

Pemetaan Penyakit Demam Berdarah (DBD) Kota Makassar Dengan Penduga Empirical Bayes

Anisa*

Abstrak

Penelitian ini mengkaji penggunaan model *Empirical Bayes* (EB) untuk melakukan pendugaan tidak langsung jumlah trombosit penderita Demam Berdarah Dengue (DBD) pada suatu area dengan basis kecamatan untuk populasi Kota Makassar, dengan menggunakan model berbasis area yang didasarkan pada model linier campuran umum. Data yang digunakan pada penelitian adalah data sekunder yang tercatat di Dinas Kesehatan Kota Makassar dan Dinas Kesehatan Propinsi Sulawesi Selatan bulan Januari 2005 sampai dengan September 2007. Area yang dimaksud adalah Kecamatan Rappocini, Kecamatan Ujung Pandang Baru dan Manggala, dengan pertimbangan masing-masing kecamatan tersebut mempunyai karakteristik mengenai jumlah penderita penyakit DBD. Pendugaan langsung yang dilakukan pada ketiga kecamatan tersebut memberikan nilai MSE yang relatif besar, sehingga dilakukan pendugaan tidak langsung dengan meminjam kekuatan dari area atau kecamatan lain, ataupun dari populasi berdasarkan data-data pada tahun sebelumnya dengan model EB. Kekuatan dari area lain atau populasi disebut prior atau informasi awal dalam penelitian ini.

Kata Kunci : *area kecil, prior, posterior, pendugaan langsung dan tidak langsung, Empirical Bayes.*

1. Pendahuluan

Survei sampling sudah lama dikenal sebagai suatu survei yang hemat biaya untuk memperoleh informasi tentang topik yang meliputi banyak hal menarik dan secara luas mempraktekannya untuk menghasilkan penaksiran, baik mengenai total populasi maupun untuk berbagai sub populasi [2]. Pendugaan Area Kecil (*Small Area Estimation* atau SAE) merupakan suatu teknik statistik untuk menduga parameter-parameter sub populasi yang ukuran sampelnya kecil. Area kecil didefinisikan sebagai himpunan bagian dari populasi dimana suatu peubah menjadi perhatian. Area kecil pada umumnya menyatakan area geografis yang kecil seperti kota, kabupaten, kecamatan atau desa/kelurahan. Namun area kecil juga dapat dimaksudkan sebagai kelompok sosio-demografi seperti kelompok suku, kelompok jenis kelamin, dan kelompok umur (Rao, 2003).

Fuller (1999) dan Schaible (1996) dalam [2], menyatakan suatu daerah atau area dianggap besar jika sampel daerah spesifik cukup besar untuk menghasilkan penaksiran langsung dengan ketepatan (presisi) yang bisa diterima. Suatu area dianggap kecil jika sampel daerah spesifik tidaklah cukup besar untuk mendukung penaksiran langsung. Area kecil menandai daerah dimana penaksiran langsung dengan ketepatan yang memadai tidak bisa dihasilkan. Sehingga diperlukan bantuan penaksir tidak langsung yang meminjam kekuatan informasi dari area lain sehingga dapat meningkatkan efektifitas pendugaan dengan cara menambah ukuran sampel.

Rao (2003) dan Carlin dan Louis (2000) dalam [2] memperkenalkan beberapa metode atau model yang bisa digunakan untuk penaksiran tidak langsung, Di antaranya adalah metode

* Staf pengajar pada Jurusan Matematika FMIPA Universitas Hasanuddin Makassar
mail : nkalondeng@yahoo.com

Empirical Best Linear Unbiased Prediction (EBLUP) yang diturunkan dari metode *Best Linear Unbiased Prediction* (BLUP) yang merupakan model linear campuran, dan metode *Empirical Bayes* (EB) dan metode *Hierarki Bayes* (HB) yang didasarkan pada konsep pendekatan Bayes. Namun demikian, metode EB akan difokuskan pada tulisan ini untuk melihat pemetaan penyakit Demam Berdarah (DBD) yang terjadi di Kota Makassar.

Sebagaimana diketahui bahwa penyakit DBD adalah suatu penyakit endemik, dimana jika tidak ditangani dengan serius akan memakan banyak korban jiwa. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dalam [1], maka faktor lingkungan memegang peranan yang sangat penting untuk penyebaran penyakit DBD tersebut. Meskipun Kota Makassar belum masuk dalam kategori sebagai daerah dengan Kejadian Luar Biasa (KLB) untuk DBD, namun banyaknya penderita dalam kurun waktu 5 tahun terakhir mulai menampakkan gejala ke arah KLB. Pada rumah-rumah sakit terbesar yang ada di Kota Makassar, baik yang statusnya rumah sakit negerimaupun swasta, penyakit ini masuk dalam kategori penyakit dengan jumlah penderita terbanyak (dalam [1]). Untuk itu, maka pada penelitian ini, informasi dari [1], dan dengan menggunakan hasil [2] akan digunakan untuk melakukan pemetaan penyakit DBD yang terjadi di beberapa area yang ada di Kota Makassar, dalam hal ini kecamatan, dengan menggunakan model penduga EB.

