

Pemodelan Pengaruh Iklim Terhadap Angka Kejadian Demam Berdarah *Dengue* di Surabaya

Dian Rahayu K., Wiwiek Setya Winahju, Adatul Mukarromah
Jurusan Statistika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: wiiwiek@statistika.its.ac.id

Abstrak— Demam Berdarah *Dengue* adalah penyakit infeksi tular vektor yang ditemukan di daerah tropis-subtropis. Faktor iklim meliputi suhu, kelembaban dan curah hujan diduga berpengaruh terhadap angka kejadian Demam Berdarah *Dengue*. Penelitian ini tentang pemodelan pengaruh iklim terhadap angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* menggunakan regresi Poisson, regresi *Generalized Poisson* dan regresi Binomial Negatif. Hasil analisis menunjukkan model terbaik diperoleh menggunakan regresi Binomial Negatif. Faktor yang berpengaruh terhadap angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* di Genteng adalah angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* 1 bulan sebelumnya, curah hujan, curah hujan 1 bulan sebelumnya dan kelembaban udara 2 bulan sebelumnya. Gubeng meliputi angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* 1 bulan sebelumnya, suhu udara, curah hujan, curah hujan 1 bulan sebelumnya dan kelembaban 2 bulan sebelumnya. Selanjutnya, Tegalsari meliputi angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* 1 bulan sebelumnya, curah hujan dan kelembaban udara 2 bulan sebelumnya.

Kata Kunci—Demam Berdarah *Dengue*, faktor iklim, *overdispersi*, regresi Poisson.

I. PENDAHULUAN

Demam Berdarah *Dengue* merupakan penyakit infeksi tular vektor yang disebabkan oleh virus *Dengue* yang ditularkan melalui nyamuk *Aedes* dan ditemukan di daerah beriklim tropis-subtropis. Indonesia merupakan negara yang berada di wilayah tropis, sehingga merupakan daerah penyebaran sekaligus daerah endemis yang menyebabkan tingginya angka kesakitan di Indonesia [1].

Informasi iklim dapat dijadikan sebagai input/masukan untuk menduga tingkat resiko kejadian penyakit Demam Berdarah *Dengue* pada suatu musim [2]. Banyak studi yang menunjukkan bahwa iklim mempengaruhi kejadian Demam Berdarah *Dengue* salah satunya adalah [3]-[4] yang melakukan penyusunan model kejadian Demam Berdarah *Dengue* dengan unsur iklim (curah hujan, hari hujan dan suhu). Penelitian tersebut memberikan hasil bahwa curah hujan dan suhu berpengaruh terhadap kejadian Demam Berdarah *Dengue*.

Angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* merupakan data diskrit (*count*) yang mengikuti distribusi Poisson. Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan pengaruh iklim terhadap angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* menggunakan metode regresi Poisson. Alasan dipilihnya regresi Poisson adalah karena merupakan analisis regresi nonlinear dari distribusi Poisson, dimana analisis ini sangat cocok digunakan dalam menganalisis data diskrit (*count*) jika mean proses sama dengan variansnya. Namun, dalam analisis regresi Poisson asumsi equidispersi jarang terpenuhi yaitu terdapat

adanya kasus *Over/Under* Dispersi. Untuk mengatasi kasus ini dilakukan pendekatan model menggunakan regresi *Generalised Poisson* dan regresi Binomial Negatif.

Dalam pemodelan pengaruh iklim terhadap angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* di daerah rawan yakni Genteng, Gubeng dan Tegalsari dengan menggunakan regresi Poisson dan memperhitungkan faktor *time lag* 1 dan 2 bulan untuk faktor iklim. Hal ini disebabkan antara curah hujan dan jumlah penderita Demam Berdarah *Dengue* memiliki pola osilasi yang sama, namun terdapat perbedaan waktu puncak (*time lag*) yaitu 1 sampai 2 periode [5]. Adanya perbedaan waktu tersebut dapat dijadikan acuan sebagai waktu intervensi untuk kewaspadaan Demam Berdarah *Dengue*. Dengan demikian, dari penelitian ini dapat diperoleh model angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* berdasarkan perkembangan informasi iklim, sehingga dapat diperoleh informasi sebagai upaya dalam menangani kasus Demam Berdarah *Dengue* lebih tepat.

II. LANDASAN TEORI

Untuk mengetahui pengaruh faktor iklim terhadap angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* menggunakan metode regresi Poisson, regresi *Generalized Poisson* dan Binomial Negatif.

A. Regresi Poisson

Model Regresi Poisson merupakan model regresi nonlinear yang digunakan untuk menganalisis data diskrit (*count*). Beberapa karakteristik dari percobaan yang mengikuti sebaran distribusi Poisson [6].

