

## Model Prediksi Kekeringan Menggunakan Metode Holt-Winters (Studi Kasus : Wilayah Kabupaten Boyolali)

Dwi Anggono Winarso Suparjo Putra<sup>1)</sup>, Kristoko Dwi Hartomo<sup>\*2)</sup>, Radius Tanone<sup>\*3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Fakultas Teknologi Informasi, Program Studi Teknik Informatika Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga

---

Kekeringan merupakan fenomena alam yang tidak dapat dihindari sebagai salah satu dampak dari perubahan iklim yang mengancam berbagai macam sektor kehidupan. Untuk itu diperlukan sebuah model dalam melakukan prediksi kekeringan sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam memantau daerah rawan terkena dampak kekeringan khususnya di Kabupaten Boyolali. Pada penelitian ini hasil perhitungan prediksi daerah kekeringan ditampilkan melalui perangkat *smartphone Android* menggunakan layanan *Google Maps API* dan *Android Heatmaps Utility Library*. Proses pemetaan dan proses prediksi kekeringan yang didukung dengan mobilitas tinggi dapat membantu proses distribusi informasi menjadi lebih baik. Sistem ini dibuat menggunakan metode *Holt-Winters* dalam melakukan prediksi curah hujan dan klasifikasi tingkat kekeringan berdasarkan *Standardized Precipitation Index*. Berdasarkan hasil yang dicapai, perangkat *smartphone Android* dapat menampilkan hasil prediksi dengan baik dengan nilai *error* kesalahan ramalan terkecil bernilai 4,27.

**Keywords:** *Holt-Winters, Standardized Precipitation Index.*

---

### I. PENDAHULUAN

Kekeringan merupakan salah satu aspek yang perlu diperhatikan ketika perubahan iklim terjadi terutama untuk wilayah Indonesia. Kekeringan merupakan fenomena alam yang tidak dapat dielakkan dan merupakan variasi normal dari cuaca yang perlu dipahami [1]. Sebagai salah satu dampak dari perubahan iklim, kekeringan mengancam berbagai macam sektor kehidupan, khususnya dalam bidang pertanian [2]. Secara umum kekeringan merupakan suatu kondisi dimana terjadi kekurangan air untuk memenuhi kebutuhan [3]. Pemetaan daerah kekeringan pada suatu wilayah dapat digunakan untuk pemantauan tingkat kebasahan di suatu wilayah sehingga dapat dijadikan tolak ukur tingkat defisit air di suatu wilayah yang mengalami dampak kekeringan.

Pada penelitian ini dilakukan uji dalam memodelkan prediksi kekeringan di wilayah Kabupaten Boyolali. Kabupaten Boyolali dipilih sebagai lokasi penelitian dengan alasan wilayah Kabupaten Boyolali merupakan tanah pertanian tadah hujan yang mampu menjadikan wilayah Kabupaten Boyolali sebagai lumbung pangan Jawa Tengah [4]. Kebutuhan terhadap curah hujan menjadikan Kabupaten Boyolali memiliki resiko tinggi terkena dampak kekeringan [5]. Berdasarkan hasil pemetaan Pemerintah Kabupaten Boyolali dibulan September 2013 terdapat 10 kecamatan dari 19 kecamatan di wilayah Kabupaten Boyolali yang masuk daerah rawan krisis air bersih [6].

Berdasarkan fakta tersebut maka dapat disimpulkan bahwa kondisi wilayah Kabupaten Boyolali sebagai wilayah pertanian tadah hujan memiliki resiko tinggi terkena dampak kekeringan sehingga mengancam produksi pangan di wilayah

Kabupaten Boyolali yang mengancam ketersediaan pangan di wilayah provinsi Jawa Tengah terutama ketika musim kering tiba.

Penelitian yang dilakukan tentang Model Prediksi Kekeringan Menggunakan Metode *Holt-Winters* berdasarkan uraian fakta sebelumnya diharapkan pada penelitian ini dapat menghasilkan suatu permodelan prediksi daerah kekeringan sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam pengelolaan lahan dan pengelolaan sumber air untuk menanggulangi dampak kekeringan ketika musim kering tiba.