2. Metode *Empirical Bayes*

Rao (2003) menyatakan bahwa model dasar tingkat area yang merupakan model linier campuran didefinisikan sebagai berikut :

$$\hat{\theta}_i = z_i^T \beta + b_i v_i + e_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (1)$$

dimana :

$\hat{\theta}_i$ adalah penduga langsung dari parameter area ke- i

z_i adalah $p \times 1$ vektor dari tingkat area kovarian

β adalah $p \times 1$ vektor dari koefisien regresi

b_i adalah konstan positif

v_i adalah peubah acak ke- i berdistribusi saling bebas dan identik dengan rata-rata 0 dan variansi σ_v^2

e_i adalah sampel error ke- i yang berdistribusi independen dengan rata-rata 0 dan variansi ψ_i .

Diketahui :

$$y_i = \hat{\theta}_i, \quad X_i = z_i^T, \quad Z_i = b_i$$

dan $v_i = v_i, \quad e_i = e_i, \quad \beta = (\beta_1, \dots, \beta_p)^T$

kemudian diketahui σ_v^2 dan ψ_i , maka

$$V_i = \psi_i + \sigma_v^2 b_i^2 \quad (2)$$

Model dasar tingkat area (1) dapat dinyatakan dalam model hirarki 2 tingkat yang mempunyai bentuk distribusi. Misalkan :

$$(i) \hat{\theta}_i | \theta_i \underset{\sim}{ind} N(\theta_i, \psi_i), i = 1, \dots, m_i \quad (3)$$

$$(ii) \theta_i \underset{\sim}{ind} N(z_i^T \beta, b_i^2 \sigma_v^2), i = 1, \dots, m_i$$

dimana β adalah vektor dari parameter regresi. Parameter model β dan σ_v^2 adalah acak. Model hierarki 2 tingkat pada (3) disebut model hierarki yang saling bebas, sebab pasangan $(\hat{\theta}_i, \theta_i)$ area ke- i yang saling bebas, khususnya pada β dan σ_v^2 (Rao, 2003).

Penduga “optimal” θ_i diperoleh melalui ekspektasi bersyarat θ_i dimana $\hat{\theta}_i$, $\hat{\beta}$, dan $\hat{\sigma}_v^2$ diketahui dan dinyatakan sebagai :

$$E(\theta_i | \hat{\theta}_i, \beta, \sigma_v^2) = \hat{\theta}_i^B = \gamma_i \hat{\theta}_i + (1 - \gamma_i) z_i^T \beta \quad (4)$$

dimana $\gamma_i = \frac{b_i^2 \sigma_v^2}{(b_i^2 \sigma_v^2 + \psi_i)}$. Hasil (4) mengikuti distribusi posterior θ_i dimana $\hat{\theta}_i$, β and σ_v^2 sehingga :

$$\theta_i | \hat{\theta}_i, \beta, \sigma_v^2 \underset{\sim}{ind} N(\hat{\theta}_i^B, \mathbf{g}_{1i}(\sigma_v^2) = \gamma_i \psi_i) \quad (5)$$

Rao (2003) menyatakan bahwa penduga $\hat{\theta}_i^B = \hat{\theta}_i^B(\beta, \sigma_v^2)$ adalah penduga “Bayes” dibawah kesalahan kuadrat, dan $\hat{\theta}_i^B$ optimal dalam pengertian bahwa rata-rata kuadrat sisa (*Means Square Error* atau MSE) dari penduga ini lebih kecil dibandingkan dengan MSE dari penduga θ_i lainnya, sehingga $\hat{\theta}_i^B$ disebut juga sebagai penduga terbaik (*Best Prediction*) dari θ_i , sebab penduga ini diperoleh dari distribusi bersyarat (5) tanpa mengasumsikan distribusi prior pada parameter model.

Penduga Bayes $\hat{\theta}_i^B$ bergantung pada parameter model β dan σ_v^2 , yang diduga dari distribusi marginal: $\hat{\theta}_i \underset{\sim}{ind} N(z_i^T \beta, b_i^2 \sigma_v^2 + \psi_i)$ menggunakan *Maximum Likelihood* (ML). Jika penduga β dan σ_v^2 ditulis sebagai $\hat{\beta}$ dan $\hat{\sigma}_v^2$, maka akan diperoleh penduga *Empirical Bayes* (EB) dari θ_i dengan mensubstitusi $\hat{\beta}$ dan $\hat{\sigma}_v^2$ pada persamaan (5) sehingga diperoleh :

$$\hat{\theta}_i^{EB} = \hat{\theta}_i^B(\hat{\beta}, \hat{\sigma}_v^2) = \hat{\gamma}_i \hat{\theta}_i + (1 - \hat{\gamma}_i) z_i^T \hat{\beta} \quad (6)$$

Rao (2003) menyatakan bahwa penduga EB, $\hat{\theta}_i^{EB}$, adalah identik dengan penduga *Empirical Best Linier Unbiased Prediction* (EBLUP) $\hat{\theta}_i^H$. Perhatikan bahwa $\hat{\theta}_i^{EB}$ juga merupakan rata-rata atau mean dari fungsi kepadatan distribusi posterior dugaan, $f(\theta_i | \hat{\theta}_i, \hat{\beta}, \hat{\sigma}_v^2)$, misalkan dinamakan dengan $N(\hat{\theta}_i^{EB}, \gamma_i \psi_i)$.