1. Kejadian yang terjadi pada jumlah anggota populasi yang besar dengan probabilitas yang kecil (kejadian yang jarang terjadi)
2. Kejadian yang termasuk ke dalam *counting process* atau termasuk ke dalam lingkungan proses stokastik
3. Bergantung pada interval waktu tertentu
4. Perulangan dari kejadian yang mengikuti sebaran distribusi binomial

Model Regresi Poisson merupakan *Generalized Linear Model* (GLM) yang data responnya diasumsikan berdistribusi Poisson [7]. Model regresi Poisson diberikan sebagai berikut.

$$y_i \sim \text{Poisson}(\mu_i)$$

$$\mu_i = \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta})$$

maka,

$$\ln(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} \quad (1)$$

Estimasi parameter model regresi Poisson menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* [8]. Fungsi *log-likelihood* distribusi Poisson sebagai berikut.

$$\ln L(\beta) = -\sum_{i=1}^n \exp(\mathbf{x}_i^T \beta) + \sum_{i=1}^n y_i \mathbf{x}_i^T \beta - \sum_{i=1}^n \ln(y_i!) \quad (2)$$

Untuk memperoleh nilai taksiran β maka persamaan (2) diturunkan terhadap β dan disama dengan nol menggunakan metode Newton Raphson [7].

Untuk menguji kelayakan model regresi Poisson, dilakukan pengujian menggunakan *Likelihood Ratio Test* (LRT). Perumusan hipotesis kemaknaan parameter dapat dituliskan dengan $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$, H_1 : paling sedikit ada satu $\beta_j \neq 0, j = 1, 2, \dots, k$. Statistik uji yang digunakan adalah *Likelihood ratio* dinotasikan sebagai berikut

$$D(\hat{\beta}) = -2 \ln \Lambda = -2 \ln \left(\frac{L(\hat{\omega})}{L(\Omega)} \right) \quad (3)$$

Dengan daerah penolakannya adalah tolak H_0 jika $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(k, \alpha)}$ yang menyatakan bahwa paling sedikit ada satu parameter yang berpengaruh terhadap model [8]. Langkah selanjutnya, dilakukan pengujian parameter model secara parsial yaitu untuk mengetahui parameter yang bermakna dengan perumusan $H_0: \beta_j = 0$, $H_1: \beta_j \neq 0$ dan $H_0: \theta = 0$, $H_1: \theta \neq 0$; Statistik uji yang digunakan :

$$t = \frac{\hat{\beta}_j}{se(\hat{\beta}_j)} \quad (4)$$

Menolak H_0 jika $|t_{hitung}| > \text{nilai } t_{(n-k-1, \alpha/2)}$ pada taraf signifikansi α .

Dalam regresi Poisson terdapat asumsi equidispersi, namun sering terjadi pelanggaran seperti kasus overdispersi/underdispersi. Deteksi overdispersi/underdispersi dilakukan menggunakan statistik *Goodness of fit* oleh Pearson dibagi dengan derajat bebas dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut [6].

$$\chi^2/db \quad (5)$$

Jika nilai χ^2/db sama dengan 1 maka tidak terjadi overdispersi, tetapi bila $\chi^2/db > 1$ terjadi adanya overdispersi.

Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam menentukan model terbaik, salah satunya adalah AIC (*Akaike's Information Criterion*). Dalam rujukan [6], *Akaike's Information Criterion* (AIC) didefinisikan sebagai berikut.

$$AIC = -2 \ln L(\hat{\beta}) + 2k \quad (6)$$

dimana $L(\hat{\beta})$ adalah nilai *likelihood*, dan k adalah jumlah parameter. Model terbaik adalah model yang mempunyai nilai AIC terkecil.

B. Regresi Generalized Poisson (GPR)

Dalam menangani pelanggaran asumsi equidispersi pada regresi Poisson dilakukan pengembangan model menggunakan regresi *Generalized Poisson*. Pada regresi *Generalized Poisson* selain terdapat parameter μ juga terdapat θ sebagai parameter dispersi. Model *Generalized Poisson Regression* mirip dengan regresi Poisson yaitu pada persamaan (1) akan tetapi model regresi *Generalized Poisson* mengasumsikan bahwa komponen randomnya berdistribusi *General Poisson* [9].

Dalam regresi *Generalized Poisson*, jika θ sama dengan 0 maka model regresi *Generalized Poisson* akan menjadi model regresi Poisson. Jika θ lebih dari 0 maka model regresi *Generalized Poisson* merepresentasikan data *count* yang mengandung kasus *overdispersi* dan jika θ kurang dari 0 merepresentasikan data *count* yang mengandung fenomena *under dispersi*.