### II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian sebelumnya dilakukan sebuah penelitian mengenai prediksi kekeringan di DAS Keduang Kabupaten Wonogiri menggunakan metode *JST Backpropagation* sebagai metode dalam melakukan peramalan curah hujan dan menggunakan metode *Standardized Precipitation Index (SPI)* dalam mengklasifikasikan tingkat kekeringan berdasarkan curah hujan yang terjadi dalam satu waktu pada suatu wilayah [7]. Penelitian lainnya dilakukan oleh Vanessa Hapsari dalam membandingkan metode dekomposisi klasik dengan metode pemulusan eksponensial *Holt-Winters* dalam meramalkan tingkat pencemaran udara di Kota Bandung [8]. Sedangkan perbedaan pada penelitian yang dilakukan adalah membahas tentang model prediksi kekeringan berdasarkan klasifikasi nilai *Standardized Precipitation Index (SPI)* menggunakan metode pemulusan eksponensial *Holt-Winters* di Kabupaten Boyolali berdasarkan data curah hujan bulanan di Kabupaten Boyolali di tahun 2001 – 2013.

Metode indeks kekeringan *SPI (Standardized Precipitation Index)* adalah indeks yang digunakan untuk

menentukan penyimpangan curah hujan terhadap normalnya dalam satu periode yang panjang (bulanan, dua bulanan, tiga bulanan, dan seterusnya) [7]. Kriteria tingkat kekeringan menggunakan metode SPI (*Standardized Precipitation Index*) dapat diklasifikasikan dalam skala nilai seperti pada tabel berikut :

**Tabel 1.**  
Tabel Skala Nilai SPI [7]

Nilai SPI	Kategori
$\geq 2.00$	Sangat Basah
1.50 ~ 1.99	Basah
1.00 ~ 1.49	Agak Basah
-0.99 ~ 0.99	Normal
-1.00 ~ -1.49	Agak Kering
-1.50 ~ -1.99	Kering
$\leq -2.00$	Sangat Kering

Adapun cara mengklasifikasikan indeks kekeringan dengan cara SPI (*Standardized Precipitation Index*) dapat dilihat pada persamaan berikut[7] :

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{\sigma_j} \quad (1)$$

Dimana :

- $Z_{ij}$  = Peubah Z tahun ke-i bulan ke-j.
- $X_{ij}$  = Hujan bulanan tahun ke-i bulan ke-j.
- $\bar{X}_j$  = Rata-rata hujan bulan j.
- $\sigma_j$  = Simpangan baku bulan j.

Dengan simpangan baku :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Keterangan :

- $x$  = Data curah hujan.
- $\bar{x}$  = Jumlah rata-rata curah hujan.
- $n$  = Jumlah data.

Dalam menentukan nilai prediksi indeks kekeringan SPI (*Standardized Precipitation Index*) pada periode selanjutnya dilakukan perhitungan dalam menentukan nilai curah hujan pada periode selanjutnya. Dalam melakukan prediksi nilai curah hujan untuk periode selanjutnya digunakan metode *Holt-Winters*. Metode ini digunakan untuk mengatasi permasalahan adanya *trend* dan indikasi musiman dari satu *time-series* data, yang merupakan gabungan dari metode Holt dan metode Winters [9]. Ada dua metode *Holt-Winters* yang berbeda, bergantung pada sifat musiman itu sendiri apakah *additive* atau *multiplicative*[8].

Karakteristik mendasar dari metode *Holt-Wintersmultiplicative* adalah ukuran dari fluktuasi musiman bersifat variasi dan tergantung pada pemulusan keseluruhan (*overall smoothing*) dari deret waktunya [10]. Persamaan yang digunakan pada metode *Holt-Winters Multiplicative* sebagai berikut [8] :

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (3)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (4)$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (5)$$

$$F_{t+m} = (L_t + b_t m)S_{t-s+m} \quad (6)$$

Dimana :

- $s$  = Panjang musiman.
- $F_{t+m}$  = Peramalan untuk  $m$  periode berikutnya.
- $L_t$  = Nilai pemulusan keseluruhan.
- $b_t$  = Komponen trend.
- $S_t$  = Komponen musiman.