Salah satu keuntungan dari penduga EB adalah bahwa penduga ini dapat diterapkan untuk menemukan penduga EB pada sebarang fungsi $\phi_i = h(\theta_i)$, khususnya $\bar{Y}_i = \mathbf{g}^{-1}(\theta_i) = h(\theta_i)$. Rao (2003) menyatakan bahwa perhitungan penduga EB $\hat{\phi}_i^{EB}$ mungkin saja mengharuskan penggunaan algoritma Monte Carlo atau integrasi secara numerik.

3. Data dan Metode

Data yang digunakan pada penelitian adalah data sekunder yang tercatat di Dinas Kesehatan Kota Makassar dan Dinas Kesehatan Propinsi Sulawesi Selatan bulan Januari 2005 sampai dengan September 2007, mengenai penyakit DBD untuk seluruh kecamatan di Kota Makassar.

Pada dasarnya, pemodelan penyakit Demam Berdarah yang sangat potensial untuk menjadi wabah dan menyebar pada suatu daerah yang lebih luas, sebaiknya dilakukan pada area yang kecil sehingga diharapkan segala informasi yang terkait mengenai penyakit tersebut dapat dicarikanantisipasi dan langkah-langkah penanganan dengan cepat. Namun demikian, harapan untuk memodelkan penyakit ini pada area yang sekecil-kecilnya seperti desa atau kelurahan tidak dapat terpenuhi karena desa dan kelurahan, atau area yang lebih kecil dari itu dianggap tidak mampu menjelaskan kasus penyakit DBD di Kota Makassar, karena pada area-area tersebut informasi utamanya hanya berdasarkan pada pendataan yang dilakukan oleh Puskesmas setempat, sedangkan biasanya penderita penyakit ini dibawa langsung ke Rumah Sakit terdekat, sebagaimana diketahui sebelumnya, Rumah Sakit pada suatu wilayah meliputi beberapa kelurahan atau mencakup wilayah kecamatan sebagai area terkecilnya. Sehingga kecamatan dijadikan sebagai basis area dalam penelitian ini.

Faktor lain yang menyebabkan kelurahan tidak diambil sebagai area kecil adalah informasi yang akurat sebagai penjas hanya berdasarkan informasi Puskesmas setempat sedangkan kecamatan diambil sebagai area kecil adalah informasi yang digunakan berdasarkan Rumah Sakit. Sehingga dilakukan pendugaan tidak langsung pada area kecil dengan penduga *Empirical Bayes* (EB) yang didasarkan pada basis kecamatan. Adapun kecamatan yang digunakan sebagai area kecil adalah Kecamatan Rappocini, Ujung Pandang dan Manggala, dengan pertimbangan bahwa kecamatan tersebut masing-masing mempunyai karakteristik yang khas mengenai kasus penyakit DBD di Kota Makassar, untuk area kecil yang berbasis kecamatan. Indikator atau variabel yang diamati dan diukur, secara ringkas diberikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Jenis Peubah/ Variabel yang Diamati.

No	Jenis Peubah/Data yang Diamati	Keterangan
1	Trombosit (mm^6) (Y)	Sebagai Variabel Respon
2	Hematokrit (%) (X_1)	Sebagai Variabel Penjelas
3	Umur (X_2)	
4	Lama Dirawat di Rumah Sakit dalam Satuan Hari (X_3)	
5	Jenis Kelamin (X_4)	
6	Tipe Rumah Sakit (X_5)	

Cara pengambilan data adalah pengambilan data sekunder berdasarkan data laporan rutin per bulan dari masing-masing Puskesmas kepada Dinas Kesehatan Kota Makassar mulai bulan Januari 2005 sampai dengan September 2007, yaitu sebanyak 2093 pasien yang terjangkit penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) untuk seluruh kecamatan di Kota Makassar. Sesuai dengan Undang-Undang No.4 tahun 1984 tentang Wabah Penyakit Menular, dan Permenkes No.560 tahun 1989 tentang Jenis Penyakit yang dapat Menimbulkan Wabah, Tatacara Penyampaian Lapornya dan Tatacara Penanggulangan Seperlunya. Berdasarkan kedua aturan perundangan tersebut, maka semua penyakit yang dapat menimbulkan wabah termasuk DBD harus segera dilaporkan selambat-lambatnya dalam waktu 24 jam setelah diagnosis ditegakkan.

