



# UJIAN TERBUKA

## BAYESIAN 2-LEVEL *SPATIO-TEMPORAL* UNTUK PEMODELAN RISIKO KASUS EPIDEMIOLOGI

MUKHSAR

Promotor/Co-Promotor

Prof. Drs. Nur Iriawan, M.IKom., Ph.D.

Dr. Brodjol Sutijo, SU., M.Si.

Dr. Sutikno, M.Si.

# OUTLINE

## Bab 1

Review kelebihan dan kekurangan model Bayesian untuk RR kasus epidemiologi, pengembangan BP2L S-T dan PBP2L S-T, dan 4 tujuan penelitian

## Bab 2

Review teori Bayesian, pemilihan prior, metode MCMC, desain struktur BP2L S-T dan PBP2L S-T, dan model assessment

## Bab 3

Menyelesaikan tujuan penelitian 1 dan 2: Proses mendapatkan FCD parameter BP2L S-T dan PBP2L S-T dan sifat-sifatnya

## Bab 4

Menyelesaikan tujuan penelitian 3: Uji kinerja BP2L S-T dan PBP2L S-T menggunakan data DBD di 31 kecamatan Kota Surabaya dan data bangkitan, memilih model terbaik diantara keduanya.

## Bab 5

Menyelesaikan tujuan penelitian 4: Mendapatkan model prototipe

## Bab 6

Penyatuan hasil Bab 3, Bab 4 dan Bab 5. Kesimpulan. Rekomendasi. Keberlanjutan penelitian

# Bab 1

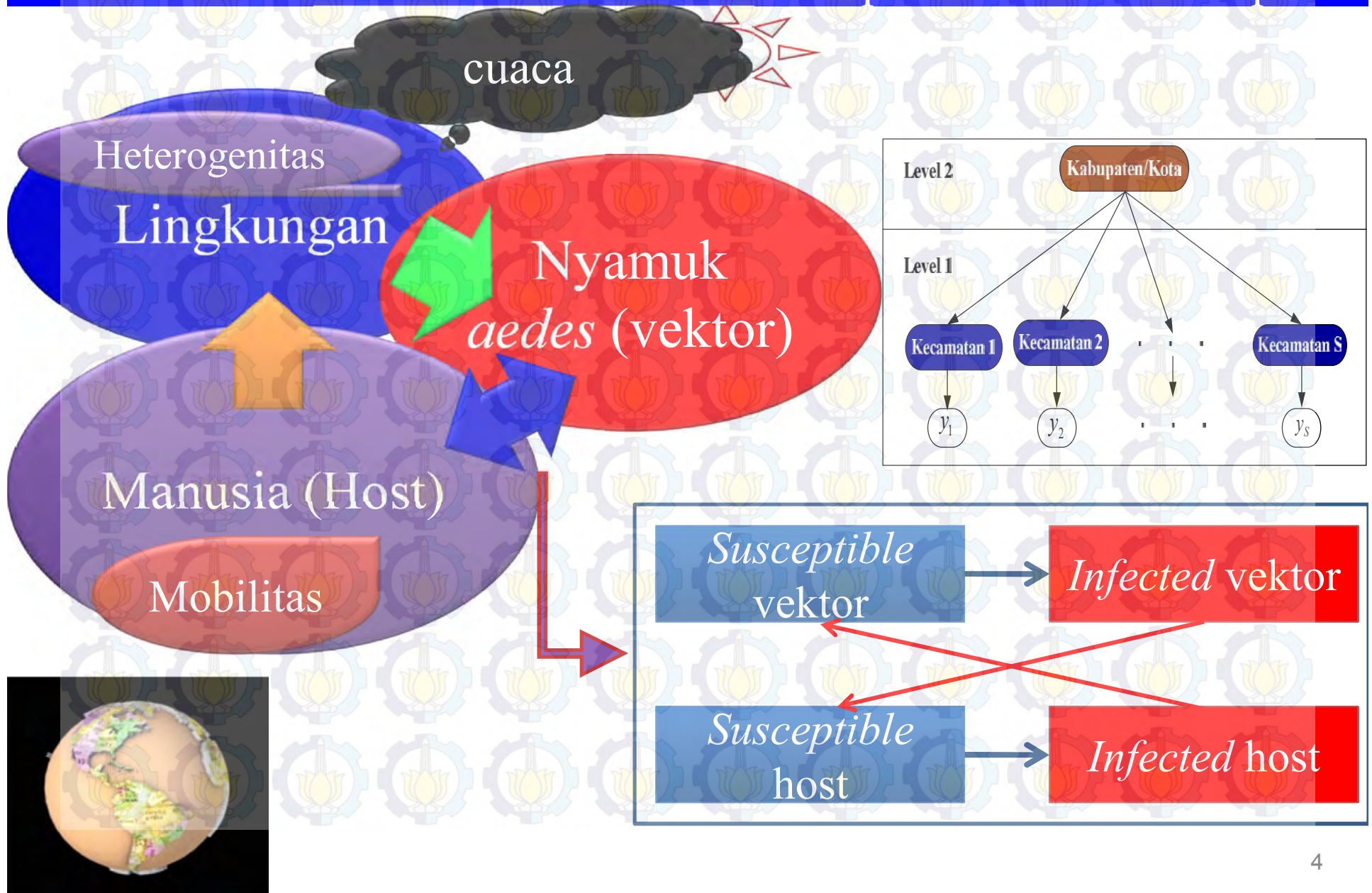
Analisis risiko relatif (RR) kasus epidemiologi berbasis area berguna, antara lain sebagai alat monitoring dan menyusun strategi intervensi

