

PEMBUATAN PETA DATA PREDIKSI PENDERITA PENYAKIT DBD DI KOTA SURAKARTA DENGAN METODE *SUSCEPTIBLE-INFECTED-REMOVED* (SIR)

Diannita Kartikasari

Jurusan Informatika
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta
21diannita@gmail.com

Sarngadi Palgunadi

Jurusan Informatika
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta
palgunadi@uns.ac.id

Bambang Harjito

Jurusan Informatika
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta
harjitob2011@gmail.com

Abstrak— Penyakit Demam Berdarah *Dengue* (DBD) adalah penyakit menular yang disebabkan oleh virus *dengue* dan ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti*. Di Kota Surakarta, angka kematian akibat penyakit DBD menunjukkan angka lebih dari 1% dalam jangka waktu tahun 2008-2012. Berdasarkan angka kematian tersebut, Pemerintah Kota Surakarta perlu mengambil tindakan pencegahan sekaligus melakukan pengobatan yang efektif guna mengurangi kematian akibat DBD, salah satunya membuat peta data simulasi untuk memprediksi jumlah penderita DBD. Penelitian ini memperkenalkan model simulasi jumlah penderita dan prediksi penyakit DBD di Kota Surakarta dengan metode SIR (*Susceptible-Infected-Removed*) dan menampilkan hasilnya dalam peta Kota Surakarta dengan warna pada setiap kecamatan yang mewakili jumlah kasus DBD yang terjadi pada setiap kecamatan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data jumlah penduduk, jumlah kasus DBD, dan jumlah penduduk meninggal akibat DBD di Kota Surakarta tahun 2009 - 2013 yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Surakarta. Penelitian ini menunjukkan bahwa peta pemodelan data prediksi jumlah kasus DBD di Kota Surakarta dapat dibuat menggunakan metode SIR dengan nilai laju penularan (β) antara 0,019 – 0,020.

Katakunci— DBD, SIR dan Peta Data

1. LATAR BELAKANG

Penyakit Demam Berdarah *Dengue* (DBD) atau *Dengue Hemorrhagic Fever* (DHF) sampai saat ini merupakan salah satu masalah kesehatan masyarakat di Indonesia yang cenderung meningkat jumlah pasien serta semakin luas penyebarannya. Penyakit DBD ini ditemukan hampir di seluruh belahan dunia terutama di negara-negara tropik dan subtropik, baik sebagai penyakit endemik maupun epidemik [1]. Menurut Departemen Kesehatan RI, penyakit Demam Berdarah *Dengue* (DBD) adalah penyakit menular yang disebabkan oleh virus *dengue* dan ditularkan oleh nyamuk

Aedes aegypti, yang ditandai dengan demam mendadak 2 sampai 7 hari tanpa penyebab yang jelas, lemah/lesu, gelisah, nyeri ulu hati, disertai tanda pendarahan di kulit berupa bintik perdarahan (*petechiae*), lebam (*echymosis*) atau ruam (*purpura*). Kadang-kadang mimisan, berak darah, muntah darah, kesadaran menurun atau renjatan (*shock*). Sebagian besar DBD menyerang anak-anak dengan usia dibawah 15 tahun. Penyakit ini merupakan salah satu penyakit yang persebarannya melalui vektor, maka dari itu perlu diwaspadai karena penularan penyakit ini akan semakin meningkat dengan perubahan iklim [2].

Data dari Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah dalam Buku Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah Tahun 2012 [3], angka kesakitan/*Incidence Rate* (IR) DBD di Jawa Tengah menunjukkan angka 19,29/100.000 penduduk dan angka kematian/*Case Fatality Rate* (CFR) sebesar 1,52%. Angka ini menunjukkan peningkatan apabila dibandingkan dengan IR pada tahun 2011 yang menunjukkan angka 15,27/100.000 penduduk dan CFR sebesar 0,93%. Sementara angka kematian/CFR akibat DBD di Kota Surakarta menunjukkan angka lebih dari 1% dalam jangka waktu tahun 2008-2012.

Berdasarkan data tersebut, maka pihak pengelola kesehatan Kota Surakarta harus segera mengambil tindakan untuk menekan angka kematian akibat DBD. Tindakan pengobatan dan pencegahan yang efektif diperlukan supaya penanganan kasus DBD lebih cepat dan tepat sasaran. Dalam menangani kasus DBD, pihak pengelola kesehatan Kota Surakarta belum mempunyai peta yang menggambarkan jumlah penderita penyakit DBD. Peta tersebut diperlukan untuk mengetahui status penyebaran jumlah penderita DBD di setiap wilayah kecamatan di Kota Surakarta. Selain itu, prediksi jumlah kasus DBD di waktu yang akan datang juga diperlukan untuk pertimbangan dalam pengambilan tindakan pencegahan yang efektif. Namun saat ini pihak pengelola kesehatan Kota Surakarta belum memiliki peta untuk simulasi dan prediksi penyebaran penyakit DBD di Kota Surakarta. Simulasi penyebaran dan prediksi penyakit DBD di Kota Surakarta diperlukan supaya memudahkan pihak

pengelola kesehatan di Kota Surakarta dalam membuat kebijakan pencegahan penyebaran penyakit DBD.