Karakteristik mendasar dari metode *Holt-Wintersadditive* adalah ukuran dari fluktuasi musiman bersifat tetap (*steady seasonal fluctuations*) dan tergantung pada pemulusan keseluruhan (*overall smoothing*) dari deret waktunya [10]. Persamaan yang digunakan pada metode *Holt-Winters additive* sebagai berikut [8] :

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (7)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (8)$$

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (9)$$

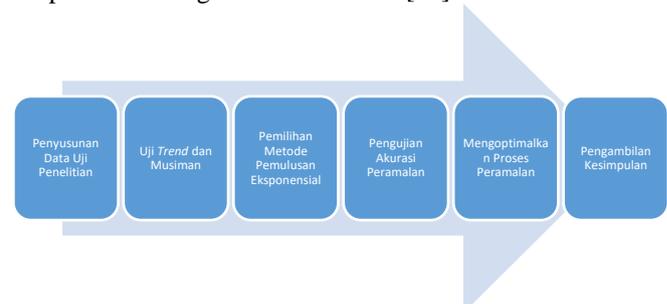
$$F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m} \quad (10)$$

Dimana :

- $s$  = Panjang musiman.
- $F_{t+m}$  = Peramalan untuk  $m$  periode berikutnya.
- $L_t$  = Nilai pemulusan keseluruhan.
- $b_t$  = Komponen trend.
- $S_t$  = Komponen musiman.

### III. METODE PENELITIAN

Metode peramalan yang digunakan pada penelitian ini adalah metode peramalan kuantitatif dimana metode peramalan kuantitatif merupakan metode yang melibatkan analisis statistik terhadap data-data masa lalu[10]. Jenis metode peramalan kuantitatif yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pemulusan eksponensial dimana metode pemulusan eksponensial bersifat sederhana, intuitif, dan mudah dipahami serta memiliki perbedaan yang kecil secara akurasi dalam peramalan antara metode pemulusan eksponensial dengan model ARIMA[10].



**Gambar 1.** Gambar Tahapan Metode Penelitian[11].

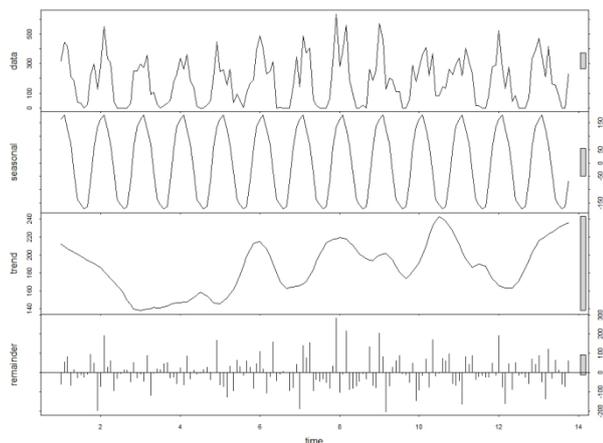
Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dalam melakukan uji model prediksi kekeringan menggunakan metode pemulusan eksponensial terbagi dalam enam tahapan yang

dapat dilihat pada gambar 1. Tahapan pertama dilakukan penyusunan data uji penelitian, data yang digunakan adalah data curah hujan bulanan dari masing-masing kecamatan di Kabupaten Boyolali dari tahun 2001 - 2013. Tahapan kedua dilakukan analisis data uji penelitian untuk mengetahui karakteristik data curah hujan bulanan tahun 2001 - 2013 yang digunakan sebagai data uji pada penelitian ini. Tahapan ketiga dilakukan proses peramalan untuk mendapatkan hasil peramalan pada satu periode ke depan berdasarkan data uji penelitian menggunakan metode peramalan pemulusan eksponensial yang sesuai berdasarkan hasil yang didapatkan pada tahapan kedua. Tahapan keempat melakukan pengujian akurasi peramalan. Tahapan kelima melakukan proses *trial* dan *error* dalam mengoptimalkan proses peramalan dengan melacak nilai parameter yang optimum dalam melakukan peramalan pada data uji penelitian. Tahapan keenam proses pengambilan keputusan berdasarkan hasil capaian peramalan prediksi kekeringan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data lahan potensial kritis wilayah Kabupaten Boyolali tahun 2011 kecamatan Wonosegoro menduduki peringkat teratas dengan luas lahan potensial kritis di tahun 2011 sebesar 5.361,09 ha[12]. Berdasarkan hasil pemetaan daerah rawan krisis air bersih oleh Pemerintah Kabupaten Boyolali di bulan September, Kecamatan Wonosegoro termasuk dalam daerah rawan krisis air bersih[6]. Sehingga pada pembahasan penelitian ini digunakan sampel data curah hujan kecamatan Wonosegoro dari Januari 2001 - Agustus 2013.