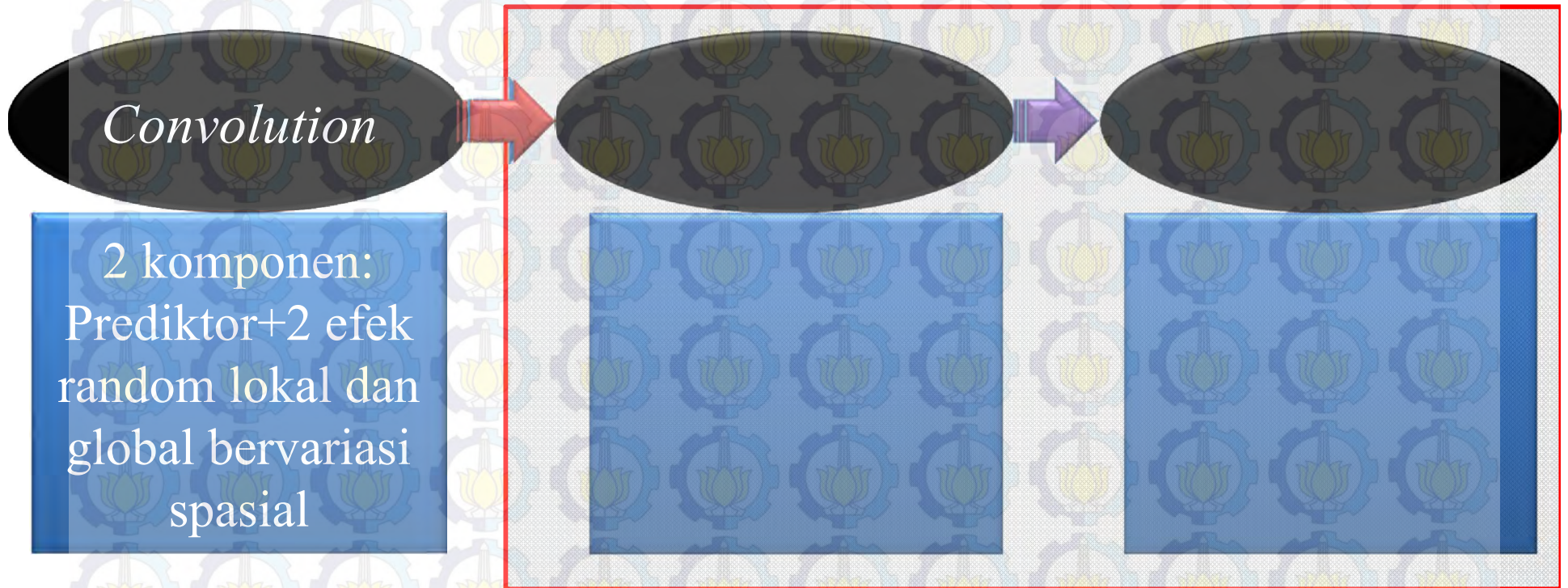


Kasus DBD tidak hanya bervariasi spasial tetapi juga temporal, sehingga model *convolution* dikembangkan menjadi model secara *spatio-temporal* (S-T)