Simulasi pemodelan untuk penyebaran penyakit menular telah banyak dilakukan. Salah satu pemodelan penyebaran penyakit yang digunakan adalah dengan *Susceptible-Infected-Recovered (SIR)*. SIR pada awalnya dikembangkan untuk mengetahui laju penyebaran dan kepunahan suatu wabah penyakit dalam populasi tertutup dan bersifat epidemis [4]. Dalam penelitian ini, SIR model akan digunakan untuk memodelkan data jumlah penderita penyakit DBD di Kota Surakarta. Hasil pemodelan data tersebut akan dikelompokkan sesuai warna yang mewakili jumlah kasus DBD yang terjadi di setiap kecamatan, kemudian warna-warna tersebut akan divisualisasikan ke dalam peta Kota Surakarta.

Metode SIR digunakan dalam pembuatan peta data prediksi penderita DBD di Kota Surakarta karena metode ini adalah metode yang paling umum digunakan untuk

pemodelan data penyakit menular, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Side dan Noorani (2013). Penelitian tersebut menggunakan SIR untuk memodelkan data penyebaran penyakit DBD berdasarkan kasus DBD yang terjadi di Sulawesi Selatan (Indonesia) dan Selangor (Malaysia). Hasil penelitian tersebut berupa grafik yang menunjukkan jumlah individu rentan terinfeksi, jumlah kasus, dan individu yang sembuh dari DBD dengan waktu, dimana grafik tersebut hanya dapat dipahami oleh orang tertentu. Sedangkan apabila hasil pemodelan data tersebut ditampilkan peta, maka hasil pemodelan data akan lebih mudah dipahami dan dapat memudahkan dalam analisa untuk mengambil tindakan penanganan kasus DBD.

2. PENELITIAN TERKAIT

Pemodelan penyebaran penyakit menular telah dilakukan pada beberapa penelitian yang dijelaskan pada Tabel 1 berikut ini

Tabel 1. Beberapa metode SIR, Tujuan, Kelebihan dan Kelemahan

No	Penulis	Tujuan	Metode	Kelebihan	Kelemahan
1	Side dan Noorani (2013) [5]	Mengetahui kecocokan data empiris dengan hasil simulasi peyebaran penyakit DBD di Sulawesi Selatan dan Selangor dengan SIR model.	SIR model dengan melibatkan 2 populasi, yaitu populasi manusia sebagai <i>host</i> , dan populasi nyamuk sebagai populasi <i>vector</i> .	Dapat mengetahui hubungan populasi manusia yang terinfeksi DBD dengan populasi nyamuk.	<i>Parameter value</i> dalam penelitian tersebut menggunakan nilai dari penelitian yang pernah dilakukan dan hanya untuk wilayah Malaysia dan Indonesia.
2	Syaripuddin (2009) [6]	Melakukan simulasi pemodelan penyakit epidemis jenis SIR.	SIR	Dapat mengetahui pengaruh faktor kelahiran dan kematian dalam pemodelan SIR.	- Hasil simulasi pada penelitian ini berupa grafik yang maksud dari grafik tersebut hanya dapat dimengerti oleh orang tertentu. - Tidak menggunakan data sesuai kenyataan.
3	Tjolleng, Komalig, dan Prang (2013) [7]	Mengetahui dinamika perkembangan HIV/AIDS di Sulawesi Utara menggunakan model persamaan diferensial nonlinear SIR	SIR	Dapat mengetahui satu titik tetap bebas penyakit	Hasil simulasi pada penelitian ini berupa grafik yang maksud dari grafik tersebut hanya dapat dimengerti oleh orang tertentu.
4	Fredlina, Oka, & Dwipayana (2012) [8]	Membuat pemodelan data penyebaran penyakit tuberkulosis dan mengetahui parameter yang paling berpengaruh dalam model penyebaran penyakit tuberkulosis	SIR dan Runge Kutta Orde 4	Dapat mengetahui pengaruh paling signifikan dari parameter yang digunakan pada simulasi.	Hasil simulasi pada penelitian ini berupa grafik hanya dapat dimengerti oleh orang tertentu.

Tabel 1. Beberapa metode SIR, Tujuan, Kelebihan dan Kelemahan (lanjutan)

No	Penulis	Tujuan	Metode	Kelebihan	Kelemahan
5	Widi, Nataliani, & Hendry (2011) [9]	Mengetahui daerah-daerah penyebaran penyakit DBD dan memvisualisasikan pemetaan daerah endemis DBD dengan pemodelan SIR di Kabupaten Semarang	SIR dengan menggunakan variabel jumlah kelahiran dan kematian akibat DBD dan non DBD.	Dalam penelitian tersebut juga menggunakan variabel jumlah kelahiran dan kematian akibat DBD dan non DBD, sehingga lebih mendekati keadaan sebenarnya.	Tidak dijelaskan bagaimana cara memperoleh persamaan SIR yang ditambahkan dengan variabel jumlah kelahiran dan kematian akibat DBD dan non DBD.
6	Picollo & Billings, (2005) [10]	Membuat model untuk mengetahui pengaruh vaksinasi dan penduduk imigran pada penyakit anak-anak di New York	Expanded SIR model. (SIR dengan melibatkan variabel jumlah penduduk asli dan imigran)	Dapat membuat dua sub populasi dalam satu pemodelan SIR.	Model SIR yang telah dimodifikasi dalam penelitian tersebut tidak sesuai untuk pemodelan di Indonesia.
7	Palgunadi & Herlambang (2014) [11]	Melakukan analisis simulasi penyebaran penyakit ISPA pada balita di Kota Surakarta	SIR, Game of Life	Dapat mengetahui perpindahan dan penyebaran penyakit pada setiap sel.	Perubahan pada sel belum dinamis.