Dari data yang diamati mencakup variabel respon dan variabel penjelas sesuai Tabel 1, trombosit merupakan variabel respon yang diperoleh dari hasil diagnosis laboratoris pertama serta menjadi salah satu indikator tersangka penderita penyakit DBD apabila jumlah trombosit $\leq 150 \text{ mm}^6$. Variabel penjelas pertama Hematokrit (X_1), merupakan indikator yang peka terjadinya perembesan plasma, sehingga perlu dilakukan pemeriksaan hematokrit. Pada umumnya penurunan trombosit mendahului peningkatan hematokrit, dimana nilai normal hematokrit adalah

Anak-anak	: 33-38 %
Dewasa laki-laki	: 40-48 %
Dewasa perempuan	: 37-43 %.

Variabel penjelas lainnya yang diamati dalam kasus penyakit DBD juga memiliki pengaruh sebagai taraf ukuran peningkatan jumlah penyebaran penyakit ini.

Metode analisis data yang digunakan adalah dengan menduga parameter dari data mengenai penyakit DBD Kecamatan Rappocini, Ujung Pandang dan Manggala Kota Makassar bulan Januari 2005 sampai dengan September 2007 yang diperoleh di Dinas Kesehatan Kota Makassar dan Dinas Kesehatan Propinsi Sulawesi Selatan dengan pendekatan *Bayes*, yaitu untuk mendapatkan *prior* atau informasi awal. Kegunaan dari metode ini adalah untuk mendapatkan informasi awal parameter dari area kecil yang telah ditentukan. Kemudian dengan pendugaan *posterior* akan dilakukan pendugaan parameter secara tidak langsung dari area kecil yang ditentukan untuk mendapatkan model *Empirical Bayes* (EB) dan dilakukan juga pengujian kriteria kelayakan model dengan menggunakan ukuran ketelitian dalam menduga suatu area kecil dengan rata-rata kuadrat galat (*Means Square Error* atau MSE).

Kesimpulan yang akan diambil mengenai pendugaan area kecil dengan penduga *Empirical Bayes* (EB) didasarkan pada hasil rata-rata kuadrat galatnya (*Mean Square Error* atau MSE), serta mengidentifikasi hubungan antara variabel respon dan variabel penjelas sesuai dengan basis yang digunakan dan area kecil yang terpilih dengan menggunakan penduga *Empirical Bayes* (EB). Dengan melihat hasil dugaan, nilai *t*-statistik dan nilai probabilitas yang diperoleh dari hasil pengolahan data melalui perangkat lunak SAS 9.1

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Deskripsi Peubah yang Digunakan

Untuk deskripsi statistik tipe data numerik untuk penderita penyakit DBD di Kota Makassar diberikan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Deskripsi Variabel Numerik untuk Penderita Penyakit DBD di Kota Makassar

Nama Variabel	Rata-rata	Variansi	Minimum	Maksimum	Keterangan
Trombosit	85,4	1587,239	4	150	Variabel Respon
Hematokrit	38,553	46,407	3	133	Variabel Penjelas
Lama dirawat di Rumah Sakit	3,53	4,007	1	15	Variabel Penjelas

Distribusi jumlah trombosit sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2, terlihat bahwa rata-rata jumlah trombosit penderita penyakit DBD adalah $85,4 \text{ mm}^6$ dan variansi trombosit adalah 1587,239. Nilai maksimal trombosit 150 mm^6 dan nilai trombosit minimum 4 mm^6 . Distribusi jumlah hematokrit, terlihat bahwa rata-rata peningkatan volume hematokrit penderita penyakit DBD adalah 38,553% dan variansi peningkatan volume hematokrit adalah 46,407%. Jumlah peningkatan hematokrit terendah sebesar 3% dan nilai tertinggi sebesar 133%. Sedangkan

distribusi jumlah pasien menurut lama dirawat terlihat bahwa rata-rata lama dirawat pasien yang menderita penyakit DBD adalah 3,53 dan variansi lama dirawat adalah 4,007. Lama rawat pasien maksimal 15 hari dan lama rawat pasien minimum 1 hari.