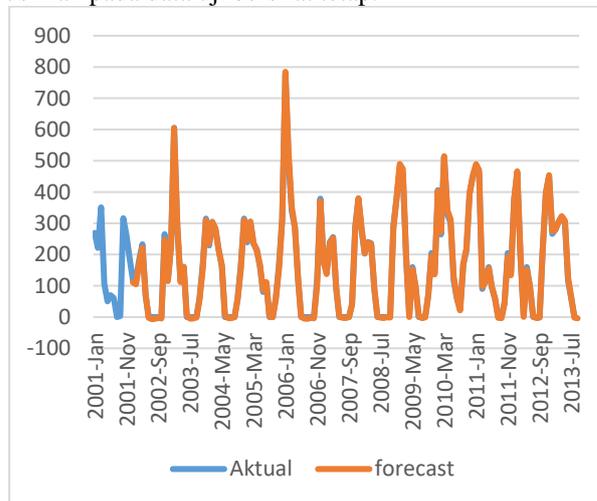
Metode peramalan pemulusan eksponensial *Holt-Winters* digunakan untuk mengatasi permasalahan adanya *trend* dan indikasi pola musiman pada suatu *time series* data sehingga pada sampel data curah hujan bulanan yang digunakan perlu dilakukan uji *trend* dan *seasonality* untuk mengetahui adanya *trend* dan faktor musiman yang terdapat pada data uji.



Gambar 2. Gambar Uji Trend dan Seasonality.

Gambar 2 menunjukkan hasil uji *trend* dan *seasonality* menggunakan metode dekomposisi STL pada sampel data curah hujan Kecamatan Wonosegoro menggunakan program R yang menghasilkan bahwa pada komponen sampel data curah hujan Kecamatan Wonosegoro terdapat adanya *trend* yang cenderung naik dan memiliki bentuk pola data musiman yang bersifat tetap.

Berdasar hasil analisa di atas dimana data uji yang digunakan mengandung unsur data musiman dan terdapat adanya trend pada pola grafik curah hujan sehingga pada penelitian inidapat menggunakan metode prediksi *Holt-Winters* untuk mengatasi permasalahan adanya trend dan indikasi pola data musiman pada data uji yang digunakan[9]. Metode *Holt-Winters* yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Holt-Winters additive* dimana pola data musiman pada data uji bersifat tetap.



Gambar 3. Gambar grafik uji prediksi data.

Gambar 3 menggambarkan grafik hasil perhitungan prediksi menggunakan metode *Holt-Winters additive* yang menunjukkan dimana pola dari grafik prediksi curah hujan sudah dapat mengikuti bentuk dari pola data curah hujan dari data aktual. Berdasarkan hasil dari perhitungan prediksi di atas didapatkan nilai *mean absolute error* sebesar 5.44 sehingga berdasar nilai error yang relatif kecil tersebut menunjukkan bahwa hasil perhitungan prediksi yang dilakukan sudah cukup baik dalam memprediksikan curah hujan bulanan.