3. Susceptible-Infected-Recovered (SIR)

Suatu fenomena/peristiwa alam dapat dimodelkan ke dalam bentuk lain sehingga fenomena tersebut dapat dipelajari. Pengertian model adalah suatu usaha untuk menciptakan suatu replika/tiruan dari suatu fenomena/peristiwa alam. Ada tiga jenis model yaitu model fisik, model analogi, dan model matematik [12]. Pada model matematik, suatu fenomena/peristiwa alam dengan suatu set persamaan. Kemudian nilai kecocokan model matematika tergantung dari ketepatan formulasi matematis dalam mendeskripsikan fenomena alam tersebut.

Contoh fenomena/peristiwa yang dapat dimodelkan supaya dapat dipelajari lebih lanjut adalah penyebaran penyakit menular. Penyebaran penyakit menular dalam suatu populasi dapat dimodelkan ke dalam bentuk matematika [13]. Salah satu pemodelan penyakit menular adalah *Susceptible-Infected-Recovered* (SIR).

SIR model pertama kali diperkenalkan oleh Kermack dan McKendrick pada tahun 1927 [13]. Pada SIR model yang umum digunakan, jumlah kelahiran dan kematian akibat penyakit lain diabaikan supaya SIR model tetap sederhana [14]. Dalam SIR model, suatu populasi dibagi menjadi 3 class yaitu *susceptible* (*S*) yang terdiri dari individu yang rentan terserang penyakit, *infected* (*I*) yang terdiri dari individu yang sedang terserang penyakit dan dapat menularkannya, dan *removed* (*R*) yang terdiri dari individu yang sudah tidak menderita penyakit, baik yang sembuh ataupun yang meninggal akibat penyakit tersebut[15].

Kemudian menurut Dimitrov & Meyers [16] , setiap individu dalam model tersebut bertindak sebagai berikut :

1. Setiap individu yang ada dalam kelas *susceptible* menggambarkan seseorang yang acak dari suatu populasi.
2. Jika seorang dalam kelas *susceptible* yang dipilih secara acak terinfeksi penyakit, maka individu tersebut berubah statusnya menjadi pada kelas *infected* dengan probabilitas β .
3. Setiap individu dalam fase *infected* berubah ke kelas *removed* dengan probabilitas γ .
4. Setiap individu yang berada dalam kelas *removed* tetap *removed*.

Setiap individu yang baru dilahirkan termasuk ke kelas *susceptible*. Setelah terjadi kontak dengan individu yang terinfeksi penyakit, individu *susceptible* akan berpindah menjadi kelas *infected*. Setelah berada dalam kelas *infected*, individu akan berpindah ke kelas *removed*. SIR model dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram SIR model [17]

Suatu populasi dibagi menjadi 3 kelas, yaitu kelas *susceptible* (*S*), *infected* (*I*), dan *recovered* (*R*). individu akan berubah dari kelas S ke I, lalu ke R sesuai dengan arah tanda panah. Total individu dalam populasi dinyatakan dengan $N = S + I + R$

R. Parameter β adalah kekuatan dari infeksi, yaitu probabilitas individu dalam kelas S terinfeksi penyakit menular, dan parameter γ adalah *recovery rate*. Parameter γ berkaitan dengan panjang periode dimana seseorang dapat menularkan penyakit, disebut *infectious period*. Secara khusus, total waktu yang dihabiskan pada kelas I oleh individu adalah suatu variabel acak geometris dengan probabilitas keberhasilan γ , hal ini membuat panjang periode masa penularan yang diharapkan sebesar $\frac{1}{\gamma}$ [16]. Nilai γ diperoleh dari pembagian 1 dengan jumlah hari dimana penyakit dapat menular [18].

Persamaan umum dari SIR model adalah [16]:

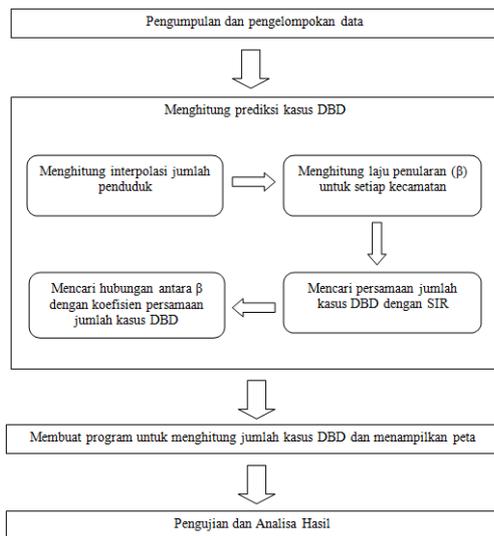
$$\frac{dS_t}{dt} = -\beta \cdot S_t \cdot I_t \tag{2.1}$$

$$\frac{dI_t}{dt} = \beta \cdot S_t \cdot I_t - \gamma \cdot I_t \tag{2.2}$$

$$\frac{dR_t}{dt} = \gamma \cdot I_t \tag{2.3}$$

3. ALUR PENELITIAN

Langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini



Gambar 2. Alur Pembuatan Peta Data Prediksi Penderita Penyakit DBD di Kota Surakarta dengan Metode SIR