Sedangkan deskripsi statistik dan kategorik untuk penderita penyakit DBD di Kota Makassar diberikan pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Deskripsi Variabel Kategorik untuk Penderita Penyakit DBD di Kota Makassar

No	Nama Variabel	Frekuensi	Persen (%)	Keterangan
1	Jenis Kelamin 1 = Laki-laki 2 = Perempuan	1078 1015	51,5 48,5	Variabel Penjelas
2	Umur 1= $x < 1$ tahun 2= $1 \leq x < 5$ tahun 3= $5 \leq x < 15$ tahun 4= $15 \leq x < 45$ tahun 5= $x \geq 45$ tahun	25 335 915 735 83	1,2 16 43,7 35,1 4	Variabel Penjelas
3	Rumah Sakit 1= Tipe A 2= Tipe B 3= Tipe C+ 4= Tipe C 5= Tipe D	139 773 249 405 532	6,6 36,6 11,7 19,4 25,4	Variabel Penjelas

Distribusi jumlah pasien menurut jenis kelamin ditunjukkan pada Tabel 3, terlihat bahwa persentase tertinggi yang menderita penyakit DBD adalah laki-laki yaitu 51,5%, sedangkan terendah adalah 48,5%. Distribusi jumlah pasien menurut umur, persentase tertinggi penderita penyakit DBD adalah pada umur antara 5-15 tahun yaitu 43,7%, sedangkan terendah adalah pada umur kurang dari 1 tahun yaitu 1,2%. Sedangkan distribusi jumlah pasien menurut rumah sakit tempat dirawat, persentase tertinggi tempat penderita penyakit DBD dirawat adalah pada rumah sakit tipe B yaitu 36,6%, sedangkan terendah adalah pada rumah sakit tipe A yaitu 6,6%.

Pada tahap berikutnya, deskripsi Statistik hanya untuk tiga kecamatan terpilih yaitu Kecamatan Rappocini, Kecamatan Ujung Pandang dan Kecamatan Manggala yang akan dianalisis menggunakan pendugaan tidak langsung dengan model *Empirical Bayes* (EB). Deskripsi statistik terbagi atas dua bagian yaitu data bertipe numerik dan data bertipe kategorik

Untuk Deskripsi Statistik tipe data numerik untuk penderita penyakit DBD di tiga kecamatan yang ada di Kota Makassar diberikan pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Deskripsi Variabel Numerik untuk Penderita Penyakit DBD di Tiga Kecamatan

No	Nama Variabel	Rata-rata	Variansi	Minimum	Maksimum	Keterangan
1	Trombosit	88,599	1767,83	4	150	Variabel Respon
2	Hematokrit	38,87	56,015	3	133	Variabel Penjelas
3	Lama dirawat di Rumah Sakit	3,67	4,346	1	14	Variabel Penjelas

Distribusi jumlah trombosit sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 4 terlihat bahwa rata-rata jumlah trombosit penderita penyakit DBD adalah 88,599 mm^6 dan variansi trombosit adalah

1767,83. Nilai maksimal trombosit 150 mm^6 dan nilai trombosit minimum 4 mm^6 . Distribusi jumlah hematokrit, terlihat bahwa rata-rata peningkatan volume hematokrit penderita penyakit DBD adalah 38,87% dan variansi peningkatan volume hematokrit adalah 56,015%. Jumlah peningkatan hematokrit terendah sebesar 3% dan nilai tertinggi sebesar 133%. Sedangkan distribusi jumlah pasien menurut lama dirawat terlihat bahwa rata-rata lama dirawat pasien yang menderita penyakit DBD adalah 3,67 dan variansi lama dirawat adalah 4,346. Lama rawat pasien maksimal 14 hari dan lama rawat pasien minimum 1 hari.

Sedangkan deskripsi statistik dan kategorik untuk penderita penyakit DBD di tiga kecamatan terpilih diberikan pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Deskripsi Variabel Kategorik untuk Penderita Penyakit DBD di Tiga Kecamatan

No	Nama Variabel	Frekuensi	Persen (%)	Keterangan
1	Jenis Kelamin			Variabel Penjelas
	1 = Laki-laki	258	50,4	
	2 = Perempuan	254	49,6	
2	Umur			Variabel Penjelas
	1= $x < 1$ tahun	3	0,6	
	2= $1 \leq x < 5$ tahun	84	16,4	
	3= $5 \leq x < 15$ tahun	226	44,1	
	4= $15 \leq x < 45$ tahun	172	33,6	
	5= $x \geq 45$ tahun	27	5,3	
3	Rumah Sakit			Variabel Penjelas
	1= Tipe A	25	4,9	
	2= Tipe B	225	43,9	
	3= Tipe C+	60	11,7	
	4= Tipe C	50	9,8	
	5= Tipe D	152	29,7	

Distribusi jumlah pasien menurut jenis kelamin ditunjukkan pada Tabel 5, terlihat bahwa persentase tertinggi yang menderita penyakit DBD adalah laki-laki yaitu 50,4% sedangkan terendah adalah 49,6%. Distribusi jumlah pasien menurut umur, persentase tertinggi penderita penyakit DBD adalah pada umur antara 5-15 tahun yaitu 44,1%, sedangkan terendah adalah pada umur lebih dari 45 tahun yaitu 5,3 %. Sedangkan distribusi jumlah pasien menurut rumah sakit tempat dirawat, persentase tertinggi tempat penderita penyakit DBD dirawat adalah pada rumah sakit tipe B yaitu 43,9%, sedangkan terendah adalah pada rumah sakit tipe A yaitu 4,9%.

