



7. MODEL PREDIKSI ANGKA KEJADIAN PENYAKIT DEMAM BERDARAH BERDASARKAN INFORMASI IKLIM

7.1. PENDAHULUAN

Pada masa pertengahan abad XX, seperti dikutip oleh Christopher (1960), hingga awal abad XXI saat ini telah banyak pengamatan / penelitian mengenai Penyakit Demam Berdarah. Kedaruratan yang diakibatkan oleh penyakit DBD, masih terus meningkat dengan bertambahnya jumlah kasus dan indikasi keterkaitannya dengan kejadian iklim. Penelitian hubungan antara iklim dengan nyamuk *Aedes* sebagai vektor, maupun pengaruhnya pada angka kejadian penyakit demam berdarah perlu dilakukan dan dikembangkan. Penelitian mutakhir banyak diarahkan pada hubungan kejadian penyakit dengan informasi iklim, baik yang terkait dengan isu perubahan iklim (Hales *et al.*, 2002; Reiter, 2001) maupun sebagai model peringatan dini untuk mengantisipasi kejadian musiman (intraannual) dan tahunan (Interannual) penyakit ini (Focks *et al.*, 1995; Schreiber, 2001; Sukowati, 2004; Peterson *et al.*, 2005; Sasmito *et al.*, 2006; Sintorini, 2006).

Model prediksi berdasarkan informasi iklim diharapkan dapat menjadi model peringatan dini yang bermanfaat sebagai dasar penyusunan strategi penanggulangan dan pemberantasan penyakit Demam berdarah khususnya di Indonesia. Beberapa alasan yang mendasarinya antara lain : (1) di setiap kota/ kabupaten yang potensial terjangkit penyakit Demam Berdarah terdapat stasiun pengamatan iklim, terutama curah hujan, (2) pengamatan iklim dilakukan terus menerus, dan (3) kejadian penyakit DBD memerlukan prakondisi iklim, iklim menentukan perkembangbiakan dan aktivitas nyamuk vektor dan virus patogen.

Menurut konsep satuan panas / *heat unit* (Wang, 1960), diperlukan satuan energi (panas) tertentu bagi nyamuk dan virus untuk menularkan penyakit. Besaran satuan panas relatif tetap, tetapi waktu untuk mencapai satuan panas tersebut berbeda antar wilayah, tergantung dari suhu udara wilayah tersebut. Keadaan itulah yang menimbulkan adanya jeda waktu antara kejadian iklim dengan kejadian penyakit DBD.

Hampir seluruh unsur iklim berpengaruh pada nyamuk, virus dan ketahanan tubuh manusia, yang berarti bahwa unsur-unsur iklim tersebut mempunyai potensi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

untuk menjadi peubah penduga dalam model prediksi angka kejadian penyakit DBD. Unsur iklim tersebut meliputi unsur yang berhubungan dengan kelembaban dan lengas yang meliputi curah hujan, selisih curah hujan dan evaporasi, atau kelembaban nisbi; serta energi yang meliputi suhu dan penyinaran surya. Hanya data curah hujan yang mudah didapatkan di setiap kota / kabupaten sedangkan data iklim lainnya tidak selalu tersedia.

Schreiber (2001) membangun model stokastik peubah ganda musiman dengan peubah penduga yang meliputi unsur energi (suhu maksimum dan minimum, evapotranspirasi potensial), termal (evapotranspirasi aktual), dan lengas (presipitasi, simpanan air, surplus dan defisit). Dengan peubah penduga unsur iklim 5 mingguan untuk menduga kejadian penyakit DBD 3 minggu sesudahnya menghasilkan model yang relatif baik dengan R^2 sebesar 44,1%. Model tahunan dengan 10 peubah penduga dari unsur iklim musiman menghasilkan model dengan R^2 sebesar 88,1%. Peterson *et al.* (2005) menyusun model dengan pendekatan hidrologi, yakni berdasarkan neraca air. Peneliti lain umumnya hanya memilih prediktor hujan, suhu, dan atau kelembaban nisbi (Hales *et al.* 2002; Sukowati, 2004). Peneliti Indonesia lebih menekankan pada prediktor curah hujan (Sukowati, 2004; Sasmito, 2006; Sintorini, 2006), tetapi belum menghasilkan model yang dapat diaplikasikan dengan memuaskan.

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengidentifikasi peubah iklim yang berpengaruh nyata terhadap tingkat kejadian penyakit DBD
2. Memilih kombinasi peubah penduga terbaik dan
3. Menyusun model prediksi kejadian penyakit DBD berdasarkan informasi iklim dan non iklim.

7.2. BAHAN DAN METODE

7.2.1. Bahan

Data yang dipergunakan dalam membangun dan memvalidasi model prediksi meliputi data jumlah penderita penyakit Demam Berdarah pada skala Kabupaten dengan periode Mingguan; jumlah penduduk; dan data iklim harian dari stasiun-stasiun pengamatan yang berdekatan dengan kecamatan endemik. Model dibangun dari data Kabupaten Indramayu selama kurun waktu 2002 – 2006, dengan pertimbangan adanya keragaman pola musiman curah hujan yang nyata sehingga

diharapkan sesuai sebagai bahan membangun model berdasarkan siklus hidup nyamuk. Validasi model dilakukan terhadap data dari kabupaten Indramayu (tahun 2007), Kota Bogor (akhir 2003 – pertengahan 2006), Kota Jakarta Utara (1998 – 2002), dan Kota Padang (2003 – 2005).

7.2.2. Metode

7.2.2.1. Menghitung angka kejadian penyakit demam berdarah (IR) per 100.000 penduduk.

IR mingguan dihitung berdasarkan jumlah penderita per minggu dikali 100.000 dibagi jumlah penduduk. Untuk periode mingguan dalam satu tahun, jumlah penduduk diasumsikan sama. Jika tidak tersedia data jumlah penduduk pada periode tertentu, jumlah penduduk diduga dengan menambahkan laju pertumbuhan penduduk pada data tahun sebelumnya. Asumsi yang dipergunakan adalah laju pertumbuhan penduduk tetap dan seluruh penderita DBD yang tercatat di Dinas Kesehatan Kota/Kabupaten terrefleksi di wilayah kota/kabupaten yang bersangkutan. Untuk mengurangi bias, IR yang dianalisis adalah IR tingkat kabupaten, bukan IR tingkat kecamatan, walaupun kecamatan endemik cenderung persisten dari waktu ke waktu.

