei 2011

ABSTRAK

Monitoring kekeringan merupakan salah satu bentuk penerapan penanganan kekeringan berbasis manajemen risiko. Sebagai langkah awal, maka diperlukan monitoring data hidrologi, salah satunya adalah data curah hujan (mm). Untuk keperluan monitoring kekeringan diperlukan beberapa pos hujan dari 147 pos hujan yang ada di Wilayah Sungai Pemali Comal, untuk mewakili wilayah/zonanya. Sehingga, penelitian ini difokuskan untuk memilih pos hujan berdasarkan pendekatan statistik dan survey kondisi fisik pos hujan. Pemilihan pos hujan dilakukan dengan menggunakan sistem clustering hujan bulanan dari BMKG, yang disebut Zona Prakiraan Iklim (ZPI). Dalam analisis pemilihan pos hujan tahapan yang dilakukan adalah mengubah seri data hujan menjadi indeks kekeringan (Standardized Precipitation Index atau SPI-12) skala waktu 12 bulan, memilih pos hujan yang mewakili kondisi kekeringan di setiap ZPI, dengan pendekatan statistik yaitu menggunakan Principal Component Analysis (PCA) dan berdasarkan survey lapangan. Dari analisa PCA dapat ditentukan pos-pos hujan terpilih berdasarkan perhitungan. Dari setiap ZPI dihasilkan 2-3 pos hujan utama dan beberapa pos cadangan. Pos-pos terpilih tersebut dilakukan cek/survey lapangan untuk memeriksa kembali kondisi fisik pos hujan di lapangan ditinjau dari alat/tabung pengukur hujan, lingkungan, dan keamanan. Hasil analisis PCA dan survey lapangan diperoleh 15 pos hujan yang dinyatakan mampu mewakili tingkat kekeringan di wilayahnya.

Kata kunci: Monitoring kekeringan, SPI, Pemilihan pos hujan, PCA, Kondisi fisik pos hujan

ABSTRACT

Drought monitoring was an implementation of drought mitigation based on disaster risk management systems. Monitoring of rainfall data (mm) is a first step of drought monitoring. For the purpose of drought monitoring, needed some of 147 rainfall stations on the Pemali Comal watershed, to represented of drought in each area. The selection of rainfall stations used system of monthly rainfall from BMKG clustering, called Zone Climate Forecast (ZPI). Steps in the selection of rainfall stations is to transform the rainfall data series into an index of drought with 12 month time scale (the Standardized Precipitation Index or SPI-12), select the most represented drought conditions in each of ZPI with a statistical approach (is to use Principal Component Analysis/PCA) and based on field survey/ground check. From the PCA analysis can be determined selected rainfall stations based on calculation. From each ZPI choosed 2-3 major rainfall stations and some alternative rainfall stations. Field survey by the selected rainfall stations do to re-examine the physical condition of the rainfall stations in terms of measuring rainfall device, environment, and safety. The result of PCA analysis and field survey obtained 15 rainfall stations that otherwise represented the level of drought in that region.

Key word: Drought monitoring, SPI, Rainfall stations selection, PCA, Physical conditions of rainfall stations

PENDAHULUAN

Sebagai salah satu dampak dari perubahan iklim, kekeringan mengancam berbagai macam sektor kehidupan, khususnya dalam bidang pertanian. Sebagai contoh, terjadi penurunan

produksi padi. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan menerapkan mitigasi kekeringan yang berlandaskan *Disaster Risk Management*. Mitigasi kekeringan ini bertujuan untuk mengantisipasi

dampak dari kekeringan. Untuk mendukung hal tersebut, diperlukan upaya monitoring kekeringan agar dapat diperoleh informasi tingkat kekeringan di suatu wilayah¹.

Wilayah Sungai Pemali Comal dipilih sebagai lokasi penelitian, karena memiliki cakupan wilayah yang sangat luas dan jumlah pos hujan cukup rapat yang tersebar serta tahun pengamatan yang cukup panjang (Gambar 1), sehingga untuk keperluan monitoring kekeringan diperlukan beberapa pos hujan yang mewakili. Penelitian didasarkan Zona Prakiraan Iklim (ZPI) yang dikeluarkan oleh BMKG.

Kajian dalam makalah ini difokuskan pada identifikasi pos-pos hujan yang dapat mewakili tingkat keparahan kekeringan di WS Pemali Comal. Melalui metode SPI (*Standardized Precipitation Index*) curah hujan bulanan diolah sehingga menghasilkan nilai indeks kekeringan. Nilai indeks kekeringan tersebut kemudian digunakan dalam analisis pemilihan pos hujan berdasarkan metode *Principal Component Analysis* (PCA) yang kemudian dibandingkan dengan hasil survey kondisi fisik pos hujan.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengukuran kekeringan meteorologi dilakukan melalui Metode Indeks Kekeringan yang diterapkan pada deret data hujan bulanan. Indeks kekeringan dari *Standardized Precipitation Index* (SPI) menawarkan berbagai skala waktu yang mampu menggambarkan kekeringan hidrologis dari sungai, danau, atau waduk bahkan tampungan air tanah. Indeks kekeringan merupakan suatu nilai yang mengindikasikan tingkat keparahan kekeringan setiap waktu lengkap dengan durasi kekeringan.

Pengertian bahwa bila hujan yang turun mengecil akan mengakibatkan kandungan air dalam tanah dan debit aliran berkurang, menimbulkan berkembangnya konsep *Standardized Precipitation Index* (SPI). SPI dihitung untuk menguantifikasikan defisit hujan dengan berbagai skala waktu. Skala waktu tersebut mencerminkan dampak kekeringan pada ketersediaan air di berbagai sumber. Kondisi kelengasan tanah merespon anomali hujan pada jangka waktu pendek, sedangkan air tanah, debit di sungai, dan tampungan waduk menanggapi anomali hujan lebih lama. Oleh karena itu SPI dihitung untuk berbagai skala waktu, yakni 3, 6, 12, 24, dan 48 bulan².