# Bab 1 (lanjutan)

Analisis RR DBD merupakan masalah kompleks

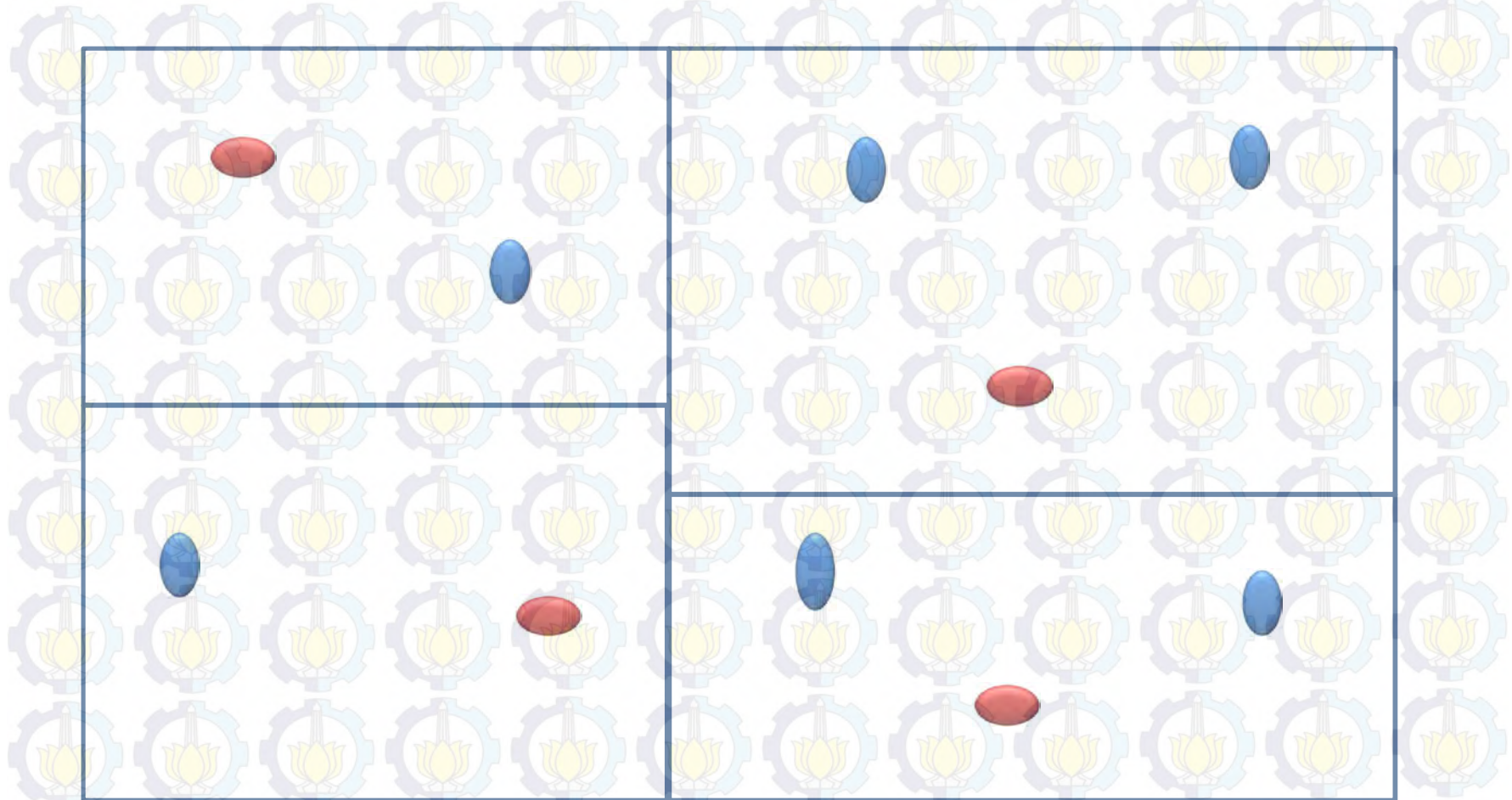




**BP2L S-T** = Bayesian Poisson Lognormal 2-level S-T  
kedua komponen efek random lokal dan global  
bervariasi spasial