7.2.2.2. Menentukan panjang periode Lengas dan Bahang

Yang dimaksudkan dengan periode lengas adalah periode dimana genangan air diperlukan untuk mendukung kehidupan nyamuk pradewasa. Dengan asumsi sumber utama genangan adalah curah hujan atau selisih hujan dengan evaporasi, maka periode ini dinyatakan dengan lama periode curah hujan atau selisih antara curah hujan dan evaporasi.

Periode bahang (*heat*) adalah periode di mana kandungan energi/kelembaban di udara yang dinyatakan dalam suhu udara rata-rata, maksimum atau minimum, intensitas radiasi surya dan kelembaban nisbi mendukung virus Dengue untuk menyelesaikan periode inkubasi ekstrinsik di dalam tubuh nyamuk.

Panjang periode lengas dihitung berdasarkan panjang periode pradewasa nyamuk dan panjang periode energi dihitung berdasarkan panjang periode inkubasi ekstrinsik virus berdasarkan besarnya satuan panas, suhu dasar, dan suhu rata-rata daerah endemik di Indonesia, yakni antara 27 hingga 28 °C.

Panjang periode lengas maupun energi dihitung berdasarkan persamaan :

$$n = HU / (T_a - T_b)$$

di mana

n : panjang periode lengas (energi) dalam satuan hari

HU : *Heat Unit* atau satuan Panas untuk periode pradewasa nyamuk (EIP)

T_a : *Ambient Temperature* atau suhu lingkungan rata-rata daerah endemik di kabupaten studi (hasil pengamatan)

T_b : *Base Temperature* atau suhu dasar untuk pradewasa nyamuk (EIP)

Satuan Panas untuk masa pradewasa nyamuk (PDN) yang dipergunakan adalah sebesar 256 derajat hari dengan suhu dasar sebesar 15⁰C, dan HU untuk EIP sebesar 128 derajat hari dengan suhu dasar sebesar 17⁰C. Panjang periode lengas (energi) dinyatakan dalam satuan minggu, yakni sebesar n (hari) / 7.

7.2.2.3. Menentukan Besaran dan Memilih Prediktor

Peubah penduga (prediktor) dibedakan menjadi 2 kelompok unsur, yakni unsur lengas dan unsur bahang. Unsur lengas, adalah curah hujan (CH) atau selisih antara curah hujan dengan evapotraspirasi potensial atau Surplus / Defisit ($CH - ETP = SD$). Data harian lengas dijumlahkan menjadi jumlah mingguan dalam satuan cm. Unsur bahang, yakni suhu udara rata-rata (TR), suhu maksimum (TX), suhu minimum (TN), kelembaban nisbi (RH), dan radiasi (Rad) harian di rata-ratakan dalam satu minggu dalam satuan ⁰C suhu, % RH dan GJ m⁻² hari⁻¹ radiasi. Unsur lengas dan energi dianalisis menjadi dalam bentuk rata-rata bergerak (moving average) beberapa minggu sesuai dengan panjang PDN dan EIP.

Masing-masing peubah penduga dihitung keeratan hubungannya terhadap IR dengan analisis korelasi. Pemilihan peubah penduga dilakukan berdasarkan besaran nilai koefisien korelasi dan dari hasil operasi dengan sub menu *best subset* dalam paket program Minitab 14 dalam menu *Stat>Regresion>Best Subset*.

7.2.2.4. Menyusun Model Prediksi

Model prediksi disusun dengan *metode Regresi Linier Berganda dan Regresi Komponen Utama*

$$\hat{Y} = B_0 + \sum_{i=1}^k B_i X_i + \varepsilon$$

IR sebagai peubah respon (\hat{Y}) dan sebagai peubah-peubah penduga (X_i) adalah unsur-unsur iklim dan non iklim yang dinyatakan dalam bentuk komponen utama. Analisis komponen utama dipergunakan untuk mengatasi multikolinieriti di antara peubah penduga yang mempunyai korelasi besar dengan. Selain peubah penduga dari unsur iklim, dalam model juga dimasukkan peubah penduga angka kejadian penyakit minggu sebelumnya. IR minggu sebelumnya dianggap dapat menggambarkan jumlah virus Dengue yang dapat ditularkan dan tingkat kerentanan penduduk.

Memilih model regresi terbaik dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa hal :

1. Regresi nyata, dilihat dari nilai p (derajat bebas) pada uji F
2. Seluruh koefisien regresi nyata, dilihat dari nilai t-student dan nilai $p < 0,05$
3. Koefisien determinasi (R^2) terkoreksi terbesar
4. Durbin-Watson Statistik (d) nyata, yang berarti autokorelasi antar sisaan regresi (ε_t dan ε_{t-1}) tidak nyata. Nilai $d = \frac{\sum (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2}{\sum \varepsilon_t^2}$ berkisar antara d_u hingga $4-d_u$. (Selvanathan *et al.*, 2004)
5. Sisaan model mengikuti sebaran normal dengan nilai tengah nol dan simpangan baku kecil
6. Prediktor yang diutamakan adalah unsur iklim yang paling mudah didapatkan tanpa mengurangi ke empat persyaratan sebelumnya.
7. Validasi model menghasilkan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) relatif terhadap rata-rata (RMSE/Mean) kecil dan koefisien korelasi (r) antara IR hasil prediksi dengan IR aktual relatif besar.

Nilai-nilai komponen utama diputuskan berdasarkan besarnya peragam (*covariance*). Analisis dilakukan dengan menggunakan paket program Minitab 14. Unsur curah hujan dan suhu dinyatakan dalam bentuk komponen utama terpisah. Setelah didapatkan bentuk regresi komponen utama yang memenuhi persyaratan model, persamaan dikembalikan dalam bentuk hubungan antara IR dengan unsur iklim.

Validasi model dilakukan dengan cara menjalankan model pada periode waktu dan atau lokasi yang berbeda dari periode atau lokasi data yang dipergunakan untuk menyusun model, dan membandingkan data luaran model dengan data aktual.