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data jumlah penduduk, jumlah kasus DBD, dan jumlah penduduk meninggal akibat DBD di Kota Surakarta dari tahun 2009 sampai 2013 yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Surakarta. Selanjutnya data tersebut dikelompokkan sesuai dengan kelas pada SIR meliputi :

- Kelas S adalah data jumlah penduduk per kecamatan dikurangi dengan data jumlah kasus DBD per bulan di setiap kecamatan.
- Kelas I adalah data jumlah kasus DBD per bulan.
- Kelas R adalah data jumlah penduduk meninggal akibat DBD per bulan.

Secara garis besar, penelitian ini dibagi dalam 2 tahap yaitu menghitung prediksi jumlah kasus DBD dan membuat program untuk menampilkan peta.

4. PREDIKSI KASUS DBD

Untuk menghitung prediksi kasus DBD per kecamatan di Kota Surakarta, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

4.1. Menghitung Interpolasi Jumlah Penduduk

Jumlah penduduk per bulan pada setiap kecamatan dihitung dengan melakukan interpolasi pada data jumlah penduduk per tahun yang telah diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Surakarta. Interpolasi jumlah penduduk dilakukan dengan rumus interpolasi linier [19] :

$$\frac{f(x) - f(x_1)}{x - x_1} = \frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1} \tag{4.1}$$

Karena 1 tahun ada 12 bulan, maka dari persamaan 4.1. di atas kemudian diperoleh persamaan untuk menghitung jumlah penduduk sebagai berikut :

$$f(x_j) = \frac{x_j - 1}{12} \times (f(x_{i+1}) - f(x_i)) + f(x_i) \tag{4.2}$$

$$i = 1,2,3,4$$

$$j = 1,2,3, \dots, 12$$

$$f(x_j) = \text{Jumlah penduduk per bulan}$$

$$f(x_i) = \text{Jumlah penduduk pada tahun ke-}i$$

$$f(x_{i+1}) = \text{Jumlah penduduk pada tahun } i+1$$

$$x_j = \text{Bulan ke-}j$$

4.2. Menghitung Laju Penularan (β) Setiap Kecamatan

Dalam penelitian ini, nilai β setiap kecamatan dihitung berdasarkan persamaan yang dijabarkan oleh Dimitrov dan Meyers [11]. β dalam penelitian diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$\beta = \frac{S_{t+1} - S_t}{S_t \cdot \frac{1}{N}} \tag{4.3}$$

$$t = 1,2,3, \dots, 11$$

$$S_t = \text{jumlah individu yang rentan tertular pada waktu } t$$

$$Y_t = \text{jumlah individu yang menderita penyakit pada waktu } t$$

$$N = \text{jumlah individu dalam populasi}$$

Nilai β dicari pada setiap bulan pada tahun 2009 sampai 2013, kemudian dicari median dari β setiap kecamatan yang akan digunakan untuk mendapatkan persamaan jumlah kasus DBD dari persamaan SIR.

4.3. Mencari Persamaan Jumlah Kasus DBD dengan Sir

Nilai β dan γ dimasukkan ke persamaan SIR (2.1) dan (2.2) dengan menggunakan *software* Maple 11 yang akan menghasilkan grafik hubungan antara jumlah kasus DBD dengan waktu. Nilai γ untuk seluruh wilayah kelurahan dan untuk semua waktu adalah sama yaitu $\frac{1}{14}$ atau 0.07. Angka tersebut diperoleh dari lamanya masa infeksi penyakit DBD yaitu 14 hari. Kemudian menurut Nicho [18], nilai γ diperoleh dari pembagian 1 dengan jumlah hari dimana penyakit dapat menular, sehingga diperoleh angka $\frac{1}{14}$ atau 0.07.

Langkah selanjutnya adalah mencari persamaan dari grafik tersebut dengan *software* Curve Expert. Caranya adalah dengan memasukkan nilai x dan y pada grafik ke Curve Expert, dengan x adalah waktu dan y adalah jumlah kasus DBD, kemudian dicari model persamaan yang bentuk grafiknya mendekati grafik yang telah dihasilkan dari Maple 11. Hasilnya adalah persamaan (4.4)

$$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2} \quad (4.4)$$

dengan a, b, c, dan d merupakan koefisien yang nilainya dapat berubah tergantung pada nilai β .