**PBP2L S-T** = Perluasan BP2L S-T, kedua komponen  
efek random lokal dan global bervariasi S-T

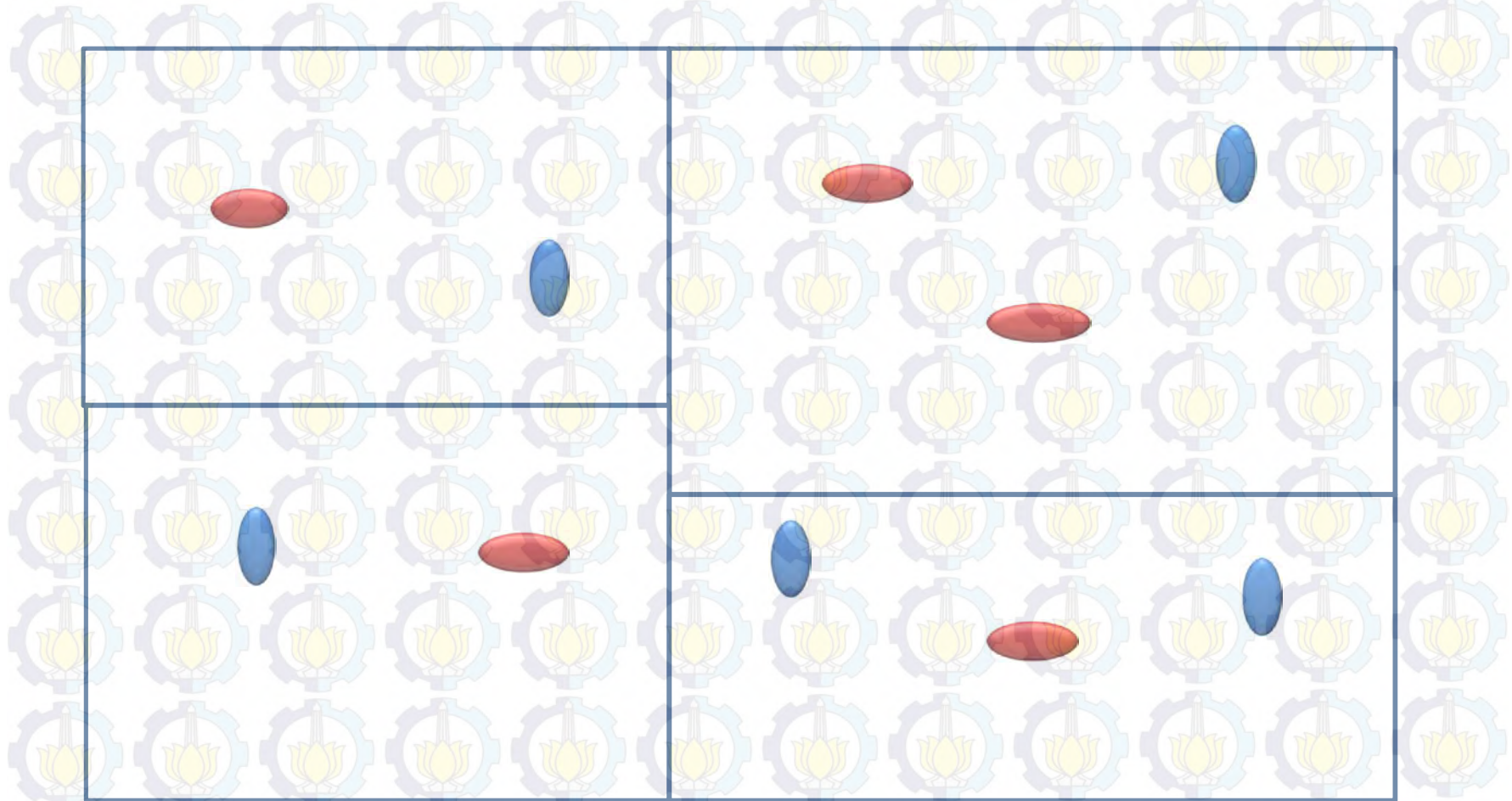
# Efek random lokal



Bulatan berwarna merah=: orang yang terinfeksi DBD

Bulatan berwarna biru=: orang yang rentan (*susceptible*) terinfeksi DBD