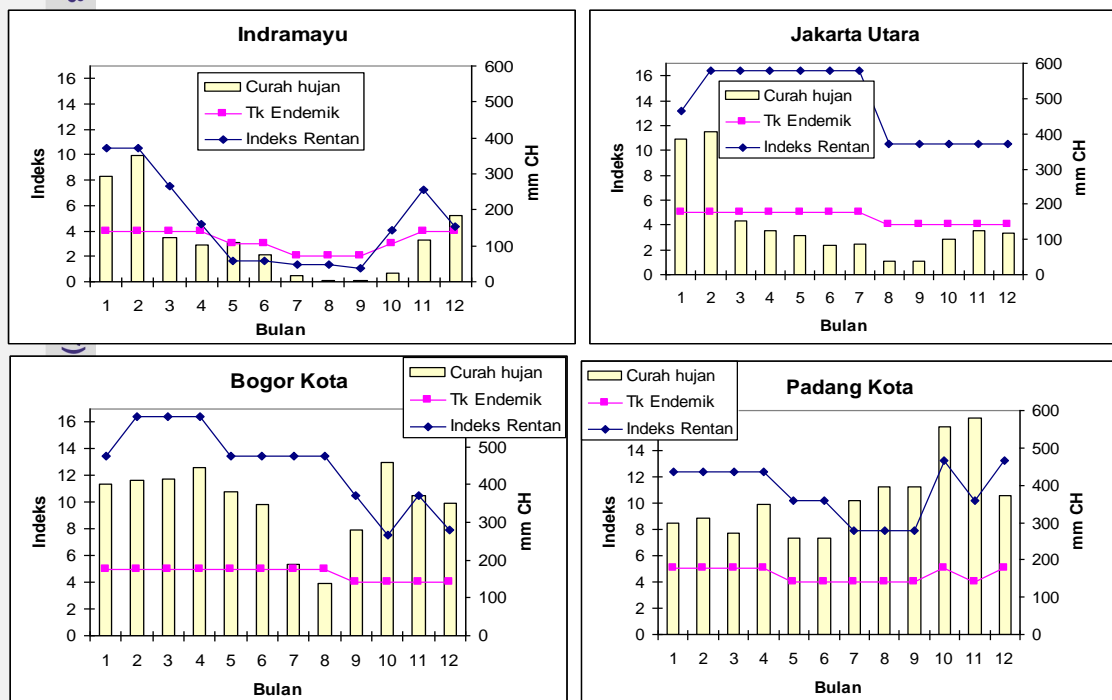
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

7.3. HASIL DAN PEMBAHASAN

7.3.1. Gambaran Lokasi Studi untuk Penyusunan model

Indeks kerentanan dan tingkat endemik keempat lokasi studi yakni Kabupaten Indramayu, Kota Jakarta Utara, Kota Bogor, dan Kota Padang mempunyai pola yang berbeda. Indeks Kerentanan dan Tingkat Endemik kabupaten / kota pada Kejadian Penyakit DBD tahun 2001 – 2005 dan pola curah hujan bulanannya dapat dilihat pada Gambar 17. Dengan kepadatan penduduk terendah (1013 penduduk per km²), tingkat endemik di Indramayu lebih rendah dari pada ketiga daerah lainnya (kepadatan penduduk kota Jakarta Utara, Bogor dan Padang masing-masing 8336; 7952; dan 1132 penduduk per km² ; Sumber : BPS masing-masing kabupaten / kota, 2004).



Gambar 17. Pola Indeks Kerentanan dan Tingkat Endemik tahun 2001- 2005, serta rata-rata Hujan bulanan di 4 Kota / Kabupaten lokasi studi.

Indramayu dan Jakarta Utara menerima hujan dengan pola musiman yang jelas. Pola indeks kerentanan dan tingkat endemik bulanan Indramayu memperlihatkan pola yang sama dengan penerimaan hujan, yaitu terjadi endemik berat pada musim hujan, endemik agak berat pada musim peralihan dan endemik sedang pada musim kemarau. Di Jakarta Utara dengan penduduk sangat padat, setiap bulan terjadi endemik tinggi. Kondisi endemik sangat tinggi dimulai pada bulan Januari pada waktu curah hujan

tinggi, dan tetap dijumpai hingga 5 bulan setelahnya meskipun curah hujan sudah menurun. Kota Bogor dan Padang menerima hujan tinggi sepanjang tahun dan penduduk agak padat, sehingga mempunyai tingkat endemik yang berat dan sangat berat pada setiap bulan di sepanjang tahun (Gambar 17).

Di Indramayu terdapat beberapa bulan dengan penerimaan hujan yang sangat rendah. Dalam beberapa tahun terdapat beberapa bulan dengan curah hujan rata-ratanya sama dengan nol. Ini diduga menimbulkan dinamika keadaan iklim yang mempengaruhi laju penyularan penyakit DBD. Iklim yang sesuai untuk penularan adalah keadaan pada waktu lengas tersedia cukup disertai dengan suhu yang optimum. Pola hujan di Indramayu menyebabkan pola musiman lengas, suhu dan kelembaban nisbi beragam. Keadaan tersebut diharapkan dapat menjadikan Indramayu sebagai lokasi studi untuk penyusunan model prediksi kejadian penyakit DBD yang handal berdasarkan informasi iklim.

7.3.2. Suhu Udara, Panjang Periode Lengas dan Bahang

Empat lokasi studi merupakan kota yang terletak di dataran rendah (< 500 mdp) tropika basah Indonesia. Tiga lokasi yakni Indramayu, Bogor dan Padang mempunyai rata-rata suhu udara harian yang hampir sama. Data suhu dari ke 3 lokasi tersebut dapat dianggap mewakili data rata-rata suhu sebagian besar kota / kabupaten endemik DBD di Indonesia. Berdasarkan data suhu udara rata-rata harian ketiga lokasi penelitian dan informasi satuan panas panjang periode lengas dan energi dapat dilihat pada Tabel 36.

Dalam kaitannya dengan kejadian penyakit DBD, cuaca pada PDN dan periode menggigit, terutama EIP virus di dalam tubuh nyamuk akan berpengaruh pada populasi dan perkembangan nyamuk, keaktifan nyamuk menggigit serta kecepatan replikasi virus. Oleh karena itu tanpa memperhatikan tingkat kerentanan penduduk, dan dengan asumsi selalu ada inang yaitu manusia yang digigit, vektor dan patogen, maka cuaca pada periode PDN dan EIP berpotensi mempengaruhi intensitas serangan pada periode minggu berikutnya mulai dari awal periode kejadian penyakit DBD hingga cuaca tidak lagi mendukung perkembangan nyamuk dan virus.