Hasil yang diperoleh pada persamaan (4.4) tersebut merupakan rasio jumlah kasus DBD dengan jumlah penduduk, sehingga untuk memperoleh angka jumlah kasus DBD per kecamatan, rasio tersebut harus dikalikan jumlah penduduk per kecamatan seperti pada persamaan (4.5) berikut

$$\text{jumlah kasus} = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2} \times \text{jumlah penduduk} \quad (4.5)$$

4.4. Mencari Hubungan Antara β Dengan Koefisien Persamaan Jumlah Kasus DBD

Persamaan menghitung jumlah kasus DBD memiliki koefisien a, b, c, dan d yang nilainya berbeda pada setiap nilai β . Untuk mempermudah dalam menentukan nilai koefisien persamaan jumlah kasus DBD, maka dicari hubungan antara nilai β dengan koefisien a, b, c, dan d pada persamaan jumlah kasus DBD dengan cara :

- Memasukkan nilai β dan koefisien a ke Curve Expert, yang akan menghasilkan persamaan

$$a = \frac{0,015 - 0,047 \beta}{1 - 0,709 \beta + 0,433 \beta^2} \quad (4.6)$$

- Memasukkan nilai β dan koefisien b ke Curve Expert, yang akan menghasilkan persamaan

$$b = \frac{-0,001 + 0,046 \beta}{1 - 0,249 \beta + 0,019 \beta^2} \quad (4.7)$$

- Memasukkan nilai β dan koefisien c ke Curve Expert, yang akan menghasilkan persamaan

$$c = \frac{0,037 - 0,364 \beta}{1 + 0,411 \beta + 0,451 \beta^2} \quad (4.8)$$

- Memasukkan nilai β dan koefisien d ke Curve Expert, yang akan menghasilkan persamaan

$$d = \frac{0,001 + 0,010 \beta}{1 - 0,215 \beta + 0,016 \beta^2} \quad (4.9)$$

5. PEMBUATAN PETA DATA PREDIKSI PENDERITA DBD DENGAN SIR

Program dibuat dalam 3 *class* yaitu *class* untuk tampilan utama dan memasukkan input tahun, bulan, dan β . Yang kedua adalah *class* untuk menghitung jumlah kasus dengan SIR model yang terdapat *method* untuk menghitung koefisien a, b, c, dan d, dan *method* untuk jumlah kasus DBD per kecamatan. Algoritma program untuk menghitung jumlah kasus DBD per kecamatan ditunjukkan pada Gambar 3.

```
public double hitungA(double beta){
    a=(0.015-0.047*beta)/(1-0.709*beta
    +0.433*(beta*beta));
    return a;
}

public double hitungB(double beta){
    b=(-0.001+0.046*beta)/(1-
    0.249*beta+0.019*(beta*beta));
    return b;
}

public double hitungC(double beta){
    c=(0.037-0.364*beta)/(1+
    0.411*beta+0.451*(beta*beta));
    return c;
}

public double hitungD(double beta){
    d=(0.001+0.01*beta)/(1-
    (0.215*beta)+(0.016*(beta*beta)));
    return d;
}

public int hitungKasus(int x, int kec, double beta){

    kasus=(hitungA(beta)+(hitungB(beta)*x))/(1+(hitungC(b
    eta)*x)+ (hitungD(beta)*(x*x)))* jmlPend[kec][x];
    kasusKec=(int) kasus;

    return kasusKec;
}
```

Gambar 3. Algoritma Program Menghitung Jumlah Kasus DBD

Program akan menghitung nilai koefisien a, b, c, dan d yang akan digunakan sebagai koefisien untuk persamaan jumlah kasus DBD. Persamaan untuk menghitung nilai koefisien tersebut diperoleh dari langkah 4.4. Setelah mendapatkan nilai koefisien kemudian menghitung jumlah kasus DBD dengan persamaan jumlah penderita DBD dengan nilai koefisien seperti yang telah diperoleh.

Class yang ketiga adalah untuk menampilkan hasil perhitungan jumlah kasus per kecamatan ke dalam peta sesuai dengan warna klasifikasi jumlah kasus DBD tersebut. Warna untuk jumlah kasus DBD diklasifikasikan berdasarkan standar deviasi dari data kasus DBD yang telah diperoleh. Jumlah kasus DBD diklasifikasikan dalam 3 warna yaitu hijau, kuning, dan merah. hijau untuk jumlah kasus

antara 0-14, kuning untuk 15-21 kasus, dan merah untuk jumlah kasus lebih dari 21 kasus.

Algoritma program untuk menampilkan peta ditunjukkan pada Gambar 4.

```

bk = 15;
bm = 21;

for (j=0; j<height; j++){
for (i = 0; i < width; i++){
for(int kec=0; kec<5; n++){
if(label[j][i]==kec){

    if(jml[kec][0]< bk) img.setRGB(i, j, g.getRGB());

    else if (jml[kec][0]>=bk && jml[n][0]<=bm)
img.setRGB(i, j, y.getRGB());

    else if (jml[kec][0] > bm) img.setRGB(i, j,
r.getRGB());
}
if(label[j][i]==5) img.setRGB(i, j, w.getRGB());
}
}
}
    
```

Gambar 4. Algoritma Program Menampilkan Peta

Untuk menampilkan warna pada setiap kecamatan, piksel setiap kecamatan diberi label yang berbeda, yaitu label 0 untuk Kecamatan Laweyan, 1 untuk Kecamatan Jebres, 2 untuk Kecamatan Banjarsari, 3 untuk Kecamatan Pasar Kliwon, dan 4 untuk Kecamatan Serengan. Kemudian setiap piksel diperiksa apabila jumlah kasus DBD pada kecamatan yang ditunjukkan oleh label yang sedang diperiksa adalah kurang dari 15 kasus maka pada piksel tersebut akan diberi warna hijau. Apabila jumlah kasus adalah 15-21 kasus maka piksel akan diberi warna kuning, dan apabila jumlah kasus lebih dari 21 kasus maka piksel akan diberi warna merah.