Untuk kepentingan pemilihan pos hujan dalam kajian ini digunakan SPI dalam skala waktu 12 bulan. SPI 12 dinilai paling tepat untuk pemilihan pos hujan karena alasan-alasan berikut, yakni hanya menangkap variabilitas dengan

frekuensi rendah, untuk menghilangkan siklus tahunan, dan mengacu pada hasil-hasil penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya³. Pemilihan pos hujan dilakukan dengan metode statistik *Principal Component Analysis* (PCA) dan metode survey kondisi fisik pos hujan. Dengan kedua metode ini, maka dapat dipilih pos hujan yang dapat mewakili ZPI nya masing-masing.

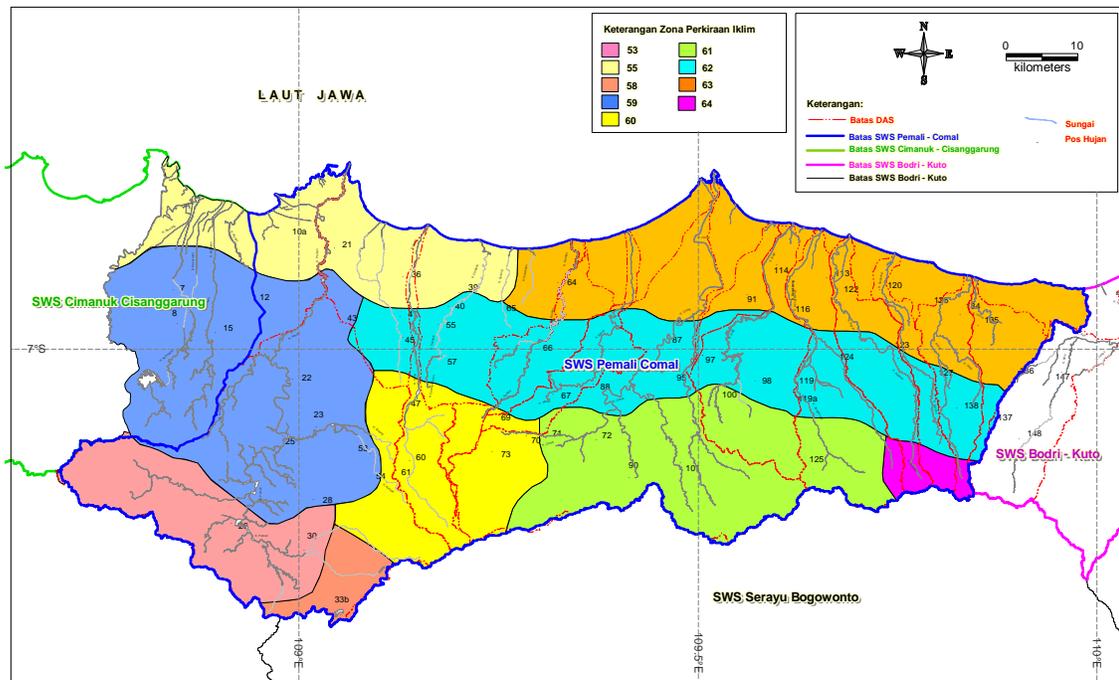
Dalam metoda statistik, analisis komponen utama atau *Principal component analysis* (PCA) adalah transformasi vektor yang sering digunakan untuk mengurangi data multidimensi menjadi dimensi yang lebih kecil untuk analisis. PCA meliputi perhitungan dekomposisi nilai eigen dari data matriks kovarian atau dekomposisi nilai singular dari data matriks, setelah pemusatan rata-rata data untuk masing-masing atribut. PCA sangat sederhana dan paling berguna bagi analisis kebenaran multivariat berdasarkan vektor *eigen* (*eigen vector*) karena operasinya adalah membuka struktur internal dari data dalam jalan sama tengah (*unbiased*).

Fungsi utama PCA adalah mengonstruksikan suatu kombinasi linier dari suatu kelompok vektor variabel lama yang saling korelasi menjadi sejumlah kecil vektor variabel komposit atau komponen baru yang saling ortogonal, yaitu saling tidak korelasi. Karena transformasi ini tidak unik, maka harus dilakukan transformasi atau kombinasi linier "terbaik". Dalam analisis komponen utama kriteria terbaik ini ditinjau dari segi variannya, artinya sekelompok kecil variabel baru tersebut harus dapat mencakup sebagian besar varian dari kelompok variabel lama, sehingga kekekalan informasi-informasi bawaan dapat terjamin. Jadi transformasi terbaik adalah transformasi yang menghasilkan sejumlah komponen yang dapat menerangkan varian yang ada di seluruh data⁴.

Sedangkan pemilihan pos hujan berdasarkan survey kondisi fisik pos hujan dilakukan untuk mengetahui kondisi fisik pos apakah layak dari segi fisik, karena berdasarkan hasil analisis pos-pos hujan tersebut sudah layak dipilih. Dari hasil pemeriksaan kondisi fisik pos hujan ada tiga syarat yang harus dipenuhi agar pos hujan tersebut dapat dikatakan layak secara fisik, yaitu syarat kondisi alat, lingkungan, dan keamanan.

HIPOTESIS PENELITIAN

Monitoring kekeringan dapat diperoleh melalui tingkat keparahan dalam suatu wilayah berdasarkan pos-pos yang mewakili wilayah tersebut.



Sumber: BMKG modifikasi

Gambar 1. Peta Zona Prakiraan Iklim (ZPI) WS Pemali Comal

METODOLOGI

1. Gambaran Umum

Wilayah Sungai Pemali Comal memiliki tingkat kerapatan pos hujan yang besar dan periode yang panjang, yaitu antara 1916-2009. Dalam analisis kekeringan diperlukan data hujan bulanan yang cukup panjang atau memiliki ketersediaan data $\geq 70\%$ dan dikelompokkan dalam Zona Prakiraan Iklim (ZPI) yang dikeluarkan oleh BMKG. Untuk wilayah Pemali Comal, terdapat 9 (Sembilan) ZPI dengan pos hujan yang tersebar cukup merata. Zona Prakiraan Iklim (ZPI) Wilayah Sungai Pemali Comal dapat dilihat pada Gambar 1. Dari 147 pos yang ada di Wilayah Sungai Pemali Comal hanya 94 pos yang memiliki ketersediaan data $\geq 70\%$.