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan suhu rata-rata kota/kab., di lokasi studi panjang periode lengas berkisar antara 16 hari (2 minggu) hingga 26 hari (4 minggu) dan periode bahang berkisar antara 1 hingga 2 minggu. Kerangka waktu ini dipergunakan sebagai kerangka waktu rata-rata bergerak (mingguan) peubah lengas dan

bahang sebagai peubah penduga dari faktor iklim. Untuk selanjutnya di antara faktor penduga dari unsur lengas dan bahang tersebut dipih satu atau lebih kombinasi prediktor terbaik untuk menyusun model hubungan antara cuaca dan angka kejadian penyakit DBD.

Tabel 36. Panjang periode lengas dan energi peubah penduga dalam model prediksi angka kejadian penyakit DBD di kota Indramayu, Jakarta Utara, Bogor dan Padang

Kota (DTII)	Suhu Rataan	Panjang Periode Lengas (hari)		Panjang Periode Energi (hari)	
		Rataan	Simpangan	Rataan	Simpangan
Indramayu*	27,3	21	5	12	0,6
Jakarta Utara	28,0	20	5	12	0,6
Bogor	27,0	21	5	13	0,7
Padang	27,1	21	5	13	0,6

Keterangan: * Diambil dari rata-rata data suhu Sukamandi dan Pusakanegara

7.3.3 Unsur-unsur Iklim sebagai prediktor terbaik

Koefisien korelasi antara unsur-unsur iklim mingguan maupun dalam bentuk rata-rata bergerak terhadap IR dapat dilihat pada Tabel 37. Peubah iklim selain yang dicantumkan dalam Tabel 37, sebagai contoh perbedaan dalam periode rata-rata bergerak, jumlah hari hujan mingguan dan *Temperature Humidity Index* mingguan, mempunyai koefisien korelasi yang lebih kecil, sehingga tidak dicantumkan. Analisis rata-rata bergerak (*moving average*) 2, 3 atau 4 mingguan dilakukan sesuai dengan panjang periode PDN dan EIP. Analisis rata-rata bergerak juga dimaksudkan untuk mengurangi fluktuasi acak (*White noise*) pada data.

Tabel 37. Nilai Koefisien Korelasi (*r*) dan tingkat uji nyata (*p*) antara IR mingguan DBD dengan unsur –unsur iklim di Kabupaten Indramayu

Unsur	<i>r</i>	<i>p</i>	Unsur	<i>r</i>	<i>p</i>	Unsur	<i>r</i>	<i>p</i>
CH	0,24	0,00	TR2	-0,14	0,06	SD3	0,47	0,00
SD	0,25	0,00	TX2	-0,38	0,00	SD4	0,53	0,00
TR	-0,13	0,08	TN2	-0,05	0,54	CH3	0,46	0,00
TX	-0,32	0,00	TR3	-0,15	0,05	CH4	0,51	0,00
TN	-0,04	0,64	TX3	-0,42	0,00	SD3^3	0,25	0,00
Rad	-0,05	0,55	TN3	-0,05	0,53	SD4^3	0,29	0,00

Keterangan tabel; *r* : nilai koefisien korelasi, *p* derajat bebas untuk uji nyata; TR, TX dan TN adalah suhu rata-rata, maksimum dan minimum udara, Rad : intensitas radiasi ; indeks 2, 3 atau 4 adalah hasil operasi rata-rata bergerak 2, 3 dan 4 mingguan. Satuan suhu dalam derajat celcius, CH dan SD dalam *cm per minggu*, dan radiasi dalam $GJ\ m^{-2}\ hari^{-1}$

Dengan derajat bebas 5% , unsur lengas baik CH maupun SD nyata berkorelasi dengan IR. Walaupun SD berkorelasi sedikit lebih tinggi, tetapi nilai SD lebih sulit untuk didapatkan. Dengan analisis rata-rata bergerak 3 atau 4 mingguan menghasilkan korelasi yang lebih baik. Rataan bergerak lebih panjang tidak menghasilkan korelasi yang lebih baik dengan IR. CH4 dan SD4 dengan jeda waktu (*time lag*) 1 dan 2 minggu sebelum kejadian juga menunjukkan nilai koefisien korelasi yang cukup tinggi, yaitu sebesar masing-masing 0,579 dan 0,589; dan 0,575 dan 0,585 (nilai uji statistik $p = 0,00$). Korelasi tinggi dengan CH3 dan SD3 terjadi pada jeda waktu 2 minggu, yaitu sebesar 0,564 dan 0,574. Beda waktu lebih panjang tidak meningkatkan nilai koefisien korelasi.

Unsur energi yang berkorelasi nyata dengan IR adalah suhu maksimum dengan korelasi negatif. Intensitas radiasi surya, suhu minimum maupun suhu rata-rata, tidak menunjukkan korelasi nyata dengan IR. Rataan bergerak 2 atau 3 mingguan pada unsur suhu juga meningkatkan nilai koefisien korelasi. Suhu maksimum berkorelasi nyata dengan CH maupun SD dengan nilai koefisien korelasi antara TX dengan CH dan SD sebesar 0,604 dan 0,635; dan antara TX2 dengan SD3 dan SD4 sebesar 0,724 dan 0,738.

Table 38. Nilai Koefisien Korelasi (r) dan tingkat uji nyata (p) antara IR mingguan DBD dengan indeks iklim di Kabupaten Indramayu

<i>Indeks</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>Indeks</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
SD3^3TX	0,56	0,00	SD4TX2	0,60	0,00
SD4^3TX	0,41	0,00	SD4TX3	0,60	0,00
SD4^3TX2	0,41	0,00	CH4TX2	0,59	0,00
SD3^3TX2	0,41	0,00	CH3TX3	0,43	0,00
SD3TX2	0,56	0,00	CH4TX3	0,59	0,00

Keterangan : SD3^3TX adalah perkalian antara rataaan bergerak SD 3 mingguan dipangkatkan 3 kemudian dikalikan dengan suhu udara maksimum pada minggu setelah periode SD, dikorelasikan dengan IR mingguan pada minggu yang sama dengan periode TX. CH atau SD 3 atau 4 TX 2 atau 3 adalah hasil perkalian rataaan bergerak CH atau SD 3 atau 4 mingguan dengan TX 2 atau 3 mingguan dengan periode bersamaan antara lengas dan bahang 1 atau 2 minggu.