Penaksiran parameter model regresi *Generalized Poisson* menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Fungsi *log-likelihood* untuk model regresi *Generalized Poisson* adalah.

$$\ln L(\beta, \theta) = \sum_{i=1}^n \left\{ y_i (\mathbf{x}_i^T \beta) - y_i \ln(1 + \theta \exp(\mathbf{x}_i^T \beta)) + (y_i - 1) \ln(1 + \theta y_i) \right\} - \sum_{i=1}^n \left\{ -\ln(y_i!) - \exp(\mathbf{x}_i^T \beta) (1 + \theta y_i (1 + \theta \exp(\mathbf{x}_i^T \beta)))^{-1} \right\} \quad (7)$$

Untuk mendapatkan taksiran parameter β dan θ maka persamaan (7) diturunkan terhadap β dan θ menggunakan metode numerik, iterasi Newton-Raphson.

Pengujian parameter model regresi *Generalized Poisson* dilakukan sama seperti regresi Poisson dengan menggunakan metode *Likelihood Ratio Test* (LRT) dan uji parsial menggunakan statistik uji t.

C. Regresi Binomial Negatif

Selain regresi *Generalized Poisson*, penanganan overdispersi pada regresi Poisson juga dapat dilakukan menggunakan pendekatan model Binomial Negatif. Dalam regresi Binomial Negatif, jika θ menuju nol maka $\text{var}(Y_i)$ menuju μ_i sehingga Binomial Negatif akan konvergen menuju Poisson. Model regresi Binomial Negatif memiliki bentuk yang sama dengan model regresi Poisson yaitu pada persamaan (1).

Penaksiran parameter regresi Binomial dilakukan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation*. Persamaan *log-likelihood* untuk Binomial Negatif.

$$\ln L(\theta, \beta) = \sum_{i=1}^n \left\{ \left(\sum_{j=0}^{y_i-1} \ln(j + \theta^{-1}) \right) - \ln y_i! - (y_i + \theta^{-1}) \ln(1 + \theta \exp(\mathbf{x}_i^T \beta)) + y_i \ln \theta + y_i \mathbf{x}_i^T \beta \right\} \quad (8)$$

Estimasi parameter $(\hat{\theta}, \hat{\beta})$ diperoleh dengan menurunkan persamaan (8) terhadap β dan θ .

Pengujian parameter yang dilakukan sama dengan pengujian pada regresi Poisson. Untuk uji serentak menggunakan statistik uji $D(\hat{\beta})$ dan untuk statistik uji parsial menggunakan statistik uji t.

D. Penyakit Demam Berdarah Dengue

Demam Berdarah *Dengue* (DBD) disebabkan oleh virus *Dengue* (Arbovirus). Terdapat tiga faktor yang memegang peranan pada penularan infeksi virus *Dengue*, yaitu manusia, virus, dan vektor perantara. Virus *Dengue* ditularkan kepada manusia melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti*. Di tubuh manusia, virus memerlukan waktu masa tunas 4 sampai 6 hari (masa inkubasi intrinsik) sebelum menimbulkan penyakit. Penularan dari manusia kepada nyamuk hanya dapat terjadi bila nyamuk menggigit manusia yang sedang mengalami viremia, yaitu 2 hari sebelum panas sampai 5 hari setelah demam timbul [1].

E. Kaitan pengaruh Faktor Iklim dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue

Beberapa unsur iklim yang berpengaruh dominan terhadap angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* adalah curah hujan, kelembaban dan suhu [4].

Curah hujan merupakan faktor penentu tersedianya tempat perindukan bagi nyamuk. Hujan dengan intensitas yang cukup akan menimbulkan genangan air di tempat-tempat penampungan air yang merupakan tempat perkembangbiakan nyamuk. Menurut rujukan [4] menyatakan bahwa curah hujan bulanan yang melampaui 300 mm perbulan akan meningkatkan kasus Demam Berdarah *Dengue* sebesar 120%.

Suhu menentukan kecepatan tumbuh kembang nyamuk, yaitu daya tahan nyamuk dewasa, lamanya siklus gonotropik, periode inkubasi ekstrinsik dan ukuran vektor yang mempengaruhi laju menggigit [10]. Vektor Demam Berdarah *Dengue* yaitu nyamuk *Aedes* akan bertahan hidup pada suhu 28^oC-32^oC [1]. Di Indonesia, kasus Demam Berdarah *Dengue* meningkat jika suhu rata-rata 26 – 28,5^oC ; jumlah kasus maksimum terjadi pada suhu 27,8^oC; dan pada suhu udara lebih dari 28,5^oC kasus akan berkurang [2].