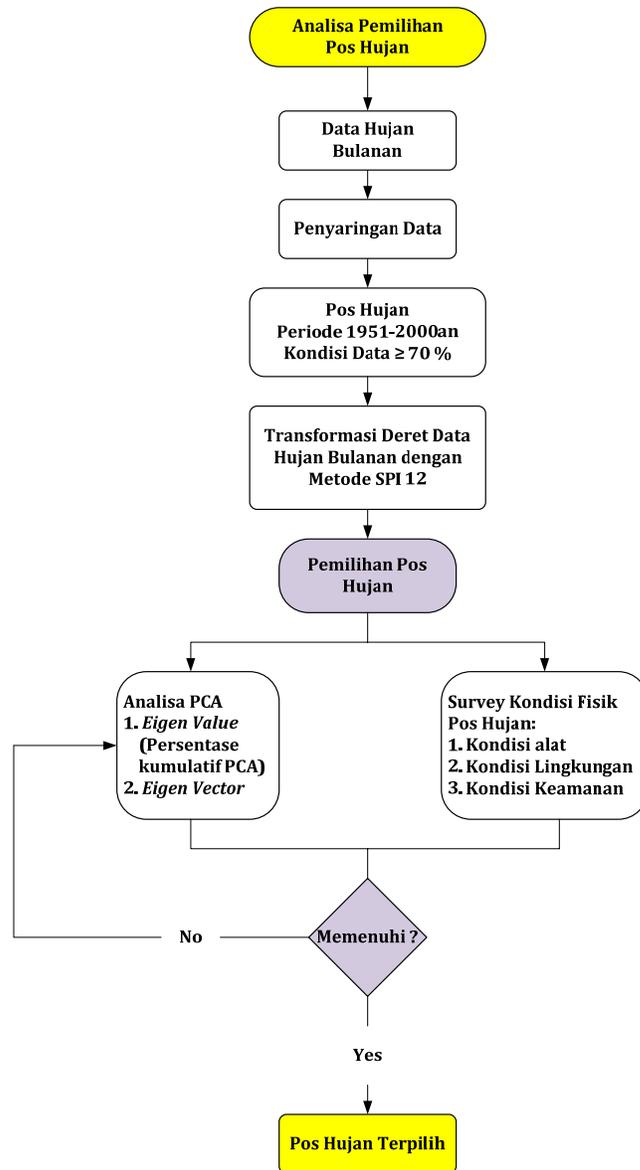
Pemilihan pos dilakukan berdasarkan analisis PCA (*Principal Component Analysis*) dan survey pos hujan yang dilakukan setelah pos-pos hujan dengan ketersediaan data $\geq 70\%$ dikelompokkan berdasarkan Zona Prakiraan Iklim (ZPI). Dari kedua metode tersebut dapat ditentukan pos hujan yang akan mewakili masing-masing ZPI. Pemilihan pos hujan khususnya dengan cara survey lapangan merupakan proses yang cukup panjang, karena sebagian besar kondisi fisik pos hujan di lapangan tidak sesuai dengan hasil analisis PCA. Secara garis besar, kerangka

pikir penelitian dapat dilihat pada bagan alir Gambar 2.

2. Standardized Precipitation Index (SPI)

Indeks kekeringan adalah nilai tunggal yang menggambarkan tingkat keparahan kekeringan (Knutson et al., 1998), dihitung dari data hujan atau data debit dan digunakan sebagai indikator pasok air. SPI dihitung berdasarkan selisih antara hujan yang sebenarnya terjadi dengan hujan rata-rata menggunakan skala waktu tertentu, dibagi dengan simpangan bakunya (Guttman, 1999). Untuk menghilangkan faktor musim pada deret data hujan bulanan maka di samping membentuk satu deret data dengan distribusi probabilitas yang sama, dilakukan pula transformasi data. Proses perhitungan SPI sebenarnya merupakan upaya untuk menjadikan seri data asli menjadi seragam sehingga regionalisasi dapat dilakukan.

Klasifikasi tingkat keparahan kekeringan yang tercantum dalam Tabel 1 untuk mengidentifikasi intensitas kekeringan dan juga kriteria kejadian kekeringan untuk skala waktu tertentu⁵. Kekeringan terjadi pada waktu SPI secara berkesinambungan bernilai negatif dan mencapai intensitas kekeringan dengan SPI bernilai -1 atau kurang.



Gambar 2 Bagan Alir Kerangka Pikir

Tabel 1 Klasifikasi SPI Mengikuti Skala

Nilai SPI	Klasifikasi
2,00	Amat sangat basah
1,50 – 1,99	Sangat basah
1,00 – 1,49	Cukup basah
-0,99 – 0,99	Mendekati normal
-1,00 – (-1,49)	Cukup kering
-1,50 – (-1,99)	Sangat kering
-2,00 atau < (-2,00)	Amat sangat kering

3 Principal Component Analysis (PCA)

Variabel yang digunakan dalam analisis pemilihan pos hujan berdasarkan metoda PCA adalah transformasi deret data hujan bulanan, yang dalam penelitian ini menggunakan metode SPI skala waktu 12 bulan. SPI 12 dinilai paling tepat untuk pemilihan pos hujan karena alasan-alasan berikut, yakni hanya menangkap variabilitas dengan frekuensi rendah, untuk menghilangkan siklus tahunan, dan mengacu pada hasil-hasil penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Dalam SPI, deret data hujan bulanan diubah menjadi probabilitas gamma yang selanjutnya ditransformasikan menjadi nilai z dari normal baku.

PCA dikenal sebagai alat untuk mengolah data secara ruang-waktu³. Metode PCA menghasilkan keluaran berupa *eigen value*, *eigen vector*, dan *factor score*. *Eigen value* menggambarkan koefisien korelasi antara nilai indeks kekeringan masing-masing pos hujan dengan kondisi rata-rata indeks kekeringan seluruh wilayah, sehingga nilai eigen value yang besar memiliki korelasi paling baik dengan nilai rata-rata indeks kekeringan wilayahnya. Nilai variansi dari komponen-komponen baru (PC) yang telah diekstrak dengan baik ini dapat diolah untuk menghasilkan proporsi kumulatif atau presentase perwakilan dari masing-masing PC tersebut.