**Algoritma 1.**Proses Inisialisasi Nilai Pemulusan *Holt-Winters*.

```

Input: data =
(curah_hujan), cons_level, cons_trend, cons_seasonal,
period = 12, temp
Function:
  For i=1 To NDo
    cons_level = {}
    cons_trend = {}
    cons_seasonal = {}
    For j=1 To periodDo
      temp = 0
      For k=1 To periodDo
        temp = temp +
          ( (datak+period - datak) / period )
      End For
      cons_levelij = temp / period
      temp = 0
      For k=1 To periodDo
        temp = temp +
          cons_levelij
      End For
      cons_trendij = temp / period
      cons_seasonalij = dataij -
        cons_levelij
    End For
  End For
End Function
    
```

Algoritma 1 diatas merupakan proses yang dituliskan untuk inialisasi nilai awal pemulusan metode prediksi *Holt-Winters additive* yang akan dituliskan pada baris program R. Nilai awal pemulusan merupakan nilai rata-rata dari data satu tahun curah hujan awal pada data uji penelitian, nilai awal *trend* didapatkan dengan menjumlahkan selisih nilai curah hujan pada masing-masing bulan dari data dua tahun pada uji penelitian yang dibagi dengan banyaknya periode pada 1 tahun data dan hasil penjumlahan tersebut dibagidengan banyaknya periode pada 1 tahun data, inialisasi nilai musiman didapatkan dengan menggunakan rasio dari data tahun pertama dengan rata-rata tahun pertama[8].

**Algoritma 2.** Proses Perhitungan Prediksi Menggunakan Metode *Holt-Winters additive*.

```

Input: data = (curah_hujan), cons_alpha = 0.95, cons_beta =
0.06, cons_gama = 0.9, period =
12, cons_forecast, cons_error, level, trend, seasonal, mae
Function:
  For i=1 To N Do
    level = cons_level_i
    trend = cons_trend_i
    seasonal = cons_seasonal_i
    cons_forecast = {}
    For j=13 To M Do
      level_ij = cons_alpha
        * (data_ij
          - seasonal_ij-period)
        + (1 - cons_alpha)
        * (level_ij-1 + trend_ij-1)
      trend_ij = cons_beta * (level_ij - level_ij-1)
        + (1 - cons_beta)
        * trend_ij-1
      seasonal_ij = cons_gama * (data_ij - level_ij)
        + (1 - cons_gama)
        * seasonal_ij-period
      cons_forecast_ij = level_ij + trend_ij
        + seasonal_ij
    End For
    cons_error = {}
    For j=13 To M Do
      cons_error_ij = abs(data_ij -
cons_forecast_ij)
    End For
    mae =  $\frac{\sum \text{cons\_error}}{M - 12}$ 
    cons_forecast_{M+1} = level_M + (trend_M * 1)
      + seasonal_{M-period+1}
  End For
End Function

```

Algoritma 2 diatas digunakan dalam melakukan proses prediksi dalam menentukan nilai 1 periode kedepan dan menghitung *error/* kesalahan dalam peramalan menggunakan metode *Holt-Winters additive*.

Berdasarkan hasil dari pengujian metode prediksi *Holt-Winters* pada sampel data uji didapat nilai kesalahan peramalan yang relatif kecil. Untuk mendapatkan perbandingan apakah algoritma yang digunakan sudah menghasilkan nilai yang lebih baik dalam melakukan prediksi curah hujan di Kabupaten Boyolali maka dilakukan uji perbandingan hasil kesalahan ramalan pada data uji menggunakan program R dengan menyamakan nilai  $\alpha = 0.95$ ,  $\beta = 0.06$ , dan  $\gamma = 0.9$  pada masing-masing metode.

Tabel 2.

Tabel Uji Perbandingan Akurasi Peramalan Kecamatan Wonosegoro.

row.names	ME	RMSE	MAE
Algoritma R	0.0117313	155.9738	109.8809
Algoritma	0.3139056	7.062006	5.437477

Tabel 3. Tabel Uji Perbandingan Akurasi Peramalan Kecamatan Juwangi.

row.names	ME	RMSE	MAE
Algoritma R	0.1038189	141.4316	100.903
Algoritma	0.343957	5.761571	4.472923

Hasil uji pada tabel 2 dan tabel 3 menunjukkan bahwa algoritma bekerja lebih baik dalam melakukan peramalan pada sampel data uji penelitian dengan nilai kesalahan ramalan yang lebih kecil.

Hasil peramalan sampel data curah hujan digunakan dalam perhitungan untuk menentukan nilai indeks kekeringan SPI. Nilai yang dihasilkan merupakan keterangan tingkat kebasahan pada wilayah pengukuran.