# Efek random global

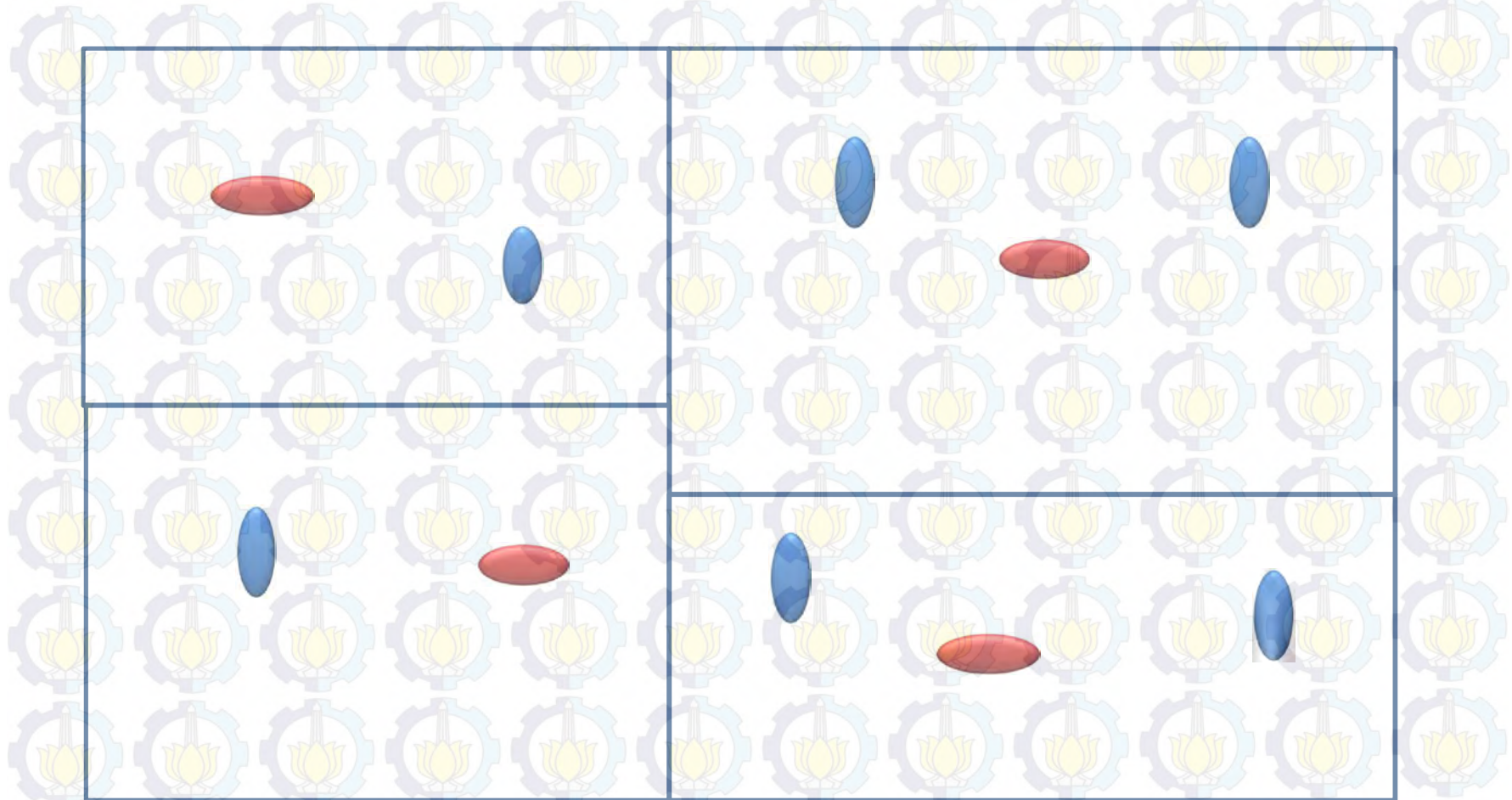


Bulatan berwarna merah=: orang yang terinfeksi DBD

Bulatan berwarna biru=: orang yang rentan (*susceptible*)

terinfeksi DBD

# Gabungan efek random lokal dan global



Bulatan berwarna merah=: orang yang terinfeksi DBD