Presentase kumulatif dari proporsi ini selanjutnya digunakan untuk menentukan berapa banyak PC yang diambil. Selanjutnya untuk penentuan pos hujan terpilih, ditentukan berdasarkan nilai terbesar dari *eigen vector* pada masing-masing PC. *Eigen vector* dapat diolah untuk menggambarkan kondisi data secara spasial (pola spasial). *Eigen value* dan *eigen vector* dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$[X'] = [X] - \frac{[1][X]}{n} \quad (1)$$

Dimana :

[1] = matriks dengan dimensi (n*n) yang seluruh nilainya adalah 1:

$$[S] = \frac{[X']^T [X']}{n-1} \quad (2)$$

Matriks S adalah matriks variansi-kovariansi yang simetris. Dimensi dari matriks S adalah (K*K). Diagonal elemen dari matriks S merupakan sampel variansi. Sedangkan elemen lain dari matriks S merupakan sampel kovariansi. Kemudian dicari vektor eigen (*eigen vector*) dan nilai eigen (*eigen value*) dari matriks variansi-kovariansi [S]. Definisi secara umum dari *eigen vector* dan *eigen value*, ialah didefinisikan $T : S \rightarrow V$

Artinya jika T merupakan transformasi linier dari S ke V. Maka besaran skalar λ disebut *eigen value* dari T jika didapat elemen x yang tidak nol dalam S sehingga berlaku:

$$T(x) = \lambda * x \quad (3)$$

x disebut *eigen vector* dari T yang dimiliki oleh *eigen value* λ .

Berikut merupakan sifat yang terdapat pada matriks *eigen vector* [E], *eigen value* [λ] dan matriks awal [S]:

$$[S]E = \lambda * E \quad (4)$$

$$|X - \lambda I| = 0 \quad (5)$$

Matriks *eigen vector* [E] memiliki dimensi (K*K). *Eigen value* [λ] memiliki dimensi (K*K) juga. Namun pada matriks [λ] seluruhnya bernilai 0 (nol) kecuali pada elemen diagonalnya. Ambil nilai elemen diagonal pada matriks [λ], sehingga dimensi baru dari matriks [λ] adalah (K*1).

Definisikan matriks PCA [F] yang merupakan variabel baru sebagai berikut:

$$[F] = [X'] [E] \quad (6)$$

Matriks PCA [F] memiliki dimensi yang sama dengan data asli yaitu (n*K). Dari *eigen value*, dapat dilihat nilai representatif dari masing-masing PCA terhadap data asli. Jadi dengan melihat distribusi *eigen value*, dapat menentukan banyaknya PCA yang diambil untuk dapat mengolah data seefisien mungkin. Perumusan nilai representatif dari masing-masing PCA dari nilai *eigen value* adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{\sum_{m=1}^{M^*} \lambda_k}{\sum_{m=1}^M \lambda_k} \times 100\% \quad (7)$$

Dimana :

M* = Banyaknya PCA yang akan diambil

M = Banyaknya baris dari matriks [λ]

P = Besarnya nilai representatif dari M* PCA yang diambil

λ_k = Nilai *eigen value* baris ke-k

Dalam PCA, operator transformasi dapat dibalik (*invertible*), oleh karena itu, variabel-variabel lama harus dapat dinyatakan sebagai superposisi linier dari sejumlah komponen-komponen utamanya. Cara untuk mengembalikan ke data asli dari PCA yang telah diambil yaitu definisikan matriks [T] sebagai matriks yang mengambil banyaknya komponen dari matriks *eigen vector* [E].

$$[T] = \begin{bmatrix} e11 & e12 & \dots & e1w \\ e21 & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ ek1 & ek2 & \dots & ekw \end{bmatrix} \quad (8)$$

Dimana:

[T], Matriks yang mengambil banyaknya komponen dari matriks *eigen vector* [E]. Banyaknya *eigen vector* yang akan dipertahankan tergantung dari W. Dimensi dari matriks T ialah (w*K).

W, Banyaknya PCA yang akan dipertahankan.

Definisikan matriks [Y] sebagai matriks yang mengambil banyaknya komponen PCA dari matriks PCA [F].

$$[Y] = \begin{bmatrix} F11 & F12 & \dots & F1w \\ F21 & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Fk1 & Fk2 & \dots & Fkw \end{bmatrix} \quad (9)$$

Dimana:

[Y], Matriks yang mengambil banyaknya komponen PCA dari matriks PCA [F]. Dimensi dari matriks [Y] ialah (n*W).

W, Banyaknya PCA yang akan dipertahankan.

Dari matriks hasil pembalikan ini, maka dihadapkan kepada permasalahan seberapa banyak PCA yang diambil sehingga dapat menerangkan sebagian besar varian dari sistem semula. Masalah ini dapat dipecahkan dengan cara subjektif dan objektif. Secara subjektif, untuk menentukan banyaknya PCA dapat diambil dari distribusi *eigen valuenya*, sebab tiap orang memiliki standar yang berbeda terhadap kesalahan yang ingin dipertahankan.

Dalam penelitian ini dipilih *Kaiser Criterion* untuk penentuan komponen PC yang diambil. Kriteria tersebut berbunyi: "Pertama-tama kita hanya mengambil faktor-faktor yang memiliki nilai *eigen value* lebih besar dari 1. Pada dasarnya dapat dikatakan bahwa, jika faktor-faktor yang diekstrak setidaknya setara dengan variabel asli, maka faktor-faktor tersebut diambil." Kriteria ini dikemukakan oleh Kaiser (1960).

4 Survey Kondisi Fisik Pos Hujan

Untuk pemilihan pos hujan berdasarkan kondisi fisik, yaitu dengan memeriksa kondisi serta kinerja pos hujan di lapangan. Syarat yang harus dipenuhi agar pos hujan dikatakan layak adalah syarat kondisi alat, lingkungan, dan keamanan. Masing-masing syarat tersebut harus terpenuhi, sehingga pos hujan tersebut dapat dikatakan layak.