Pada saat dijalankan, program akan menerima input tahun dan bulan yang akan diprediksi dan nilai β untuk setiap kecamatan. Nilai β dibatasi antara 0,019 – 0,020. Setelah nilai β dimasukkan, program akan menghitung koefisien a, b, c, dan d untuk persamaan penyelesaian yang kemudian akan digunakan untuk menghitung jumlah kasus per kecamatan. Hasil perhitungan jumlah kasus per kecamatan yang diperoleh kemudian diklasifikasikan sesuai pembagian warna yang telah ditentukan. Kemudian warna – warna tersebut ditampilkan ke dalam peta Kota Surakarta dengan warna pada setiap kecamatan yang merepresentasikan jumlah kasus DBD.

6. HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1. Hasil Perhitungan Nilai β

Nilai β setiap kecamatan dihitung pada setiap bulan dari tahun 2009 – 2013 dengan persamaan 4.3. Data hasil perhitungan tersebut kemudian dicari nilai median data setiap kecamatan yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2 berikut

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai β

Kecamatan	Nilai β
-----------	---------------

Laweyan	0.200
Jebres	0.500
Banjarsari	0.111
Pasar Kliwon	0.225
Serengan	0.286

Kemudian nilai β tersebut digunakan untuk menghitung data jumlah kasus DBD pada tahun 2013 bulan ke-2. Hasilnya ditunjukkan pada tabel 3

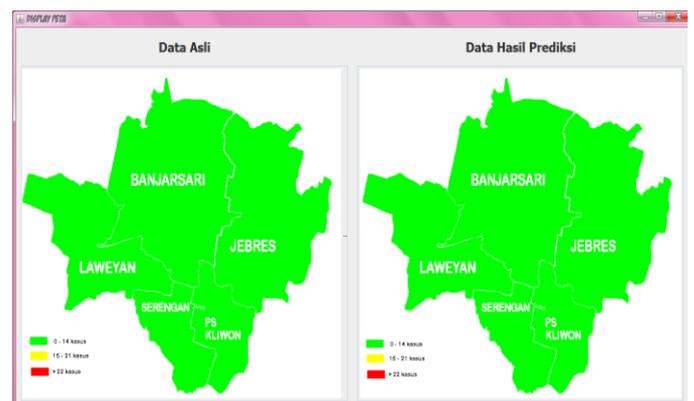
Tabel 3. Hasil Simulasi Kasus DBD Tahun 2013 Bulan Ke-2

Kecamatan	Data asli	Data Hasil Prediksi
Laweyan	5	3043
Jebres	4	5770
Banjarsari	4	3175
Pasar Kliwon	0	2600
Serengan	1	159

Berdasarkan tabel 3 diketahui bahwa data hasil prediksi sangat tidak sesuai dengan keadaan pada data asli, sehingga nilai β harus diganti dengan nilai sekitar $\frac{1}{10} \beta$ akibat adanya fenomena gunung es. Maka dari itu, nilai β pada penelitian ini dibatasi antara 0,019 sampai 0,020.

6.2. Hasil Simulasi

Simulasi diawali dengan memilih tahun dan bulan yang akan dimodelkan atau diprediksi. Untuk nilai β default telah ditentukan, tetapi masih dapat diganti dengan nilai antara 0,019-0,020. Untuk tahun 2009-2013, karena telah ada data asli maka data asli kasus DBD tersebut dapat dibandingkan dengan data hasil prediksi, data asli dan data prediksi tersebut juga dapat ditampilkan pada peta. Hasil simulasi untuk tahun 2009 bulan ke-1 (Januari) dengan nilai β untuk setiap kecamatan adalah 0,019 ditunjukkan pada gambar 5 berikut



Gambar 5. Peta Hasil Simulasi Tahun 2009 Bulan Ke-1 $\beta=0,019$

Peta hasil simulasi untuk tahun 2009 pada bulan ke-1 menunjukkan bahwa pada data asli dan data hasil prediksi