Kelembaban udara menentukan daya hidup nyamuk, yaitu menentukan daya tahan *trachea* yang merupakan alat pernafasan nyamuk. Di Indonesia kasus penyakit DBD tertinggi terjadi pada kelembaban 82% [4]. Menurut rujukan [11], kelembaban tidak berpengaruh langsung terhadap angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* namun berpengaruh terhadap umur nyamuk karena kelembaban yang kurang dari 60% akan menyebabkan penguapan air dari tubuh nyamuk yang memperpendek umur nyamuk dan kelembaban optimum adalah 70%-80%.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan dan BMKG Surabaya yang merupakan data bulanan mulai tahun 2001 sampai dengan 2010.

Tabel 1.
Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan
Y	Angka Kejadian Demam Berdarah <i>Dengue</i>
X ₁	Y _(t-1)
X ₂	Y _(t-2)
X ₃	Kelembaban udara (%)
X ₄	Suhu udara (°C)
X ₅	Curah hujan (mm)
X ₆	Kelembaban udara _(t-1)
X ₇	Suhu udara _(t-1)
X ₈	Curah hujan _(t-1)
X ₉	Kelembaban udara _(t-2)
X ₁₀	Suhu udara _(t-2)
X ₁₁	Curah hujan _(t-2)

Langkah-langkah analisis yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yakni sebagai berikut

- a. Melakukan pemeriksaan multikolinearitas menggunakan koefisien korelasi, nilai VIF dan nilai eigen, jika terdapat multikolinearitas maka dilakukan *dropping variable*.
- b. Memperoleh model terbaik menggunakan regresi Poisson
- c. Memeriksa adanya angka *Over/Under Dispersion* dari model regresi Poisson. Jika terdapat over/underdispersi maka dilakukan pendekatan model dengan menggunakan

regresi *Generalised Poisson* dan regresi Binomial Negatif.

- d. Mendapatkan model terbaik menggunakan regresi *Generalized Poisson* dan Binomial Negatif.
- e. Membandingkan model terbaik hasil regresi *Generalized Poisson* dan Binomial Negatif menggunakan nilai AIC.
- f. Memperoleh faktor-faktor yang mempengaruhi angka kejadian Demam Berdarah *Dengue*.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Daerah Rawan Demam Berdarah *Dengue* di Surabaya

Pada kecamatan Genteng angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* tertinggi selama 10 tahun terdapat pada tahun 2006 bulan Maret sebesar 31 kejadian, dimana pada saat tersebut suhu rata-rata sebesar 27,7^oC, kelembaban 82% dan curah hujan 336 mm. Untuk kecamatan Gubeng menunjukkan bahwa rata-rata angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* selama 10 tahun dari tahun 2001 sampai 2010 sebesar 7 sampai 12 kasus pertahun. Sedangkan untuk kasus tertinggi terjadi pada tahun 2006 sebanyak 55 kasus. Kasus tertinggi ini terjadi pada suhu rata-rata sebesar 27,7^oC, kelembaban 82% dan curah hujan 378 mm. Kecamatan Tegalsari mulai tahun 2001 sampai dengan 2010 memiliki kasus tertinggi terjadi pada bulan Mei tahun 2007 sebanyak 38 kasus. Pada bulan Mei 2007 tersebut suhu rata-rata adalah 29^oC, kelembaban 77% dan curah hujan sebesar 132 mm. pada kecamatan Genteng dan Gubeng, suhu udara, kelembaban udara dan curah hujan terletak pada range kondisi optimum yakni suhu antara 28^oC sampai dengan 32^oC, kelembaban 70%-80% dan curah hujan diatas 300mm. namun untuk Tegalsari, curah hujan tidak termasuk dalam kondisi optimum, kondisi ini menunjukkan angka kejadian yang tinggi bisa disebabkan karena adanya penularan dari penderita bulan sebelumnya.

Hal ini menunjukkan suhu, kelembaban dan curah hujan ketiga kecamatan termasuk kedalam range kondisi optimum untuk perkembangbiakan maupun kehidupan nyamuk, sehingga memungkinkan untuk nyamuk menyebarkan virus *Dengue* yang mengakibatkan angka kejadian yang tinggi.

B. Pemodelan Pengaruh Iklim terhadap Angka Kejadian Demam Berdarah *Dengue* menggunakan Regresi Poisson

Dalam regresi yang melibatkan beberapa variabel prediktor, salah satu syarat adalah antara variabel prediktornya saling bebas. Jika terdapat adanya hubungan antara variabel prediktor maka terjadi adanya kasus multikolinearitas. Dalam mengidentifikasi kasus multikolinearitas digunakan 3 kriteria yaitu nilai korelasi, VIF dan eigen. Dari hasil analisis diperoleh nilai korelasi untuk ketiga kecamatan lebih kecil dari 0,95, untuk nilai VIF lebih kecil dari 10 dan serta nilai eigen yang lebih kecil dari 0,05. Dengan demikian pada variabel prediktor untuk kecamatan Genteng, Gubeng dan Tegalsari tidak terdapat adanya kasus multikolinearitas (hubungan antara variabel prediktornya kecil). Data angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* adalah data *count* yang mengikuti distribusi Poisson, untuk mengetahui pengaruh iklim terhadap angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* maka dilakukan pemodelan menggunakan analisis regresi Poisson.