1) Alat :

- Tipe penakar hujan : luas corong 100 cm² atau 200 cm²
- Tinggi penyangga 120 cm dari tanah ke mulut tabung hujan dan kondisi tegak
- Gelas ukur yang digunakan standard dan sesuai dengan luas corongnya
- Penakar dan kran tidak ada kebocoran

2) Lingkungan :

- Daerah bebas sejauh 10 m dari pohon/bangunan
- Ada pagar besi/kawat

3) Keamanan :

- Jarak rumah pengamat dengan pos hujan dekat
- Pos hujan berada tidak jauh dari perumahan penduduk agar dapat terpantau, sehingga resiko terjadi pencurian dapat dicegah

- Lokasi pos hujan di tempat yang tidak banyak dilewati orang, sehingga validitas data hujan terjaga (beberapa tabung hujan sering diisi air/sampah oleh anak-anak)

Jika ke 3 (tiga) syarat tersebut tidak dipenuhi, maka pos hujan perlu diperbaiki atau dipindah ke tempat yang lebih memenuhi syarat (syarat kondisi lingkungan/keamanan).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1 Analisis PCA (*Principal Component Analysis*)

Dalam menentukan pos hujan terpilih menggunakan 2 metode yaitu analisis PCA (*Principal Component Analysis*) dan survey kondisi fisik pos hujan (survey lapangan). Dalam analisis pos hujan terpilih ini analisis PCA dengan ketersediaan data periode 1951-2009 $\geq 70\%$.

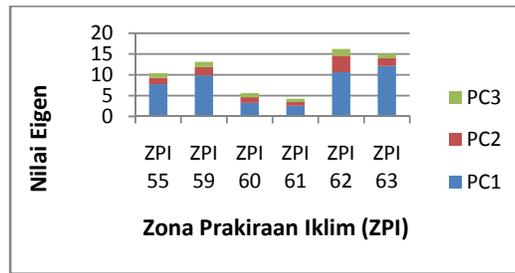
Data curah hujan bulanan (mm) dari 94 pos di WS Pemali Comal yang ditransformasikan menjadi nilai SPI-12 merupakan *input* dalam analisis pemilihan sampel pos hujan secara teoritikal. Nilai SPI-12 ini dinilai paling tepat untuk pemilihan pos hujan karena hanya menangkap variabilitas dengan frekuensi rendah, untuk menghilangkan siklus tahunan dan mengacu pada hasil-hasil penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya³.

Komponen yang dihasilkan dari analisis PCA yaitu *nilai eigen*, proporsi variabilitas data, dan nilai vektor eigen. Nilai eigen dan proporsi variabilitas data merupakan komponen untuk menentukan berapa banyak jumlah PC yang akan diambil. Nilai eigen dan proporsi variabilitas data pada pada setiap ZPI, lihat **Gambar 3**.

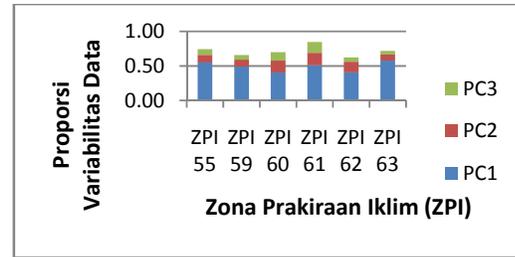
Nilai eigen menunjukkan korelasi antara nilai indeks kekeringan masing-masing pos hujan dengan kondisi rata-rata indeks kekeringan seluruh wilayah. Semakin besar *nilai eigen* maka semakin baik pula korelasinya⁴. Gambar 2 menunjukkan bahwa PC-1 memiliki hasil/nilai yang lebih dominan dibandingkan dengan PC lainnya, sehingga untuk pengambilan sampel PC-1 sudah cukup memenuhi syarat.

Komponen yang dihasilkan dalam analisis PCA selain menghasilkan nilai proporsi PCA, juga menghasilkan nilai *vector eigen*. Analisa koefisien PC dilakukan hanya pada 3 komponen (PC-1, PC-2, dan PC-3) dan diinterpretasikan dalam bentuk peta isohit, lihat **Gambar 4**.

Berdasarkan Gambar 4, PC-1 menunjukkan kondisi yang lebih homogen dibandingkan dengan PC lainnya dan memiliki korelasi yang kuat antara variabilitas data. Sedangkan, untuk PC-2, walaupun nilai proporsinya rata-rata kecil atau dengan kata lain kondisinya heterogen dibandingkan PC-1,

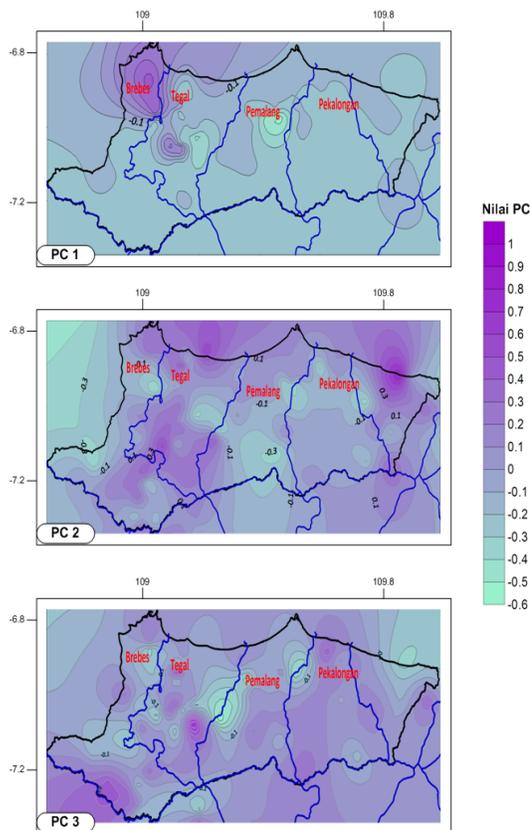


(a)



(b)

Gambar 3 Nilai Eigen (a) dan Proporsi Variabilitas Data (b) Pada PC-1, PC-2, dan PC-3



Gambar 4 Perbandingan Nilai Vektor Eigen (Koefisien PC-1, PC-2, dan PC-3) Wilayah Sungai Pemali Comal

namun diyakini dapat menggambarkan kondisi-kondisi ekstrim yang tidak terwakili oleh PC 1. Sedangkan untuk PC-3, kondisinya heterogen jika dibandingkan dengan PC-1 dan PC-2 atau dengan kata lain korelasi antara variabilitas datanya rendah. Dengan demikian, PC-1 dan PC-2 dinilai sudah mampu merepresentasikan kondisi variabilitas data di wilayah Pemali Comal.