4.2 Pendugaan Prior Sebagai Informasi Awal

Sebelum menggunakan pendugaan tidak langsung dengan metode EB untuk ketiga kecamatan fokus penelitian, sebelumnya akan dilakukan pendugaan prior yang akan menjadi informasi awal atau kekuatan untuk ketiga kecamatan tersebut. Untuk itu dilakukan pendugaan jumlah trombosit penderita DBD untuk data populasi penderita Kota Makassar. Proses pendugaan ini disebut juga dengan pendugaan langsung.

Dari hasil pengolahan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak SAS 9.1, pada Pendugaan *Prior* diperoleh nilai *mean* dan *variansi* untuk masing-masing kecamatan berturut-turut adalah untuk Kecamatan Rappocini 86,2916 dan 1892,19, Kecamatan Ujung Pandang 86.6155 dan 1283,17 dan yang terakhir nilai *mean* dan *variansi* pada Kecamatan Manggala sebesar 74,1217 dan 1646,75.

Dari hasil pengolahan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak SAS 9.1, pada Pendugaan *Prior* diperoleh MSE populasi atau semua kecamatan dimasukkan kedalam model, maka adalah Kecamatan Rappocini sebesar 1484,8, untuk Ujung Pandang sebesar 129,9, dan untuk Kecamatan Manggala sebesar 420,0. Nilai MSE menunjukkan besarnya rata-rata kuadrat error pada variabel respon yang diberikan oleh variabel-variabel bebas dari model.

Tabel 6. Nilai MSE Kecamatan Terpilih dan Populasi dengan Pendugaan PRIOR

Kecamatan	Nilai MSE
Rappocini	1484,8
Ujung Pandang	129,9
Manggala	420,0

Nilai MSE yang diperoleh di tiga kecamatan ini cukup bervariasi dan relatif besar, sehingga akan dilakukan pendugaan tidak langsung pada ketiga kecamatan ini menggunakan pendugaan *Posterior* untuk mendapatkan model *Empirical Bayes* (EB) dengan menggunakan nilai-nilai *mean* dan *variansi* dari masing-masing kecamatan terpilih, dimana pada model EB pendugaan parameter model mendapat tambahan informasi dari pendugaan *Prior* (awal) pada area yang terkait, atau model populasi untuk semua area yang ada, dalam hal ini semua kecamatan yang ada di Kota Makassar.

4.3 Pendugaan Posterior

Pendugaan tidak langsung, atau melakukan pendugaan posterior pada model EB berdasarkan informasi awal yang diperoleh dari EB, akan diuraikan sebagai berikut.

Pada tahap awal, akan dilakukan pendugaan nilai dugaan untuk tiap kecamatan yang ada di Kota Makassar dengan menggunakan informasi mengenai rasio jumlah penderita yang ada di tiap kecamatan dengan jumlah penduduk pada kecamatan tersebut. Rasio ini disebut juga nilai peluang terjadinya penyakit DBD relatif di tiap kecamatan yang diamati. Ringkasan hasil dugaan untuk tiap kecamatan ini diberikan pada Tabel 7 berikut.

Berdasarkan Tabel 7 di bawah, meskipun semua informasi mengenai kecamatan di Kota Makassar tetapi dalam pembahasan ini terfokus pada Kecamatan Rappocini, Ujung Pandang dan Manggala. Rata-rata jumlah trombosit untuk semua kecamatan adalah 85,57. Sedangkan rata-rata jumlah trombosit pada Kecamatan Rappocini adalah 90,51, Kecamatan Ujung Pandang adalah 86,49, dan Kecamatan Manggala adalah 80,54. Nilai jumlah trombosit untuk semua kecamatan berada pada persekitaran nilai rata-rata semua kecamatan di Kota Makassar.

Tabel 7. Dugaan Populasi Penderita Penyakit DBD di Kota Makassar

Kecamatan	Trombosit	ei	SMR	ThetaDuga	Gi
Rappocini	90,51	0,001714	0,70	0,571233	0,05417
Tamalate	86,68	0,001472	0,01	0,631715	0,056479
Makassar	85,82	0,000594	2,40	0,851401	0,057018
Mariso	78,39	0,000573	1,73	0,856598	0,062031
Mamajang	90,31	0,001124	0,06	0,71895	0,054287
Ujung Pandang	86,49	0,003098	0,11	0,225156	0,056597
Tallo	92,57	0,002712	0,01	0,321671	0,052988

Anisa

Manggala	80,54	0,001413	0,04	0,646502	0,060512
Panakukkang	87,11	0,001902	0,78	0,524269	0,056212
Wajo	85,06	0,000664	2,09	0,833966	0,057501
Bontoala	74,41	0,000573	0,97	0,85679	0,065004
Ujung Tanah	96,86	0,001047	3,71	0,738165	0,050652
Tamalanrea	83,58	0,000698	4,68	0,825544	0,058461
Biringkanaya	79,67	0,000938	0,79	0,765252	0,06112

dimana

Trombosit : Jumlah Trombosit Rata-rata Penderita Penyakit DBD Kota Makassar.