Tabel 2.

Model Regresi Poisson			
Kecamatan	Prediktor yang	Signifikan	AIC
Genteng	X ₁ X ₅ X ₆ X ₇ X ₉ X ₁₀		720,7
Kecamatan	Prediktor yang	Signifikan	AIC
Gubeng	X ₁ X ₃ X ₅ X ₈ X ₁₀ X ₁₁		827,5
Tegalsari	X ₁ X ₅ X ₆ X ₉ X ₁₀		800,2

Dari Tabel 2. diperoleh model untuk regresi Poisson pada kecamatan Genteng, Gubeng dan Tegalsari. Selanjutnya, dari model regresi tersebut dilakukan uji signifikansi parameter serentak maupun parsial dari hasil estimasi parameter untuk mengetahui pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon.

Tabel 3.

Estimasi Parameter Model Regresi Poisson kecamatan Genteng				
Parameter	Estimasi	SE	$ t_{hitung} $	P value
β_0	-3,2816	2,56590	1,28	0,2036
β_1	0,0432	0,00501	8,62	<0,0001
β_5	0,0007	0,00016	4,76	<0,0001
β_6	-0,1618	0,06895	2,35	0,0207
β_7	0,0294	0,01348	2,18	0,0315
β_9	0,1236	0,07245	1,71	0,0907
β_{10}	0,0449	0,01388	3,23	0,0016

Dari hasil analisis diperoleh nilai $D(\hat{\beta})$ sebesar 706,7 pada taraf signifikansi 10% nilai $\chi^2_{(6,0,1)}$ sebesar 10,6446, sehingga diambil keputusan menolak H_0 yang artinya variabel prediktor berpengaruh terhadap model. Selanjutnya dilakukan uji parameter secara parsial untuk mengetahui pengaruh yang diberikan setiap variabel prediktor terhadap respon. Berdasarkan Tabel 3. terlihat bahwa parameter yang signifikan adalah β_0 β_1 β_5 β_6 β_7 β_9 β_{10} karena nilai $|t_{hitung}|$ setiap parameter lebih besar dari nilai $t_{(111, 0,1/2)}$ yaitu 1,6587. Dengan demikian variabel prediktor yang signifikan adalah X₁, X₅, X₆, X₇, X₉ dan X₁₀ sehingga model regresi Poissonnya adalah sebagai berikut.

$$\ln(\hat{\mu}) = -3,2816 + 0,04317 X_1 + 0,000743 X_5 - 0,1618 X_6 + 0,02937 X_7 + 0,1236 X_9 + 0,04488 X_{10}$$

Faktor yang mempengaruhi angka Demam Berdarah *Dengue* di kecamatan Genteng adalah angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* 1 bulan sebelumnya, curah hujan, suhu udara 1 bulan sebelumnya, kelembaban udara 1 bulan sebelumnya, suhu udara 2 bulan sebelumnya dan kelembaban udara 2 bulan sebelumnya. Dari model regresi Poisson yang diperoleh, selanjutnya dilakukan pemeriksaan kasus overdispersi pada Tabel 4.

Tabel 4.

Nilai Devians/db dan Pearson/db Model Regresi Poisson				
Kecamatan	Kriteria	Nilai	Db	Nilai/db
Genteng	Deviance	342,5528	111	3,0861
	Pearson Chi-square	355,3161	111	3,2010
Gubeng	Deviance	372,0220	111	3,3515
	Pearson Chi-square	407,2175	111	3,6686
Tegalsari	Deviance	439,8561	112	3,9273
	Pearson Chi-square	439,7923	112	3,9267

Dari Tabel 4. diperoleh nilai *deviance/db* atau *pearson/db*-nya lebih besar dari 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa pada model regresi Poisson Genteng, Gubeng dan Tegalsari terjadi adanya overdispersi. Untuk mengatasi hal ini, maka dilakukan pemodelan menggunakan regresi *Generalized Poisson* dan Binomial Negatif, dimana metode tersebut mengakomodasi parameter dispersi.

C. Pemodelan Pengaruh Iklim terhadap Angka Kejadian Demam Berdarah *Dengue* menggunakan Regresi *Generalized Poisson*

Berikut adalah hasil analisis menggunakan regresi *Generalized Poisson*.

Tabel 5.