Berdasarkan Gambar 3 dan 4, yang menunjukkan bahwa nilai PC 1 lebih dominan sehingga untuk pemilihan pos hujan berdasarkan analisa PCA dilakukan pada PC 1. Walaupun demikian, diyakini bahwa PC-2 dapat menggambarkan kondisi-kondisi ekstrim yang tidak terwakili oleh PC 1⁷. Sehingga untuk kepentingan pemilihan pos hujan dipilih berdasarkan nilai *vector eigen* terbesar pada PC-1 dan PC-2. Sebagai contoh, pada ZPI 59 pemilihan pos hujan berdasarkan nilai *vector eigen* terbesar dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Nilai *vektor eigen* tidak dipengaruhi oleh tanda positif maupun negatif. Nilai positif atau negatif pada *vektor eigen* menunjukkan variabilitas kondisi kekeringan yang homogen (nilai PC pada seluruh pos bertanda negatif atau positif), seperti terlihat pada PC 1 atau heterogen (ada pos yang memiliki nilai PC positif dan negatif), seperti terlihat pada PC 2.

2 Perbandingan Analisis PCA dan Kondisi Fisik

Pemeriksaan kondisi fisik pos hujan dilakukan berdasarkan nilai hasil analisis PCA. Hal tersebut dilakukan guna menentukan pos utama dan pos cadangan yang akan digunakan ketika dilakukan survey kondisi fisik (survey lapangan). Namun, hasil perbandingan antara nilai PCA dan kondisi fisik pos hujan yang kemudian dapat diputuskan pos hujan mana yang paling ideal sebagai pos yang mewakili zonanya masing-masing. Contoh hasil perbandingan pemilihan pos hujan berdasarkan analisis PCA dan survey kondisi fisik pada ZPI 55 dapat dilihat pada **Tabel 3**.

3 Pos Hujan Terpilih

Berdasarkan hasil analisis PCA, pos 5a (Luwung Bata) dan 22 (Songgom) merupakan pos utama terpilih. Berdasarkan hasil survey baik pada pos utama maupun pos-pos cadangan, beberapa diantaranya sudah memenuhi syarat.

Dengan demikian, pos terpilih untuk mewakili ZPI 59 adalah pos 5a (Luwung Bata), 22 (Songgom), dan 25 (Notog). Perbandingan antara hasil analisis PCA dan survey lapangan dapat dilihat pada Tabel 4. Tahapan pemilihan pos hujan ini merupakan proses yang cukup panjang karena antara hasil perhitungan dan survey lapangan banyak ditemukan ketidakserasian sehingga diperlukan justifikasi tanpa memerhatikan hasil perhitungan.

Dalam menentukan jumlah pos hujan terpilih pada masing-masing ZPI, berdasarkan pada luas ZPI. Jika luas ZPI tersebut cukup besar maka dipilih 2-3 pos yang mewakili dengan jarak antarpos terpilih tersebar merata. Tabel 5 menunjukkan Daftar Nama Pos Hujan dengan Kondisi Data $\geq 70\%$ (tahun 1951-2009) dan 14 pos hujan terpilih di Wilayah Sungai Pemali Comal Berdasarkan ZPI Tahun 1951-2009 dengan Kondisi Data $\geq 70\%$.

Tabel 2 Koefisien PC ZPI 59

No	No. Pos	Nama Pos	PCA			
			PC1	PC2	PC3	PC4
1	5a	Luwung Bata	-0,214	-0,408	-0,197	0,022
2	7	Cimunding	-0,157	-0,387	-0,165	0,216
3	8	Cilembu	-0,263	0,044	-0,088	-0,097
4	9b	Malahayu	-0,266	-0,119	0,151	-0,031
5	12	Slatri	-0,206	0,16	-0,253	-0,116
6	12a	Jatikoreh	-0,246	0,077	-0,134	-0,036
7	12b	Rengaspendawa	-0,241	0,1	-0,355	-0,273
8	15	Kubangwungu	-0,219	-0,141	0,243	-0,344
9	15a	Larangan	-0,223	-0,366	0,120	-0,092
10	21a	Lengkong	-0,23	-0,032	-0,134	-0,236
11	22	Songgom	-0,266	-0,164	-0,141	0,062
12	22a	Gondang	-0,251	0,195	0,192	-0,075
13	23	Margasari	-0,219	0,137	0,437	0,002
14	25	Notog	-0,221	0,01	0,347	0,255
15	28	Tonjong	-0,185	0,385	-0,007	0,245
16	43	Jatibarang	-0,258	0,107	-0,199	-0,054
17	43a	Dukuh Randu	-0,236	0,239	0,243	0,003
18	48a	Parakan Kidang	-0,193	0,337	-0,181	0,126
19	53	Cawitali	-0,173	-0,238	0,269	0,150
20	54	Jejeg	-0,152	-0,031	-0,178	0,704