**Algoritma 3.** Proses Perhitungan Nilai SPI.

```

Input: data = (curah_hujan), average, Sigma, SD, spi_value
Function:
  spi_value = {}
  For i=1 To N Do
    average = 0
    For j=M DownTo M-12 Do
      average = average + data_ij
    End For
    average =  $\left(\frac{\text{average}}{12}\right)$ 
    Sigma = 0
    For j=M DownTo M-12 Do
      Sigma = Sigma + (data_ij -
average)^2
    End For
    SD = sqrt $\left(\frac{\text{Sigma}}{12-1}\right)$ 
    spi_value_i =  $\frac{\text{data}_{\text{length}} - \text{average}}{\text{SD}}$ 
  End For
End Function

```

Algoritma 3 digunakan dalam melakukan perhitungan nilai SPI pada data curah hujan dengan menggunakan data *inputan* selama satu periode akhir atau sebanyak 12 bulan dari baris data curah hujan yang digunakan sebagai data *inputan*. Berikut ini merupakan tabel hasil prediksi kekeringan dan nilai indeks kekeringan berdasarkan data curah hujan aktual dan data prediksi curah hujan untuk masing-masing kecamatan di Kabupaten Boyolali di bulan September 2013.

Tabel 3.

Tabel Prediksi SPI.

Kecamatan	Hujan Aktual sep-2013 (Mm)	Hujan Prediksi i Sep-2013 (Mm)	SPI Aktual Sep-2013	SPI Prediksi Sep-2013	Mean Absolute Error Prediksi
Selo	0	99.22	Agak Kering	Normal	7.55
Ampel	6	33.83	Agak Kering	Agak Kering	5.86
Cepogo	0	98.92	Agak Kering	Normal	7.23
Musuk	0	159.95	Normal	Normal	7.54
Boyolali	0	166.07	Agak Kering	Normal	5.96
Mojosongo	0	153.79	Agak Kering	Normal	6.09
Teras	0	137.61	Agak Kering	Normal	5.03
Sawit	0	110.65	Agak Kering	Normal	6.05
Banyudono	0	134.75	Agak Kering	Normal	4.53
Sambi	0	101.36	Kering	Normal	5.28
Ngemplak	0	12.69	Agak Kering	Agak Kering	4.27
Nogosari	0	-18.75	Agak Kering	Kering	4.80
Simo	0	-32.33	Agak Kering	Agak Kering	5.06
Karanggede	0	-7.37	Agak Kering	Agak Kering	6.34
Klego	0	2.14	Agak Kering	Agak Kering	4.80
Andong	0	37.16	Agak Kering	Agak Kering	5.18
Kemus	0	-12.49	Agak Kering	Agak Kering	4.78
Wonosegoro	0	-4.20	Agak Kering	Agak Kering	5.44
Juwangi	0	-15.47	Agak Kering	Agak Kering	4.47

Berdasarkan hasil pengujian tersebut didapati nilai indeks kekeringan bulan September 2013 pada beberapa kecamatan di Kabupaten Boyolali dapat terprediksikan dengan baik dan pada tabel hasil prediksi tersebut pada beberapa wilayah kecamatan yang tidak dapat terprediksikan terdapat perbedaan yang tidak terlalu jauh terhadap hasil nilai indeks kekeringan berdasarkan data curah hujan aktual. Berdasarkan capaian tingkat akurasi pada model prediksi kekeringan yang telah diuji pada data curah hujan bulanan di Kabupaten Boyolali didapati parameter pemulusan eksponensial menggunakan metode *Holt-Winters* yang paling optimum dalam proses prediksi kekeringan adalah  $\alpha = 0.95$ ,  $\beta = 0.06$ , dan  $\gamma = 0.9$ .