Berdasarkan nilai korelasi terbesar dari unsur lengas dan unsur energi dihitung indeks iklim. Indeks iklim didapatkan dengan mengalikan unsur lengas dan unsur energi. Perkalian dua unsur iklim ini juga dimaksudkan untuk mengatasi masalah kolinearitas antar unsur tersebut. Hasil analisis korelasi antara IR dengan beberapa

indeks iklim dapat dilihat pada tabel 38. Dari tabel tersebut terlihat indeks iklim mempunyai korelasi yang sedikit lebih baik dengan IR dibandingkan korelasi IR dengan setiap unsur iklim secara mandiri.

Dari nilai koefisien korelasi didapatkan beberapa unsur yang berpotensi sebagai prediktor adalah SD4TX2, SD4TX3, CH4TX2, dan CH4TX3. Pemilihan prediktor dilanjutkan dengan pemilihan kombinasi 2 atau lebih prediktor terbaik sebagai peubah bebas dalam model regresi berganda untuk menduga besarnya IR. Pemilihan prediktor tidak hanya dilakukan terhadap 4 unsur yang mempunyai nilai korelasi terbaik, tetapi terhadap seluruh unsur yang ada. Kombinasi beberapa peubah bebas terbaik yang didapatkan ternyata tidak selalu ditunjukkan oleh unsur dengan nilai korelasi terbesar.

7.3.4 Penyusunan Model Prediksi angka kejadian penyakit DBD berdasarkan informasi iklim

Kombinasi beberapa prediktor terbaik dipakai untuk menyusun persamaan regresi berganda. Beberapa persamaan regresi yang nyata selanjutnya akan dijadikan sebagai model prediksi. Berikut adalah beberapa persamaan regresi yang nyata, yang dinyatakan dalam besaran koefisien regresi, kekeliruan baku, nilai t hitung dan taraf uji nyata dari model regresi dengan berbagai prediktor ($\alpha = 5\%$). Kerangka waktu kejadian iklim sebagai prediktor dan kejadian penyakit sebagai prediktan dapat dilihat pada gambar 18.

A. Model Regresi disusun dengan **metode *least square* regresi linier berganda**. Peubah penduga hanya terdiri dari informasi iklim dan Neraca Air tanpa jeda waktu antara kejadian iklim dengan kejadian penyakit

- a. Jika informasi iklim yang tersedia hanya data curah hujan, unsur iklim yang berpotensi terbaik sebagai peubah penduga adalah rata-rata bergerak Curah Hujan 4 mingguan, CH4, ($R^2_{adj} : 25,9\%$ Fhit :62,83 **, DWS:0,4844)(1)

Peubah Prediktor	Koefisien	Simpangan Baku Koefisien	Statistik T	Nilai P
Konstanta	0,2230	0,0771	2,89	0,00
CH4	0,1256	0,0158	7,93	0,000

- b. Jika informasi iklim yang tersedia tidak hanya data curah hujan, tetapi tersedia informasi suhu, prediktor terbaik adalah hasil perkalian rata-rata

bergerak surplus/defisit 4 mingguan dengan rata-rata bergerak suhu maksimum 3 mingguan; rata-rata bergerak suhu rata-rata harian 3 mingguan; dan suhu minimum 2 mingguan ($R^2_{adj} : 46,8\%$, $F_{hit} : 52,57^{**}$, $DWS:0,5813$)(2)

Peubah Prediktor	Koefisien	Simpangan Baku Koefisien	Statistik T	Nilai P
Konstanta	-5,293	0,1871	-2,83	0,005
SD4TX3	-0,007	0,0006	-12,21	0,000
TR3	0,6038	0,0989	6,11	0,000
TN2	-0,4607	0,0852	-5,40	0,000

2) Dengan jeda waktu waktu 2 minggu antara kejadian iklim dengan kejadian penyakit DBD

- a. Jika informasi iklim yang tersedia hanya data curah hujan, prediktor terbaik tetap CH4, ($R^2_{adj} : 32,6\%$, $F_{hit} : 85,74^{**}$, $DWS:0,4186$)(3)

Peubah Prediktor	Koefisien	Simpangan Baku Koefisien	Statistik T	Nilai P
Konstanta	0,1773	0,0743	2,39	0,018
CH4 _{n-2}	0,1407	0,0152	9,26	0,000

- b. Jika informasi iklim yang tersedia tidak hanya data curah hujan tetapi tersedia informasi suhu harian lengkap, prediktor terbaik adalah hasil perkalian rata-rata bergerak curah hujan 4 mingguan dengan rata-rata bergerak suhu maksimum 3 mingguan; rata-rata bergerak suhu rata-rata harian 3 mingguan; dan suhu minimum 2 mingguan ($R^2_{adj} : 46,5\%$, $F_{hit} : 51,93^{**}$, $DWS:0,6086$) (4)

Peubah Prediktor	Koefisien	Simpangan Baku Koefisien	Statistik T	Nilai P
Konstanta	-4,145	0,1858	-2,23	0,027
CH4TX3 _{n-2}	-0,0075	0,0006	-12,15	0,000
TR3 _{n-2}	0,5736	0,0940	6,10	0,000
TN2 _{n-2}	-0,5073	0,0852	-5,95	0,000

Keempat persamaan model yang didapatkan jika dilihat dari uji Regresi (uji F dan t student), nyata secara statistik. Tetapi jika dilihat dari R^2 terkoreksi, nilainya masih kurang dari 50%, yang berarti persamaan regresi hanya dapat menjelaskan keragaman data kurang dari 50%. Nilai Durbin-Watson statistik juga lebih kecil dari nilai standar selang nyata, yang berarti sisaannya masih mengandung nilai autokorelasi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

tingkat 1 yang nyata. Sisaan model tidak menyebar normal. Jadi unsur iklim kurang baik jika dipergunakan sebagai peubah penduga tunggal dalam membangun model prediksi. Model prediksi menjadi lebih handal jika IR minggu sebelum kejadian ditambahkan sebagai peubah penduga .