Model Regresi <i>Generalized Poisson</i>		
Kecamatan	Prediktor yang signifikan	AIC
Genteng	X ₁ X ₅ X ₆ X ₁₀	632,0
Gubeng	X ₁ X ₅ X ₈ X ₁₀	710,9
Tegalsari	X ₁ X ₅ X ₁₀	641,5

Tabel 5. menyajikan prediktor yang signifikan dari model terbaik untuk regresi *Generalized Poisson* pada masing-masing kecamatan. Untuk kecamatan Genteng diperoleh prediktor yang signifikan pada regresi *Generalized Poisson* adalah X₁ X₅ X₆ X₁₀, kecamatan Gubeng X₁ X₅ X₈ X₁₀ dan kecamatan Tegalsari X₁ X₅ X₁₀.

Tabel 6.

Estimasi Parameter Model Regresi <i>Generalized Poisson</i> kecamatan Genteng				
Parameter	Estimasi	SE	$ t_{hitung} $	P value
β_0	2,08290	3,49470	0,6	0,5524
β_1	0,06002	0,01529	3,93	0,0001
β_5	0,00104	0,00030	3,42	0,0009
β_6	-0,19330	0,10370	1,86	0,0649
β_{10}	0,05934	0,01526	3,89	0,0002
θ	0,11470	0,02120	5,41	<0,0001

Dari hasil analisis diperoleh nilai $D(\hat{\beta})$ adalah 620,0 sedangkan nilai $\chi^2_{(4,0,1)}$ adalah 7,7794, sehingga menolak H_0 yang berarti variabel prediktor berpengaruh terhadap model. Untuk mengetahui pengaruh yang diberikan setiap variabel prediktor terhadap respon maka dilakukan uji parsial. Tabel 6. menyajikan hasil estimasi parameter beserta nilai statistik uji $|t_{hitung}|$. Dari hasil tersebut terlihat bahwa parameter yang signifikan adalah β_1 β_5 β_6 β_{10} dan θ . Karena nilai $|t_{hitung}|$ setiap parameter lebih besar dari nilai $t_{(113, 0,1/2)}$ yaitu 1,6585. Dengan demikian variabel prediktor yang signifikan adalah X₁, X₅, X₆ dan X₁₀. Dari hasil estimasi parameter dan pengujian parameter, maka diperoleh model regresi *Generalized Poisson* tiap kecamatan sebagai berikut

Genteng :

$$\ln(\hat{\mu}) =$$

$$2,08290 + 0,06002 X_1 + 0,00104 X_5 - 0,1933 X_6 + 0,05934 X_{10}$$

Gubeng :

$$\ln(\hat{\mu}) =$$

$$-2,2595 + 0,04196 X_1 + 0,00102 X_5 + 0,00156 X_8 + 0,04717 X_{10}$$

Tegalsari :

$$\ln(\hat{\mu}) = -5,2045 + 0,07302 X_1 + 0,00180 X_5 + 0,07992 X_{10}$$

Dengan demikian faktor yang mempengaruhi angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* pada taraf signifikan 10% di kecamatan Genteng adalah angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* 1 bulan sebelumnya, curah hujan, suhu udara 1 bulan sebelumnya dan kelembaban udara 2 bulan sebelumnya. Untuk kecamatan Gubeng adalah angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* 1 bulan sebelumnya, curah hujan, curah hujan 2 bulan sebelumnya dan kelembaban udara 2 bulan sebelumnya. Tegalsari adalah angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* 1 bulan sebelumnya, curah hujan dan kelembaban udara 2 bulan sebelumnya.

D. Pemodelan Pengaruh Iklim terhadap Angka Kejadian Demam Berdarah Dengue menggunakan Regresi Binomial Negatif

Selain menggunakan regresi *Generalized Poisson* dalam menangani overdispersi pada model regresi Poisson, juga bisa menggunakan model regresi Binomial Negatif.

Tabel 7.
Model Regresi Binomial Negatif

Kecamatan	Prediktor yang signifikan	AIC
Genteng	$X_1 X_5 X_8 X_{10}$	629,81
Gubeng	$X_1 X_3 X_5 X_8 X_{10}$	710,35
Tegalsari	$X_1 X_5 X_{10}$	636,61

Dari hasil Tabel 7. maka diperoleh variabel prediktor yang signifikan dari model untuk regresi Binomial Negatif kecamatan Genteng adalah $X_1 X_5 X_8 X_{10}$. Untuk kecamatan Gubeng $X_1 X_3 X_5 X_8 X_{10}$. Sedangkan untuk kecamatan Tegalsari adalah $X_1 X_5 X_{10}$.