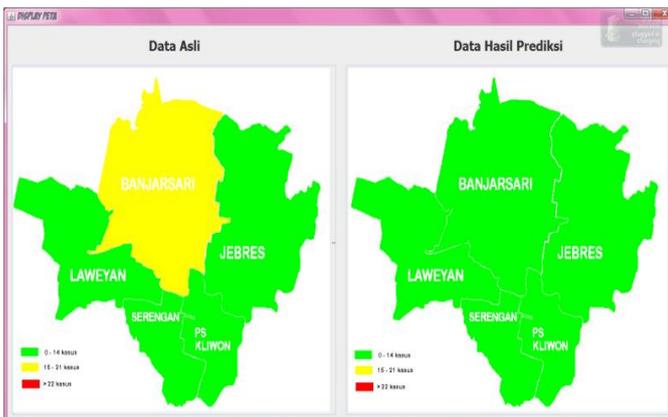
jumlah kasus DBD di semua kecamatan adalah kurang dari 15 kasus. Selain itu, peta tersebut juga menunjukkan bahwa perhitungan jumlah kasus dengan menggunakan SIR untuk tahun 2009 bulan ke-1 yang ditampilkan pada peta hasilnya sama dengan peta data asli tahun 2009 bulan ke-1, meskipun jumlah kasusnya tidak sama persis. Hasil perhitungan jumlah kasus DBD ditunjukkan dalam Tabel 4

Tabel 4. Jumlah Kasus DBD Tahun 2009 Bulan Ke-1 $\beta=0,019$

Kecamatan	Data asli	Data Hasil Prediksi
Laweyan	2	3
Jebres	6	4
Banjarsari	8	6
Pasar Kliwon	2	3
Serengan	4	2

Selisih antara data asli dan data hasil prediksi tidak terlalu jauh, sehingga pemodelan dengan SIR yang tepat untuk memodelkan data jumlah kasus DBD di Kota Surakarta pada tahun 2009 bulan ke-1 adalah dengan nilai $\beta = 0,019$ untuk setiap kecamatan.

Simulasi lainnya kemudian dilakukan untuk tahun 2013 bulan ke-6 dengan nilai $\beta 0,019$ pada setiap kecamatan. Peta hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 6 berikut



Gambar 6. Peta Hasil Simulasi Tahun 2013 Bulan Ke-6 dengan $\beta=0,019$

Pada tampilan peta tersebut terlihat perbedaan warna antara peta tampilan data asli dan data hasil perhitungan di Kecamatan Banjarsari. Pada peta data asli, Kecamatan Banjarsari berwarna kuning yang menunjukkan bahwa jumlah kasus DBD di Banjarsari adalah antara 15 – 21 kasus. Sedangkan di peta hasil perhitungan, Kecamatan Banjarsari berwarna hijau yang menunjukkan bahwa jumlah kasus hasil perhitungan dengan SIR di Banjarsari berjumlah kurang dari 15 kasus. Data asli dan hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 5

Tabel 5. Jumlah Kasus DBD Tahun 2013 Bulan Ke-6 $\beta=0,019$

Kecamatan	Data asli	Data Hasil Prediksi
Laweyan	8	8
Jebres	4	7
Banjarsari	18	18
Pasar Kliwon	5	7
Serengan	7	7

Laweyan	8	0
Jebres	4	0
Banjarsari	18	0
Pasar Kliwon	5	0
Serengan	7	0

Hasil tersebut menunjukkan bahwa model SIR dengan $\beta 0,019$ untuk setiap kecamatan kurang tepat untuk simulasi tahun 2013 bulan ke-6, karena jumlah kasus pada data hasil prediksi jauh di bawah jumlah kasus pada data asli. Apabila terjadi hasil prediksi semacam itu, dikhawatirkan pihak pengelola kesehatan Kota Surakarta mengambil tindakan pencegahan yang kurang tepat untuk mengatasi kasus DBD. Oleh karena itu nilai β diganti dengan nilai sebagai berikut

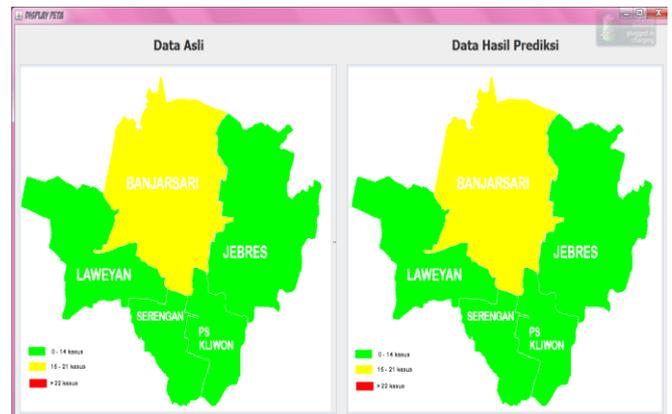
- β Kecamatan Laweyan = 0,0193
- β Kecamatan Jebres = 0,0192
- β Kecamatan Banjarsari = 0,0194
- β Kecamatan Pasar Kliwon = 0,0193
- β Kecamatan Serengan = 0,0195

Dengan mengganti nilai β tersebut maka jumlah data hasil perhitungan akan berubah seperti pada Tabel 6 berikut ini

Tabel 6. Jumlah Kasus DBD Tahun 2013 Bulan Ke-6

Kecamatan	Data asli	Data Hasil Prediksi
Laweyan	8	8
Jebres	4	7
Banjarsari	18	18
Pasar Kliwon	5	7
Serengan	7	7

Kemudian hasil tampilan peta untuk data tersebut ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta Hasil Simulasi Tahun 2013 Bulan Ke-6

Dengan mengganti nilai ternyata lebih sesuai untuk memodelkan data tahun 2013 bulan ke-6. Jumlah kasus pada data hasil prediksi tidak jauh di bawah jumlah kasus DBD pada data asli dan peta data asli dan data hasil prediksi menunjukkan kesamaan warna, sehingga model SIR dengan

nilai β tersebut dapat digunakan untuk memodelkan data jumlah kasus DBD di Kota Surakarta pada tahun 2013 bulan ke-6.

7. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa peta untuk simulasi dan prediksi jumlah penderita DBD di Kota Surakarta dapat dibuat dengan metode SIR menggunakan nilai β antara 0,019 – 0,020.

Untuk penelitian selanjutnya, peta data prediksi penderita penyakit DBD dapat dikembangkan untuk cakupan wilayah provinsi dan untuk penyakit menular lainnya yang menyebar di masyarakat supaya mempermudah pihak pengelola kesehatan untuk membuat kebijakan pencegahan dan pengobatan penyakit menular.

8. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wati, W. E., Astuti., D., & Darnoto, S. (2009). Beberapa Faktor yang Berhubungan dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kelurahan Ploso Kecamatan Pacitan Tahun 2009. *Jurnal Vektora Vol. III No 1*.
- [2] Dini, A. M., Fitriany, R. N., & Wulandari, R. A. (2010). Faktor Iklim dan Angka Insiden Demam Berdarah Dengue di Kabupaten Serang. *Makara, Kesehatan, Vol. 14, NO. 1*, 31-38.
- [3] Dinas Kesehatan Jawa Tengah. (2013). *Buku Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah*. Semarang.
- [4] Tamrin, H., Riyanto, M. Z., & Akhid, A. A. (2007). *Model SIR Penyakit Tidak Fatal*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- [5] Side, S., & Noorani, S. M. (2013). A SIR Model for Spread of Dengue Fever Disease (Simulation for South Sulawesi, Indonesia and Selangor, Malaysia). *World Journal of Modelling and Simulation Vol. 9 (2013) No. 2, ISSN 1 746-7233, England, UK*, 96-105.
- [6] Syarippudin. (2009). Model Simulasi Penyebaran Penyakit Epidemis Jenis SIR. *Bioprospek, Volume 6, Nomor II, September 2009, ISSN: 1829-7226*.
- [7] Tjolleng, A., Komalig, H. A., & Prang, J. D. (2013). Dinamika Perkembangan HIV/AIDS di Sulawesi Utara Menggunakan Model Persamaan Diferensial Nonlinear SIR. *Jurnal Ilmiah Sains Vol. 13 N.1*, 9-14.
- [8] Fredlina, K. Q., Oka, T. B., & Dwipayana, M. E. (2012). Model SIR (Susceptible-Infectious-Recovered) untuk Penyebaran Penyakit Tuberkulosis. *e-Jurnal Matematika Vol. 1 No. 1*, 52-58.
- [9] Widi, C. A., Nataliani, Y., & Hendry. (2011). Deteksi dan Prediksi Daerah Endemis Demam Berdarah Dengue (DBD) dengan Pemodelan Matematis Susceptible, Infected, Recovered (SIR) (Studi Kasus: Kabupaten Semarang). *Jurnal Teknologi Informasi-Aiti, Vol. 8. No.2, Agustus 2011*, 177-189.
- [10] Piccolo, C III., & Billings, L. (2005). The Effect of Vaccinations in an Immigrant Model. *Mathematical and Computer Modelling 42*, 291-299.
- [11] Palgunadi, S., & Herlambang, T. (2014). Simulasi Penyebaran Penyakit ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Akut) pada Balita di Kota Surakarta Menggunakan Game Of Life. *Prosiding SNST ke-5 Tahun 2014*, 17-22.
- [12] Luknanto, D. (2003). *Model Matematika Numerik*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- [13] Murray, J. D. (2002). *Mathematical Biology : An Introduction. Third Edition*. New York, Berlin: Springer-Verlag, Heidelberg.
- [14] Handel, A., Longini, I. M., & Antia, J. a. (2006). What is the best control strategy for multiple infectious disease outbreaks? *Proceedings of The Royal Society. Proc. R. Soc. B (2007) 274, 833-837*.
- [15] Abramson, G. (2001). *A series of lectures given at PANDA, UNM*.
- [16] Dimitrov, N. B., & Meyers, L. A. (2010). Mathematical Approaches to Infectious Disease. *Tutorials in Operation Research INFORMS 2010 ISBN 978-0-9843378-0-4*.
- [17] Choisy, M., Guégan, J.-F., & Rohani, P. (2007). Mathematical Modeling of Infectious Diseases Dynamics. In M.Tibayrenc, *Encyclopedia of Infectious Diseases: Modern Methodologies* (pp. 379-404). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [18] Nicho, J. (2010). The SIR Epidemiology Model in Predicting Herd Immunity. *Undergraduate Journal of Mathematical Modeling: One + Two: Vol. 2: Iss. 2, Article 8*, 833-837.
- [19] Sasongko, S. B. (2010). *Metode Numerik dengan Scilab*. Yogyakarta: ANDI.