Tabel 3 Perbandingan Analisis PCA dan Hasil Survey pada ZPI 59

No	No. Pos	Nama Pos	NILAI PCA		Survey	Kondisi		
			PC1	PC2		Alat	Lingk	Keamanan
1	5a	Luwung Bata	-0,214	-0,408	Ya	√√	√	√
2	7	Cimunding	-0,157	-0,387	Ya	√	-	-
3	8	Cilembu	-0,263	0,044				
4	9b	Malahayu	-0,266	-0,119	Ya	√	√	√
5	12	Slatri	-0,206	0,16				
6	12a	Jatikoreh	-0,246	0,077				
7	12b	Rengaspendawa	-0,241	0,1				
8	15	Kubangwungu	-0,219	-0,141				
9	15a	Larangan	-0,223	-0,366	Ya	√√	√√	√√
10	21a	Lengkong	-0,23	-0,032				
11	22	Songgom	-0,266	-0,164	Ya	√	√	√
12	2a	Gondang	-0,251	0,195				
13	23	Margasari	-0,219	0,137				
14	25	Notog	-0,221	0,01	Ya	√√	√√	√
15	28	Tonjong	-0,185	0,385	Ya	√	√	√
16	43	Jatibarang	-0,258	0,107				
17	43a	Dukuh Randu	-0,236	0,239				
18	48a	Parakan Kidang	-0,193	0,337	Ya	√	√	√
19	53	Cawitali	-0,173	-0,238				
20	54	Jejeg	-0,152	-0,031				

Keterangan :



Pos utama

Pos cadangan

√ Cukup baik

√√ Baik

√√√ Sangat baik

- Tdk memenuhi syarat kondisi

Tabel 4 Daftar Nama Pos Hujan di Wilayah Sungai Pemali Comal Berdasarkan ZPI Tahun 1951-2009 dengan Kondisi Data $\geq 70\%$

ZPI 55		ZPI 59		ZPI 60	
No. Pos	Nama Pos	No. Pos	Nama Pos	No. Pos	Nama Pos
1	Losari Lor	5a	Luwung Bata	47	Lebak Siu
4c	Tanjung	7	Cimunding	48	Balapulang
10	Karang Sari	8	Cilembu	50	Kalibakung
10a	Klampok	9b	Malahayu	60	Bojong
21	Brebes	12	Slatri	61	Bumi Jawa
21b	Sidapura	12a	Jatikoreh	61a	Kemaron
21c	Pedes Lohor	12b	Rengaspendawa	70	Kecepit
35a	Slerok	15	Kubangwungu	73	Moga
35b	Pesayangan	15a	Larangan	ZPI 61	
36	Pagongan	21a	Lengkong	No. Pos	Nama Pos
39	Tarub-Paketiban	22	Songgom	71	Randudongka
40	Karangjati	22a	Gondam	72	Nambo
41	Adiwerna	23	Margasari	90	Watukumpul
65	Dukuhrandu	25	Notog	101	Sipedang
ZPI 58		28	Tonjong	109	Bongas
No. Pos	Nama Pos	43	Jatibarang		
33c	Penjalin	43a	Dukuh Randu		
		48a	Parakan Kidang		
		53	Cawitali		
		54	Jejeg		
		ZPI 62		ZPI 63	
No. Pos	Nama Pos	No. Pos	Nama Pos	No. Pos	Nama Pos
44	Procot	63a	Dukuhkasur	64	Warurejo
45	Kemanglen	64	Warurejo	80	Sungapan
46	Dukuh Ringin	80a	Karangsuci	82a	Klereyan
55	Pangkah/Paketiban	82a	Klereyan	83	Ambo-Sumub Kidul
57	Sirampok	83	Ambo-Sumub Kidul	84a	Karangtengah
58a	Geger Buntu	84a	Karangtengah	91	Sragi
66	Cipero	91	Sragi	111	Pekalongan
67	Kedjeneh	111	Pekalongan	113	Medono
69	Warungpiring	113	Medono	114	Kauman
85a	Kebadinan/Ketanonageng	114	Kauman	116	BPKL I/Surabaya
87	Sukowati	116	BPKL I/Surabaya	117a	Kedungwungu
88	Bantar Bolang	117a	Kedungwungu	120	Batang
89	Pedagung	120	Batang	122	Warungasem
95	Ds. Ujungnegero/Kaliwades	122	Warungasem	123	Wonotunggal
96	Kesesi	123	Wonotunggal	126	Simbang/Tulis
96a	Gembiro	126	Simbang/Tulis	134/135	Subah
97	Ponolawen	134/135	Subah	136	Limpung
98	Kajen	136	Limpung	145a	Gringsing/Kertosari
100	Brondong	145a	Gringsing/Kertosari	147	Tersono
118	Karangsari	147	Tersono		
119	Karang Gondang				
124	Kutosari/Duro				
127	Bandar				
137	Reban				
138	Blado				
148	Bawang				