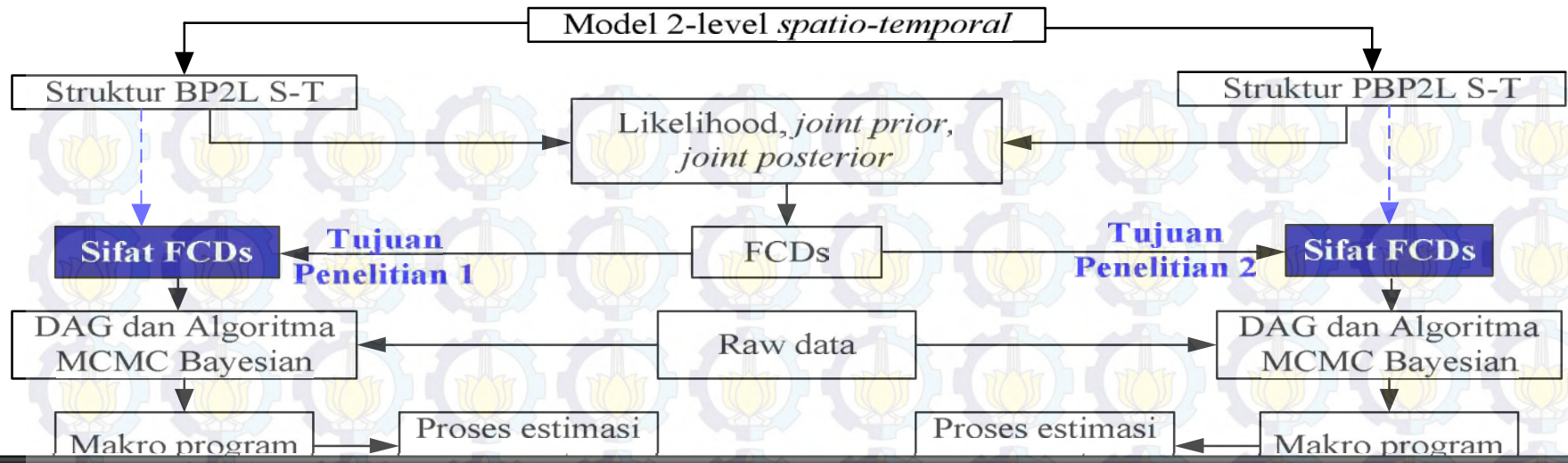
Bulatan berwarna biru=: orang yang rentan (*susceptible*) terinfeksi DBD

Estimasi parameter dibangkitkan berdasarkan *full conditional distributions* (FCDs)-nya masing-masing