B. Model prediksi berdasarkan informasi iklim 2 minggu sebelum kejadian penyakit berdasarkan metode regresi komponen utama.

Berdasarkan analisis regresi linier berganda peubah iklim yang berpengaruh nyata adalah $CH_{3_{n-2}}$, $CH_{3_{n-4}}$, $CH_{3_{n-5}}$; dan $TR_{2_{n-2}}$, $TX_{2_{n-2}}$, $TN_{2_{n-2}}$. Untuk menghilangkan unsur multikolinieriti dan agar seluruh informasi curah hujan dan suhu dapat diperhitungkan pengaruhnya, maka unsur curah hujan dan suhu dinyatakan dalam bentuk komponen utama curah hujan (KUCH) dan komponen utama suhu (KUT). Nilai koefisien masing-masing KU adalah sebagai berikut :

Komponen	KU1CH	KU2CH	KU3CH	Komponen	KU1T	KU2T	KU3T
$CH_{3_{n-2}}$	-0,5117	-0,8059	-0,2980	$TR_{2_{n-2}}$	0,5713	0,0497	0,8192
$CH_{3_{n-4}}$	-0,6309	0,1170	0,7670	$TX_{2_{n-2}}$	0,7216	-0,5059	-0,4726
$CH_{3_{n-5}}$	-0,5832	0,5804	-0,5683	$TN_{2_{n-2}}$	0,3909	0,8612	-0,3249

Berdasarkan hasil analisis regresi menggunakan prediktor KU didapatkan persamaan regresi sebagai berikut (Tabel *analysis of variance* dapat dilihat pada lampiran 18) :

1. Prediktor hanya terdiri dari kombinasi unsur-unsur iklim. Bentuk persamaan adalah :

$$IR_n = 0,920 + 0,157*CH_{3_{n-2}} - 0,052*CH_{3_{n-4}} + 0,066*CH_{3_{n-5}} + 0,826*TR_{2_{n-2}} - 0,387*TX_{2_{n-2}} - 0,492*TN_{2_{n-2}} \dots \dots \dots (5)$$

(R^2 terkoreksi = 52,1%; DWS = 0,634).

2. Prediktor terdiri dari kombinasi unsur-unsur iklim dua minggu sebelum periode kejadian dan IR seminggu sebelum kejadian penyakit.

- a. Unsur iklim terdiri dari curah hujan, suhu rata-rata (Tr), suhu maksimum (Tx) dan suhu minimum (Tn). Bentuk persamaan adalah :

$$IR_n = 0,744*IR_{n-1} + 0,070*CH_{n-2} - 0,073*CH_{n-4} + 0,042*CH_{n-5} + 0,199*TR_{n-2} - 0,115*TX_{n-2} - 0,079*TN_{n-2} \dots \dots \dots (6)$$

(R^2 terkoreksi = 78,4%; DWS = 2,151; $\epsilon \sim N(0; 0,33; p:0,094)$).

- b. Unsur iklim hanya terdiri dari curah hujan. Bentuk persamaan adalah:

$$IR_n = 0,795*IR_{n-1} + 0,067*CH_{3_{n-2}} - 0,077*CH_{3_{n-4}} + 0,047*CH_{3_{n-5}} \dots \dots \dots (7)$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Atau

$$IR_n = 0,795 * IR_{n-1} + 0,067 * (CH_{n-2} - 1,155 * CH_{n-4} + 0,702 * CH_{n-5})$$

$$\text{Jika } ICH_{n-2} = CH_{n-2} - 1,155 * CH_{n-4} + 0,702 * CH_{n-5}$$

$$\text{Maka } IR_n = 0,795 * IR_{n-1} + 0,067 * ICH_{n-2}$$

$$(R^2 \text{ terkoreksi} = 78,0\% ; DWS = 2,202 ; \varepsilon \sim N(0; 0,33; p:0,064))$$

3. Prediktor terdiri dari kombinasi unsur-unsur iklim dan IR dua minggu sebelum kejadian. Apabila IR inisial yang dipilih sebagai peubah penduga adalah IR_{n-2} , maka unsur suhu harus diperhitungkan selain unsur curah hujan.. Bentuk persamaannya adalah sebagai berikut (R^2 terkoreksi = 70,3% ; DWS : 1,182; $\varepsilon \sim N(0; 0,38; p:0,040)$):

$$IR_n = 0,612 IR_{n-2} + 0,111 CH_{n-2} - 0,079 CH_{n-4} + 0,027 CH_{n-5} + 0,315 TR_{n-2} - 0,182 TX_{n-2} - 0,125 TN_{n-2}$$

Atau

$$IR_n = 0,612 * IR_{n-2} + 0,111 * (CH_{n-2} - 0,715 * CH_{n-4} + 0,244 * CH_{n-5}) + 0,315 TR_{n-2} - 0,182 TX_{n-2} - 0,125 TN_{n-2}$$

$$\text{Jika } ICH_{n-2} = CH_{n-2} - 0,715 * CH_{n-4} + 0,244 * CH_{n-5} \text{ dan } IT_{n-2} = TR_{n-2} - 0,577 * TX_{n-2} - 0,397 * TN_{n-2}$$

$$\text{Maka } IR_n = 0,612 * IR_{n-2} + 0,111 * ICH_{n-2} + 0,315 * IT_{n-2}$$

di mana

IR : Angka kejadian penyakit DBD : jumlah penderita setiap 100,000 penduduk.

CH4TX3 (SD4TX3) : hasil perkalian rata-ran bergerak curah hujan (Surplus/Defisit) 4 mingguan dengan rata-ran bergerak suhu maksimum 3 mingguan

TR3 : rata-ran bergerak suhu rata-rata harian 3 mingguan

TN2 : rata-ran bergerak suhu minimum 2 mingguan

TR2 : rata-ran bergerak suhu rata-rata 2 mingguan

TX2 : rata-ran bergerak suhu maksimum 2 mingguan

CH3 : rata-ran bergerak curah hujan 3 mingguan

Indeks_{n-i} menunjukkan waktu kejadian i minggu sebelum kejadian IR yang diprediksi.