Algoritma 4. Proses Perhitungan Sebaran Nilai SPI Dengan Metode IDW.

```

Input: data = (nilai_spi), location_data =
coordinates(data), location_sample =
coordinates(titik_sample), data_idw, power =
2, estimated_value, weighted_value
, estimated_value, distance
Function:
    data_idw = {}
    For i=1 To N Do
        estimated_value = {}
        weighted_value = {}
        For j=1 To M Do
            distance = location_samplei -
            location_dataj
            weighted_valuej =  $\frac{1}{distance^{power}}$ 

            estimated_valuej =
            weighted_valuej * dataj
        End For
        data_idwi =  $\frac{\sum estimated\_value}{\sum weighted\_value}$ 
    End For
End Function
    
```

Algoritma 4 diatas merupakan fungsi untuk melakukan optimasi sebaran nilai SPI pada data inputan yang terinisialisasi pada masing-masing titik koordinat terhadap batasan luas sebaran dengan nilai pembobotan. Berikut ini merupakan gambaran hasil pemetaan sebaran nilai prediksi kekeringan menggunakan metode *InverseDistance Weighting* melalui layanan *Google Maps API* yang dioperasikan melalui perangkat aplikasi *mobile Android*.



Gambar 3. Gambar Peta Prediksi Kekeringan.

Berdasarkan hasil pemetaan daerah rawan krisis air bersih oleh Pemerintah Kabupaten Boyolali di bulan September, beberapa wilayah dapat diprediksikan dengan baik sesuai dengan tabel prediksi kekeringan diantaranya Juwangi, Wonosegoro, Kemusu, Karanggede, Simo, Andong, dan Klego[6].

V. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan metode peramalan *Holt-Winters* dapat dipergunakan sebagai metode dalam melakukan prediksi kekeringan di wilayah Kabupaten Boyolali.

Penggunaan data masa lalu dalam melakukan peramalan terbukti handal dalam meramalkan kejadian di masa mendatang sehingga pendataan data secara *up to dated* diperlukan dalam meramalkan kejadian di masa mendatang.

Nilai kesalahan dalam melakukan peramalan yang relatif kecil berdasarkan tabel uji prediksi kekeringan tidak menjamin ketepatan dalam proses peramalan sehingga diperlukan adanya evaluasi lebih lanjut dalam melakukan uji prediksi kekeringan dengan menambahkan variabel yang lain, mengubah permodelan dalam proses inialisasi data, penggunaan metode yang lebih tepat dalam mengisi data yang kosong atau hilang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Stasiun Klimatologi Pondok Betung, 2013, *Peta Kekeringan Dengan Metode SPI (Standarized Precipitation Index) Propinsi Banten Dan DKI Jakarta*, Jakarta, Indonesia.
- [2] Levina, dkk, 2011. *Analisis Pemilihan Pos Hujan Untuk Pemantauan Kekeringan Di Wilayah Sungai Pemali Comal*, Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 2, No.1, 1 – 96.
- [3] Herdian, Andre, 2012. *Analisis Spasial Indeks Kekeringan Thronthwaite Matter Di Wilayah Garut Jawa Barat*, Bandung : Program Studi Meteorologi Institut Teknologi Bandung.
- [4] Dwi Marwoto, Bambang, *Boyolali Diminta Pertahankan Sebagai Lumbung Beras*, ANTARA JATENG, 2013.  
<http://jateng.antaranews.com/detail/boyolali-diminta-pertahankan-sebagai-lumbung-beras.html>, (23 November 2015).
- [5] Indeks Risiko Bencana Indonesia, 2013, Jawa Barat, BNPB.  
[http://www.bnpb.go.id/uploads/publication/612/2014-06-03\\_IRBI\\_2013\\_BNPB.pdf](http://www.bnpb.go.id/uploads/publication/612/2014-06-03_IRBI_2013_BNPB.pdf), (23 November 2015)
- [6] Aji Nugroho, Septyantoro, *Dilanda Kekeringan Pemerintah Dropping 5.000 Liter Air*, SINDO NEWS, 2013.  
<http://daerah.sindonews.com/read/786645/22/dilanda-kekeringan-pemerintah-dropping-5-000-liter-air-1379996941>, (23 November 2015)
- [7] Utami, Dwi, Rr. Rintis Hadiani, & Susilowati, 2013. *Prediksi Kekeringan Berdasarkan Standarized Precipitation Index (SPI) pada Daerah Aliran Sungai Keduang Di Kabupaten Wonogiri*, e-Jurnal Matriks Teknik Sipil, September 2013, 221 – 226.