e_i : Rata-rata Peluang Terjangkitnya Penyakit DBD pada tiap kecamatan di Kota Makassar

SMR : *Standardized Mortality Ratio*

ThetaDuga : Rata-rata Dugaan Populasi penderita Penyakit DBD Kota Makassar

G_i : Matriks Kovariansi hasil dugaan populasi

Dari hasil pengolahan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak SAS 9.1, pada Pendugaan *Posterior* diperoleh MSE pada Kecamatan Rappocini sebesar 1242,7142, untuk Kecamatan Ujung Pandang sebesar 157,9445 dan untuk Kecamatan Manggala sebesar 194,7742. Nilai MSE untuk masing-masing kecamatan yang menunjukkan besarnya rata-rata kuadrat error pada variabel respon diberikan pada tabel berikut.

Tabel 8. Nilai MSE Kecamatan Terpilih Pendugaan *Posterior*

Kecamatan	Nilai MSE
Rappocini	1242,7142
Ujung Pandang Baru	157,9445
Manggala	194,7742

Berdasarkan Tabel 8 diatas, terlihat bahwa pendugaan *Posterior* mampu meminimumkan error dari model hierarki yang digunakan dibandingkan dengan pendugaan *Prior*. Hal ini dapat dilihat dari nilai MSE model *Posterior* yang lebih kecil daripada model *Prior*. Pada Kecamatan Rappocini dan Manggala, tingkat akurasi nilai MSE pada pendugaan *Posterior* memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pendugaan *Prior*. Perubahan pendugaan *Prior* ke pendugaan *Posterior* untuk nilai MSE masing-masing kecamatan, terlihat bahwa Kecamatan Rappocini dan Manggala memberikan hasil berturut-turut 242,0858 dan 225,2258. Akan tetapi pada Kecamatan Ujung Pandang, tingkat akurasi berdasarkan nilai MSE pada pendugaan *Prior* memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pendugaan *Posterior*. Perubahan pendugaan *Prior* ke pendugaan *Posterior* untuk nilai MSE Kecamatan Ujung Pandang adalah -28.0445. Untuk itu pada Kecamatan Ujung Pandang tidak perlu dilakukan pendugaan tidak langsung berdasarkan data pada kecamatan lain.

Selanjutnya akan dibahas dugaan parameter untuk setiap variabel bebas dari masing-masing kecamatan terpilih yaitu Kecamatan Rappocini, Kecamatan Ujung Pandang dan Kecamatan Manggala. Adapun hasil dugaan parameter model untuk setiap kecamatan terpilih diberikan pada tabel berikut.

Tabel 9. Nilai Dugaan Parameter pada Area Kecil dengan model *Empirical Bayes* (EB)

Variabel Bebas	Rappocini	Ujung Pandang	Manggala
Hematokrit (X1)	0.1524	-2.7069	-1.0859
Umur (X2)	-6.9458	-2.0871	1.7539
Lama Rawat (X3)	2.3894	-4.1222	2.9901
Jenis Kelamin (X4)	9.8120	-10.6791	-14.5157
Tipe Rumah Sakit (X5)	6.8569	7.0764	-1.4051

Dari Tabel 9 diperoleh model pendugaan untuk tiga kecamatan terpilih yaitu Kecamatan Rappocini, Kecamatan Ujung Pandang dan Kecamatan Manggala menggunakan model *Empirical Bayes* (EB), diberikan pada persamaan

$$\hat{\theta}_1^{EB} = 0.1524 X_1 - 6.9458 X_2 + 2.3894 X_3 + 9.8120 X_4 + 6.8569 X_5$$

$$\hat{\theta}_2^{EB} = -2.7069 X_1 - 2.0871 X_2 - 4.1222 X_3 - 10.6791 X_4 + 7.0764 X_5$$

$$\hat{\theta}_3^{EB} = -1.0859 X_1 + 1.7539 X_2 + 2.9901 X_3 - 14.5157 X_4 - 1.4051 X_5$$

Selanjutnya, berdasarkan nilai signifikansi hasil pengujian tiap kecamatan terpilih, dengan $\alpha = 5\%$, diperoleh bahwa untuk kecamatan Rappocini, variabel yang berpengaruh adalah umur dan lama rawat. Untuk kecamatan Ujung Pandang, variabel yang berpengaruh adalah Hematokrit. Sedangkan untuk kecamatan Manggala, tidak ada variabel bebas yang dominan mempengaruhi jumlah trombosit penderita DBD.

Tabel 10. Nilai-nilai *Probability* pada Area Kecil.