Tabel 8.
Estimasi Parameter Model Regresi Binomial Negatif kecamatan Genteng

Parameter	Estimasi	SE	$ t_{hitung} $
β_0	-3,46379	1,12753	3,0720
β_1	0,048729	0,011329	4,3010
β_5	0,000638	0,000342	1,8640
β_8	0,000725	0,000376	1,9270
β_{10}	0,059826	0,015431	3,8770
θ	2,994000	0,656000	4,5640

Nilai $D(\hat{\beta})$ diperoleh dari lampiran I adalah 617,806 sedangkan nilai $\chi^2_{(4,0,1)}$ adalah 7,7794, sehingga diambil keputusan menolak H_0 yang berarti variabel prediktor berpengaruh terhadap model. Selanjutnya dilakukan uji parameter secara parsial untuk mengetahui pengaruh yang diberikan setiap variabel prediktor terhadap respon. Dari hasil Tabel 8. terlihat bahwa parameter yang signifikan adalah $\beta_1 \beta_5 \beta_8 \beta_{10}$ dan θ , sebab nilai $|t_{hitung}|$ setiap parameter lebih besar dari nilai $t_{(113,0,1/2)}$ yaitu 1,6585. Dengan demikian variabel prediktor yang signifikan adalah $X_1 X_5 X_8$ dan X_{10} . Dari hasil estimasi parameter serta pengujiannya, maka diperoleh model regresi Binomial Negatif tiap kecamatan sebagai berikut

Genteng :

$$\ln(\hat{\mu}) = -3,46379 + 0,048729 X_1 + 0,000638 X_5 + 0,000725 X_8 + 0,059826 X_{10}$$

Gubeng :

$$\ln(\hat{\mu}) = 1,8531 + 0,035 X_1 - 0,1463 X_3 + 0,0009 X_5 + 0,0012 X_8 + 0,0496 X_{10}$$

Tegalsari :

$$\ln(\hat{\mu}) = -5,3581 + 0,0554 X_1 + 0,0017 X_5 + 0,0836 X_{10}$$

Dengan demikian faktor-faktor yang mempengaruhi angka Demam Berdarah *Dengue* di kecamatan Genteng adalah angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* 1 bulan sebelumnya, curah hujan (mm), curah hujan 1 bulan sebelumnya dan kelembaban udara 2 bulan sebelumnya. Untuk angka Demam Berdarah *Dengue* kecamatan Gubeng dipengaruhi angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* 1 bulan sebelumnya, suhu udara, curah hujan, curah hujan 1 bulan sebelumnya dan kelembaban 2 bulan sebelumnya. Selanjutnya, faktor-faktor yang mempengaruhi angka Demam Berdarah *Dengue* di kecamatan Tegalsari yakni angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* 1 bulan sebelumnya, curah hujan dan kelembaban udara 2 bulan sebelumnya.

E. Pemilihan Model Terbaik

Dari hasil seluruh pemodelan regresi Poisson, regresi *Generalized Poisson* dan regresi Binomial Negatif, selanjutnya dilakukan pemilihan model terbaik dari ketiga metode tersebut yang ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9.
Pemilihan Model Terbaik

Kecamatan	Metode	Prediktor yang signifikan	AIC
Genteng	Regresi Poisson	$X_1 X_5 X_6 X_7 X_9 X_{10}$	720,7
	Regresi <i>Generalized Poisson</i>	$X_1 X_5 X_6 X_{10}$	632,0
	Regresi Binomial Negatif	$X_1 X_5 X_8 X_{10}$	629,81*
Gubeng	Regresi Poisson	$X_1 X_3 X_5 X_8 X_{10} X_{11}$	827,5
	Regresi <i>Generalized Poisson</i>	$X_1 X_5 X_8 X_{10}$	710,9
	Regresi Binomial Negatif	$X_1 X_3 X_5 X_8 X_{10}$	710,35*
Tegalsari	Regresi Poisson	$X_1 X_5 X_6 X_9 X_{10}$	800,2
	Regresi <i>Generalized Poisson</i>	$X_1 X_5 X_{10}$	641,5
	Regresi Binomial Negatif	$X_1 X_5 X_{10}$	636,61*

Berdasarkan nilai AIC pada Tabel 9. maka diperoleh model terbaik untuk pemodelan pengaruh iklim terhadap angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* adalah menggunakan regresi Binomial Negatif.

Faktor-faktor yang mempengaruhi angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* untuk kecamatan Genteng meliputi angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* 1 bulan sebelumnya, curah hujan (mm), curah hujan 1 bulan sebelumnya dan kelembaban udara 2 bulan sebelumnya. Setiap penambahan 1 orang penderita Demam Berdarah *Dengue* pada bulan ini maka akan meningkatkan rata-rata angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* pada bulan berikutnya. Dengan kata lain, angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* 1 bulan sebelumnya memiliki hubungan searah dengan angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* saat ini. Selain itu, curah hujan sekarang dan curah hujan 1 bulan sebelumnya serta kelembaban udara 2 bulan sebelumnya juga memiliki hubungan yang

searah dengan angka kejadian Demam Berdarah *Dengue*, setiap penambahan 1 mm curah hujan maka akan meningkatkan rata-rata angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* pada bulan berikutnya. Setiap penambahan 1% kelembaban udara akan meningkatkan rata-rata angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* pada 2 bulan berikutnya.