Di Indonesia curah hujan merupakan unsur iklim yang dapat memberi gambaran keadaan suhu, RH, maupun penerimaan radiasi, sehingga dalam model pembangkit data iklim, curah hujan digunakan sebagai unsur prediktor untuk membangkitkan data iklim lainnya. Dalam model prediksi terpilih, unsur iklim sebagai

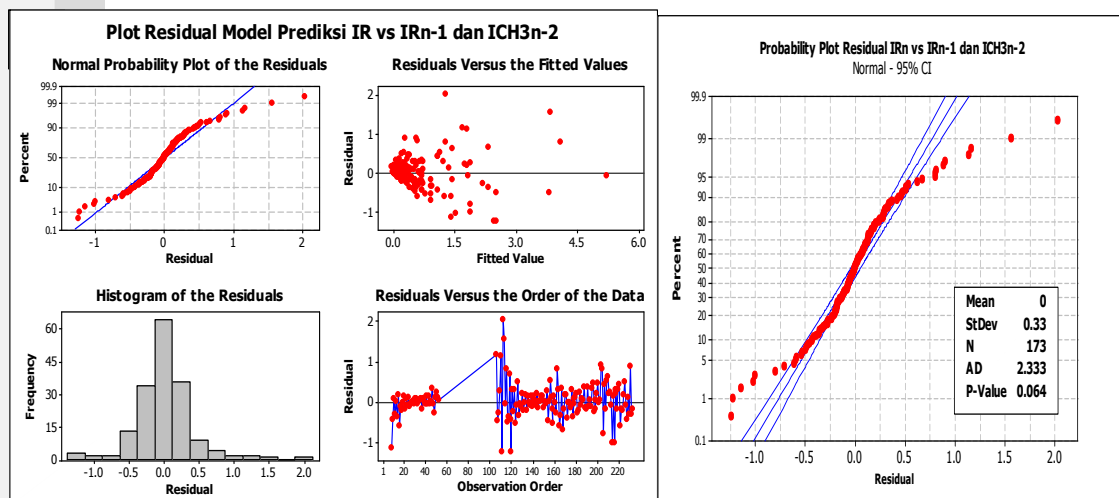
prediktor yang paling nyata adalah unsur hujan. Unsur suhu juga berpengaruh nyata, tetapi unsur suhu tidak mudah untuk diperoleh.

n-7	n-6	n-5	n-3	n-3	n-2	n-1	n		
			Periode energi						
			TX3 _{n-2}						
Periode lengas				TR2 _{n-2}					
CH3n-5			CH3n-2			Periode IR Prediksi			
	CH3n-4				Periode IR penduga				
Periode iklim prediktor									

Gambar 18. Kerangka waktu kejadian iklim dua minggu sebelum periode prediksi, dan angka kejadian awal penyakit untuk menduga Angka Kejadian Penyakit DBD.

Dari berbagai pilihan persamaan model prediksi angka kejadian penyakit DBD yang telah didapatkan, persamaan 7 merupakan model yang paling berpotensi untuk digunakan sebagai model peringatan dini karena informasi hujan saja di samping IR_{n-1} dapat dipergunakan untuk menduga kejadian penyakit pada periode berikutnya.

Hasil uji model melalui uji F, uji t terhadap konstanta model, nilai R^2 terkoreksi, dan uji sisaan, model yang memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan adalah model regresi 7. Oleh karena itu, maka model yang dianggap paling berpotensi untuk dijadikan sebagai model prediksi adalah model regresi yang mengikuti persamaan 7 tersebut.



Gambar 19. Plot Sisaan dari Model Prediksi berdasarkan Persamaan Regresi 7

Tabel 39. Hasil validasi model prediksi berdasarkan persamaan 7 Validasi dilakukan dengan data dari kab. Indramayu (2007); kota Bogor (2003- 2006); Jakarta Utara (1998-2002); dan kota Padang (2003 – 2005)

P.Iklim Prediktor		CH3n-2 dan CH3n-4,5		
Kab/Kota	Tahun	RMSE	RMSE/Rataan	Koef Korel
Indramayu	2007	1,272	0,601	0,75
Bogor	03 - 06	0,930	0,496	0,83
Jak Ut	98-02	1,693	0,603	0,90
Padang	03 - 05	0,724	0,601	0,75

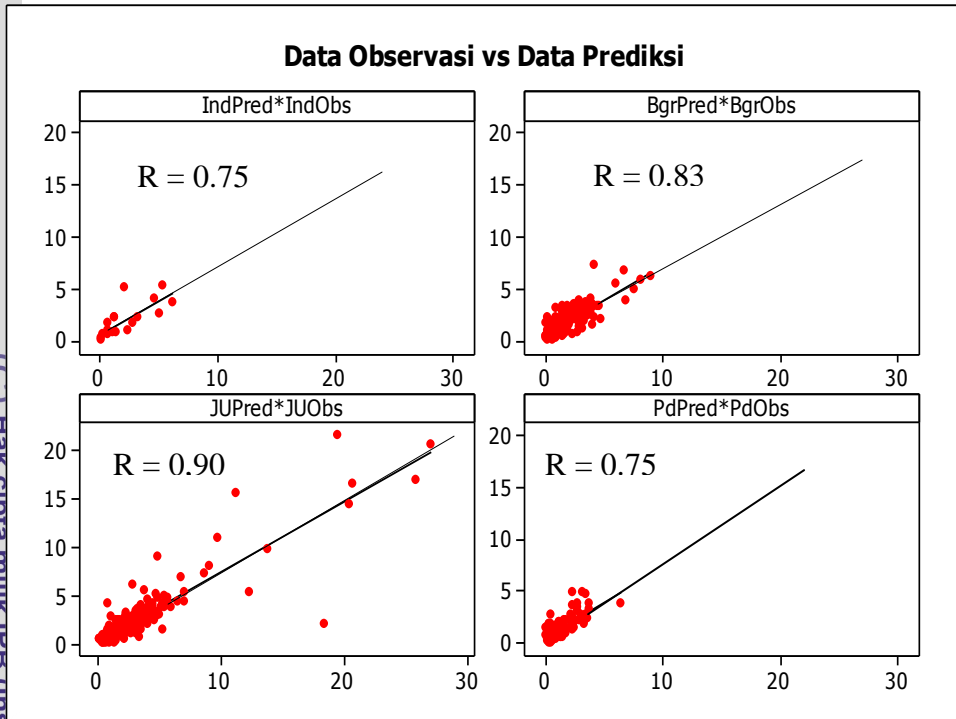
Keandalan model untuk keperluan prediksi diuji dengan proses validasi, yaitu membandingkan hasil prediksi dengan data aktual lain yang tidak dipakai untuk membangun model. Gambar 19 merupakan plot sisaan dari model persamaan 7. Simpangan pada sisaan makin besar pada nilai IR yang makin besar. Ini berarti bahwa model kurang baik untuk menduga nilai IR yang besar. Meskipun demikian hasil validasi model memperlihatkan bahwa model dari persamaan 7 menghasilkan hasil prediksi IR baik di Indramayu, Bogor, Jakarta Utara maupun Padang yang cukup baik. Nilai RMSE relatif terhadap rata-rata kurang dari 1 dan nilai korelasi antara hasil prediksi dan data aktual cukup besar. Plot IR aktual dengan IR hasil prediksi juga tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata. Hasil validasi model terpilih (model 7) dapat dilihat pada Tabel 39 dan Gambar 20