Kecamatan	Variabel Bebas	Prob.
RAPPOCINI	Hematokrit (X1)	0.7259
	Umur (X2)	0.0299
	Lama Rawat (X3)	0.0462
	Jenis Kelamin (X4)	0.0629
	Tipe Rumah Sakit (X5)	0.0003
UJUNG PANDANG	Hematokrit (X1)	0.0489
	Umur (X2)	0.7904
	Lama Rawat (X3)	0.1234
	Jenis Kelamin (X4)	0.4239
	Tipe Rumah Sakit (X5)	0.1873
MANGGALA	Hematokrit (X1)	0.4122
	Umur (X2)	0.8705
	Lama Rawat (X3)	0.3047
	Jenis Kelamin (X4)	0.2660
	Tipe Rumah Sakit (X5)	0.7393

Dari hasil yang diberikan pada Tabel 10 dan dari uraian di atas, maka model pendugaan tidak langsung dengan *Empirical Bayes* kecamatan Rappocini dan Ujung Pandang diberikan sebagai berikut:

$$\hat{\theta}_1^{EB} = -6.9458 X_2 + 2.3894 X_3 + 6.8569 X_5$$

$$\hat{\theta}_2^{EB} = -2.7069 X_1$$

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka beberapa kesimpulan yang diperoleh adalah :

1. Berdasarkan nilai signifikansi, terlihat bahwa variabel-variabel yang memiliki pengaruh signifikan terhadap jumlah trombosit penderita DBD dengan model EB untuk kecamatan Rappocini yaitu umur, lama rawat dan tipe rumah sakit tempat penderita DBD dirawat, dengan model $\hat{\theta}_1^{EB} = -6.9458 X_2 + 2.3894 X_3 + 6.8569 X_5$. Untuk kecamatan Ujung Pandang yaitu peningkatan volume hematokrit pada penderita DBD, dengan model $\hat{\theta}_2^{EB} = -2.7069 X_1$. Sedangkan untuk kecamatan Manggala tidak ada variabel bebas dominan berpengaruh terhadap jumlah trombosit di daerah tersebut.
2. Pada Pendugaan *Prior* diperoleh MSE populasi atau semua kecamatan dimasukkan kedalam model, maka MSE Kecamatan Rappocini sebesar 1484,8, untuk Ujung Pandang sebesar 129,9, dan untuk Kecamatan Manggala sebesar 420,0. Sedangkan pada Pendugaan *Posterior* diperoleh MSE pada Kecamatan Rappocini sebesar 1242,7142, untuk Kecamatan Ujung Pandang sebesar 157,9445 dan untuk Kecamatan Manggala sebesar 194,7742. Terlihat bahwa ada Penurunan nilai MSE pendugaan setelah digunakan model *Empirical Bayes*
3. Berdasarkan nilai MSE yang diperoleh untuk Kecamatan Rappocini, model *Posterior* mampu meminimumkan *error* dari model dasar linier yang digunakan dibandingkan dengan model *Prior*. Hal ini dapat dilihat dari nilai MSE model *Posterior* yang lebih kecil daripada model *Prior*, dengan perubahan sebesar 242,0858, sedangkan Kecamatan Ujung Pandang sebesar -28,0445, dan Kecamatan Manggala sebesar 225,2258. Dapat disimpulkan juga bahwa perubahan nilai MSE dari model *Prior* ke model *Posterior* yang terkecil adalah pada Kecamatan Rappocini, sedangkan Kecamatan Ujung Pandang terjadi sebaliknya, artinya pendugaan *prior* lebih baik dari pada pendugaan *posterior*. Hal ini disebabkan oleh jumlah penderita penyakit DBD pada Kecamatan Ujung Pandang yang paling kecil dari tiga kecamatan yang menjadi objek penelitian.

Untuk studi lanjut tentang pendugaan area kecil dengan metode *Empirical Bayes* (EB), perlu dibandingkan dengan metode penduga area kecil lainnya untuk melihat sejauh mana *error* yang dihasilkan misalkan metode *Hierarki Bayes* (HB), dan hasilnya dirangkum dalam suatu peta penyebaran DBD di Kota Makassar ini.

Daftar Pustaka

- [1] Anisa. 2006. "Analisis data longitudinal penderita penyakit DBD, Diabetes Mellitus, dan Kanker Paru-Paru RS. Wahidin Sudirohusodo dan RS. Stella Maris Makassar". *Laporan*

Hasil Penelitian Tahun Anggaran 2006, Program Hibah Kompetisi A2 Jurusan Matematika FMIPA UNHAS.

- [2] Anisa. 2007. "Metode *Empirical Bayes* pada pendugaan area kecil", *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, Edisi Khusus Juli 2007, pp : 253-258.
- [3] S. Bernardo. 2003. "*Bayesian Theory*". John Wiley & Sons Inc., Canada.
- [4] L. Carlin. 2000. "*Bayes and Empirical Bayes Methods For Data Analysis*". Chapman & Hall/CRC, New York.
- [5] J. N. K. Rao. 2003. "*Small Area Estimation*". John Wiley & Sons Inc., Canada.