Kelembaban udara yang optimum akan mempertahankan daya tahan hidup nyamuk dan selama masa hidupnya nyamuk akan terus berkembang biak. Curah hujan yang cukup akan menimbulkan banyak genangan-genangan air sebagai tempat perkembangbiakan larva nyamuk. Nyamuk yang berkembangbiak membutuhkan darah sebagai asupan nutrisi sehingga akan menggigit manusia. Dalam menghisap darah terjadi *multiple feeding* yakni perilaku menggigit/menghisap darah dari beberapa manusia. Adanya *multiple feeding* akan mengakibatkan penyebaran virus Demam Berdarah *Dengue*, karena terjadinya penularan virus dari penderita Demam Berdarah *Dengue* pada manusia normal.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Kasus tertinggi yang pernah terjadi di masing-masing kecamatan, terjadi pada saat suhu, kelembaban dan curah hujan termasuk kedalam range kondisi optimum yakni suhu antara 28 °C sampai dengan 32 °C, kelembaban 70%-80% dan curah hujan diatas 300 mm. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi iklim yang optimum secara tidak langsung mendukung terjadinya angka Demam Berdarah *Dengue* yang tinggi.
2. Hasil pemodelan terbaik untuk kecamatan Genteng dan Tegalsari diperoleh menggunakan regresi Binomial Negatif. Adapun faktor-faktor yang berpengaruh terhadap angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* yaitu.
 - a. Genteng, faktor yang berpengaruh terhadap angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* Genteng adalah angka Demam Berdarah *Dengue* di kecamatan Genteng dipengaruhi oleh angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* 1 bulan sebelumnya, curah hujan, curah hujan 1 bulan sebelumnya dan kelembaban udara 2 bulan sebelumnya.
 - b. Gubeng, faktor yang berpengaruh terhadap angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* Gubeng adalah angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* 1 bulan sebelumnya, suhu udara, curah hujan, curah hujan 1 bulan sebelumnya dan kelembaban 2 bulan sebelumnya.
 - c. Tegalsari, faktor yang berpengaruh terhadap angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* Tegalsari adalah angka kejadian Demam Berdarah *Dengue* 1 bulan sebelumnya, curah hujan dan kelembaban udara 2 bulan sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Kesehatan RI, *Tata Laksana DBD*, Jakarta: Dep Kes RI (2005).
- [2] S. Sukowati, "Dampak Perubahan Lingkungan Terhadap Penyakit Tular Nyamuk (Vektor) di Indonesia," Makalah Utama pada *Seminar Nasional IV Perhimpunan Entomologi Indonesia Cabang Bogor*, Bogor (2004).
- [3] A. Sasmito dan Tim BMG, "Protipe model Peringatan Dini Bahaya Demam Berdarah Dengue (DBD) di Wilayah DKI Jakarta," Makalah disampaikan pada Seminar Hasil Penelitian Pengembangan Meteorologi dan Geofisika, Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta (2006).

- [4] R. Hidayati, "Model Peringatan Dini Penyakit Demam Berdarah dengan Informasi Unsur Iklim," Disertasi Jurusan Statistika, Sekolah Pascasarjana IPB Bogor (2008).
- [5] Departemen Kesehatan RI. (2010). *Buletin Demam Berdarah Dengue Volume 2 Agustus*. Diunduh dari alamat <http://www.depkes.go.id>, pada Minggu 5 Februari 2012
- [6] A. C. Cameron dan P. K. Trivedi, *Regression Analysis of Count Data*. Cambridge: Cambridge University Press (1998).
- [7] Agresti, *Categorical Data Analysis Second Edition*, New York: John Wiley & Sons (2002).
- [8] R. H. Myers, *Classical and Modern Regression with Applications, second edition*. Boston : PWS KENT Publishing Company (1990).
- [9] F. Famoye, S. Bae, J.T. Wulu, A.A. Bartolucci dan K.P. Singh, "On the Generalized Poisson Regression Model with an Application to Accident Data. Central Michigan University, Bureau of Primary Health Care UNT Health Science Center," *Journal of Data Science*, Vol. 2 (2004) 287-295.
- [10] N. Y. Chan, K. L. Ebi, F. Smith, T. F. Wilson dan A. E. Smith, AE. (1999). An Integrated Assessment Framework for Climate Change and Infectious Diseases. Environmental Health Perspectives [online]. Available: <http://www.ehponline.org>.
- [11] S. E. Yanti, "Hubungan Faktor-Faktor Iklim dengan Kasus Demam Berdarah Dengue di Kotamadya Jakarta Timur Tahun 2000-2004," Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia (2004).