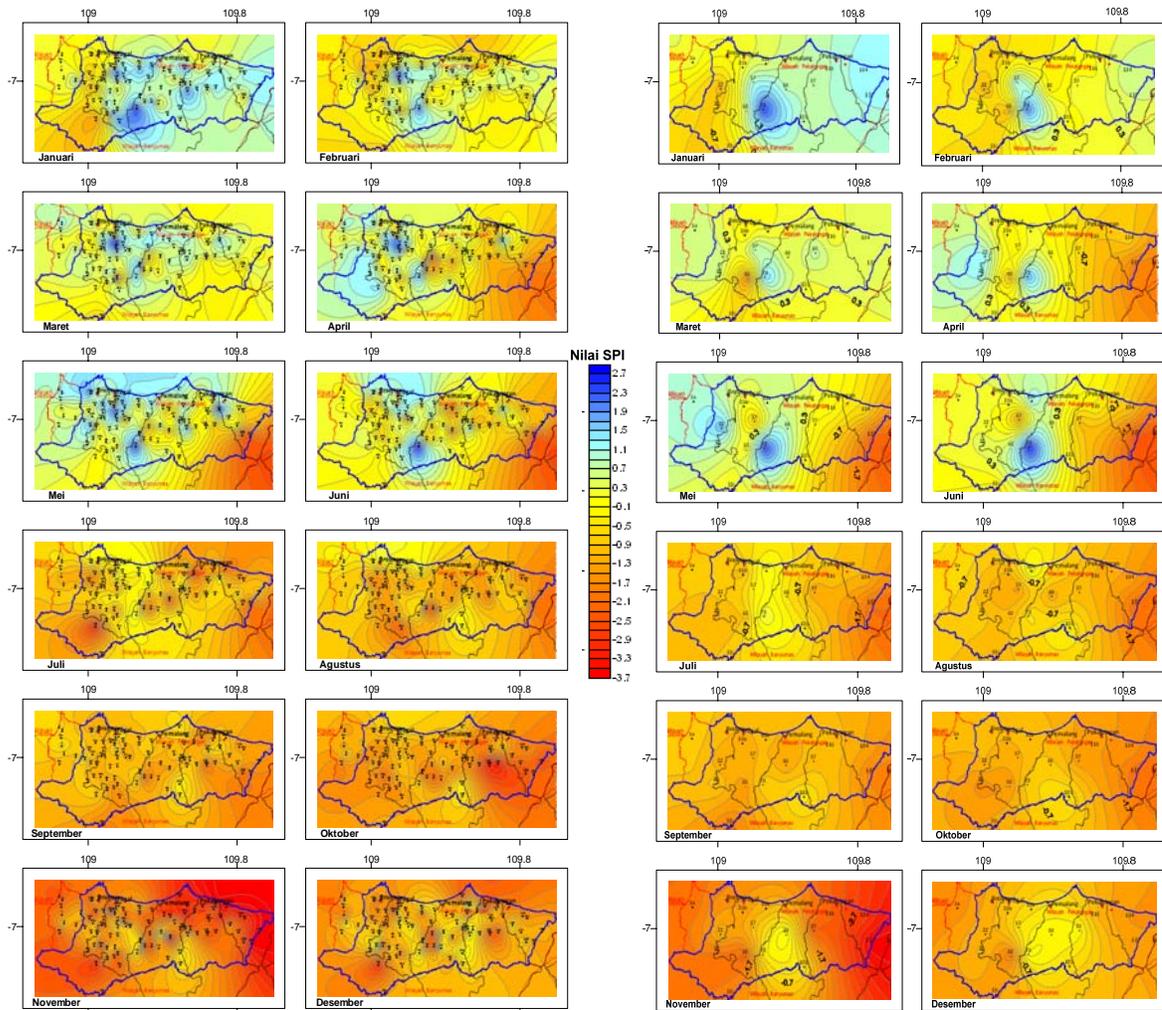
Ket: Pos Terpilih (15 Pos)

4 Perbandingan Peta Kekeringan Bulanan 94 Pos dan 15 Pos Hujan Terpilih

Interpretasi nilai SPI/indeks kekeringan yaitu berupa peta isohit yang menggambarkan sebaran tingkat keparahan kekeringan dalam gradasi warna. Dimana, warna merah hingga merah pekat menunjukkan wilayah tersebut dalam kondisi kering/sangat kering. Warna kuning hingga biru, menunjukkan wilayah tersebut mengalami kondisi normal hingga sangat basah.

Gambar 5 merupakan peta perbandingan sebaran tingkat keparahan kekeringan di wilayah Pemali Comal antara 94 pos dengan 15 pos hujan terpilih.

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa dari peta dengan 15 pos hujan terpilih sudah mampu mewakili tingkat keparahan kekeringan dengan menggunakan 94 pos. Sehingga, untuk analisis selanjutnya, cukup menggunakan 15 pos hujan terpilih.



Gambar 5 Perbandingan Peta Kekeringan Bulanan Antara 94 Pos Hujan dan 15 Pos Hujan Terpilih

KESIMPULAN

Dari hasil analisis pola sebaran kekeringan di wilayah Pemali Comal, dapat disimpulkan bahwa:

Hasil survey lapangan yang merujuk pada pos-pos dengan nilai PC terbaik hasil analisa PCA, ditemukan beberapa ketidaksesuaian dengan kondisi nyata. Untuk mengantisipasi ketidaksesuaian antara pos hujan dengan nilai PC terbaik dan kondisi nyata, maka dipilih beberapa pos cadangan yang nilainya mendekati pos utama, sehingga pos cadangan ini mampu mewakili zonanya.

Berdasarkan hasil analisis PCA dan survey kondisi fisik (lapangan) maka diperoleh 15 pos hujan terpilih (dari 147 pos hujan di Wilayah Sungai Pemali Comal) yang dianggap mampu mewakili tingkat kekeringan di wilayah.

Suatu metode analisis PCA (*Principal Component Analysis*) sudah berhasil diaplikasikan untuk memilih pos hujan yang dapat mewakili suatu Zona Prakiraan Iklim (ZPI). Pos hujan terpilih untuk mewakili setiap zona adalah:

ZPI 55: pos 35b (Pesayangan).

ZPI 58: pos 33c (Penjalin).

ZPI 59: pos 5a (Luwung Bata), 22 (Songgom), dan 25 (Notog).

ZPI 60: pos 60 (Bojong), dan 73 (Moga).

ZPI 61: pos 109 (Bongas).

ZPI 62: pos 57 (Sirampok), 88 (Bantar Bolang), 97 (Ponolawen), dan 137 (Reban).

ZPI 63: pos 63a (Dukuh Kasur), 116 (Surabayan), dan 134 (Subah).

Hasil analisa peta kekeringan bulanan menunjukkan bahwa sebaran tingkat keparahan kekeringan di wilayah Pemali Comal, dengan 94 pos hujan sudah mampu diwakili oleh 15 pos hujan terpilih.

DAFTAR PUSTAKA

- Adidarma, Wanny K. 2008. *Analisa Kekeringan*. Bandung: Pusat Litbang Sumber Daya Air.
- Balai Hidrologi dan Tata Air. 2010. *Mengatasi Kekeringan Akibat Perubahan Iklim Dengan Pendekatan Mitigasi*. Laporan Akhir, Pusat Litbang Sumber Daya Air. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Bordi, I, K. Fraedrich, J.M. Jian, and A. Sutera. 2004. *Spatio - Temporal Variability of Dry and Wet Periods in Eastern China*. Austria: Springer - Verlag. (http://www.mi.uni-hamburg.de/fileadmin/files/.../docs/.../borfraejeia_sut04.pdf, diakses Januari 2010).
- Seizarwati, W. 2009. *Analisis Variabilitas Curah Hujan di Pulau Jawa Menggunakan Data TRMM*. Laporan Kerja Praktek. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Mc.Kee, T.B, N.J. Doesken, and J. Kleist. 1993. *The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales*. Eighth Conference on Applied Climatology, 17-22 January 1993. USA: Anaheim California.