Data curah hujan lebih mudah didapatkan daripada data unsur iklim lain. Bagi pengguna langsung model ini, yaitu Departemen, khususnya atau Dinas Kesehatan kota/kab., mendapatkan data IR seminggu sebelumnya dianggap lebih mudah daripada mendapatkan data iklim seminggu sebelumnya. Oleh karena itu model persamaan 7 dianggap lebih mudah untuk diterapkan untuk menduga IR.

Meskipun hasil validasi menunjukkan bahwa model cukup baik untuk dipergunakan untuk prediksi pada 3 kota yang dipelajari, yakni Indramayu, Bogor, dan Jakarta Utara, akan tetapi jika *fitting* model dilakukan dengan data dari masing-masing kota akan menghasilkan model spesifik lokasi yang lebih baik. Kedua peubah penduga yakni IR_{n-1} dan $CH3_{n-1}$ dapat menghasilkan model prediksi yang baik, tetapi dengan formulasi koefisien dan kerangka waktu yang berbeda.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 20. Plot IR data actual vs IR hasil prediksi berdasarkan persamaan 7 pada proses validasi dengan IR data dari kejadian di kota Bogor (2003- 2006), kab. Indramayu (2007); kota Padang (2003 – 2005), dan kota Jakarta Utara (1998-2002)

Fitting model berdasarkan data dari Jakarta Utara tahun 1998-2002 menghasilkan persamaan terbaik adalah: $IR_n = 0,858 IR_{n-1} + 0,123 CH3_{n-4}$; dengan R^2 sebesar 82,1% dan DWS sebesar 1,7895. Berdasarkan data dari Bogor tahun 2003-2006 menghasilkan persamaan terbaik adalah: $IR_n = 0,840 IR_{n-1} + 0,034 CH3_{n-6}$; dengan R^2 sebesar 69,5% dan DWS sebesar 2,2035. Hal ini memberi gambaran bahwa IR_{n-i} dan $CH3_{n-1}$ dapat menjadi penduga bagi IR beberapa minggu setelah kejadian iklim pada beberapa daerah endemik, seperti pada daerah di sekitar Indramayu dan Jakarta dengan pola hujan musunal.

Pada kota dengan ketinggian tempat yang lebih tinggi atau suhu udara lebih rendah, panjang periode untuk perhitungan rata-ran bergerak unsur iklim harus disesuaikan dengan konsep satuan panas. Unsur langas harus disesuaikan dengan panjang periode PDN dan unsure energi disesuaikan dengan panjang EIP. Sebagai contoh, untuk tempat dengan rata-rata suhu udara $21^{\circ}C$ atau lebih kurang pada ketinggian 1000 mdpl, rata-ran bergerak untuk unsur langas adalah 5 mingguan dan periode bahang 4 mingguan.

7.4. SIMPULAN

1. Peubah iklim yang menentukan angka kejadian penyakit DBD adalah curah hujan atau selisih hujan dengan evapotranspirasi potensial sebagai unsur lengas, dan suhu udara sebagai unsure energi
2. Kombinasi peubah penduga terbaik adalah rataan bergerak curah hujan tiga mingguan (CH3) dari minggu ke tujuh hingga minggu kedua sebelum kejadian penyakit dan angka kejadian penyakit seminggu sebelumnya (IR_{n-1}). Model Prediksi angka kejadian penyakit DBD disusun menurut persamaan

$$IR_n = 0,795*IR_{n-1} + 0,067*ICH3_{n-2};$$

$$\text{di mana } ICH3_{n-2} = CH_{n-2} - 1,155*CH3_{n-4} + 0,702*CH_{n-5}$$

3. Model yang dibangun berdasarkan data kombinasi peubah penduga CH3 dalam berbagai jeda waktu kejadian dan IR_{n-1} dari daerah yang bersangkutan akan menghasilkan model spesifik lokasi yang lebih baik.
4. Apabila mengalami kesulitan dalam mendapatkan data IR_{n-1} karena terlalu dekat waktunya dengan periode prediksi, maka IR_{n-2} dapat menjadi alternatif prediktor yang cukup baik, tetapi harus memasukkan data suhu rataan (TR), suhu maksimum (TX), dan suhu minimum (TN) dalam model prediksi. Model Prediksi angka kejadian penyakit DBD menjadi

$$IR_n = 0,612*IR_{n-2} + 0,111*ICH3_{n-2} + 0,315*IT2_{n-2};$$

$$\text{di mana } ICH3_{n-2} = CH_{n-2} - 0,715*CH3_{n-4} + 0,244*CH_{n-5} \text{ dan } IT2_{n-2} = TR2_{n-2} -$$

$$0,577*TX2_{n-2} - 0,397*TN2_{n-2}$$

7.5. SARAN

1. Bangun model spesifik lokasi berdasarkan data IR dari kota/kab. yang bersangkutan dan data iklim dari stasiun pengamatan yang terletak di kecamatan endemik berdasarkan pola kerangka waktu yang sama, yakni mengikuti panjang periode PDN untuk unsur lengas dan EIP untuk unsur energi. Model spesifik lokasi lebih diperlukan untuk kota/kab. endemik yang terletak di dataran menengah seperti kota dan kabupaten Bandung dan Magelang
2. Untuk wilayah dataran rendah, jika tidak ada data untuk membangun model spesifik lokasi, pergunkan model yang telah terbangun.