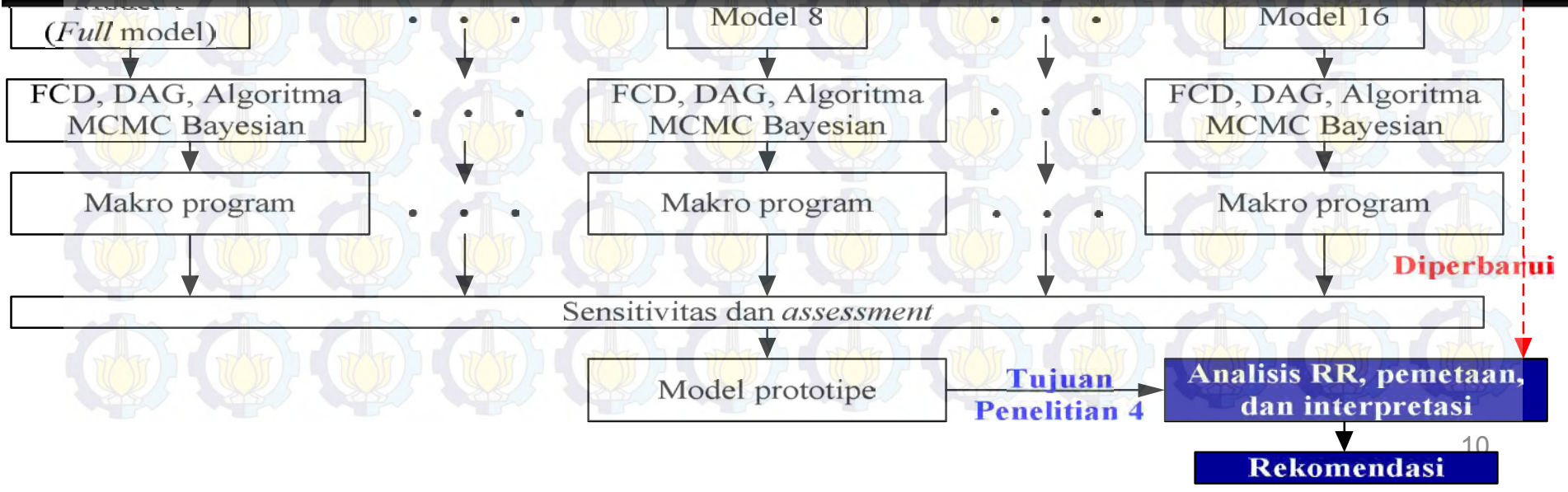
1. Mendapatkan FCDs BP2L S-T
2. Mendapatkan FCDs PBP2L S-T
3. Menguji kinerja kedua model menggunakan data DBD dan memilih model, untuk mendapatkan *full model*
4. Mendapatkan model prototipe

**Mendapatkan alat yang baik untuk menganalisis RR kasus DBD**

Alat ini digunakan untuk prediksi RR kasus DBD, menggunakan data inputan hasil prediksi



# Metode untuk menyelesaikan tujuan yang telah dirumuskan



$$y_s \sim \text{Poisson}(\lambda_s), \quad \text{RR}$$

$$\lambda_s = e_s \exp \left( \beta_0 + \sum_{p=1}^P \beta_p x_{ps} + u_s + v_s \right), \quad p = 1, \dots, P$$

$$v_s \mid v_j, j \neq s \sim N \left( \rho \sum_{j \in \mathcal{E}(s)} \frac{v_j}{D}, \frac{1}{\tau_v D} \right), \quad s = 1, \dots, S$$

$$u_s \sim N(0, \tau_u),$$

$$y_{st} \sim \text{Poisson}(\lambda_{st}), t = 1, \dots, T \quad \text{RR}$$

$$\lambda_{st} = e_{st} \exp \left( \beta_0 + \sum_{p=1}^P \beta_p x_{pst} + u_s + v_s + (\alpha + \delta_s) t_z \right), p = 1, \dots, P$$

$$v_s | v_j, j \neq s \sim N \left( \rho \sum_{j \in \mathcal{E}(s)} \frac{v_j}{D}, \frac{1}{\tau_v D} \right), s = 1, \dots, S$$

$$u_s \sim N(0, \tau_u),$$

$$\delta_s | \delta_j, j \neq s \sim N \left( \rho \sum_{j \in \mathcal{E}(s)} \frac{v_j}{D}, \frac{1}{\tau_\delta D} \right),$$

$$\alpha \sim N(0, \tau_\alpha),$$

$$y_{st} \sim \text{Poisson}(\lambda_{st}), t = 1, \dots, T$$

BP2L S-T  $u_s + v_s$

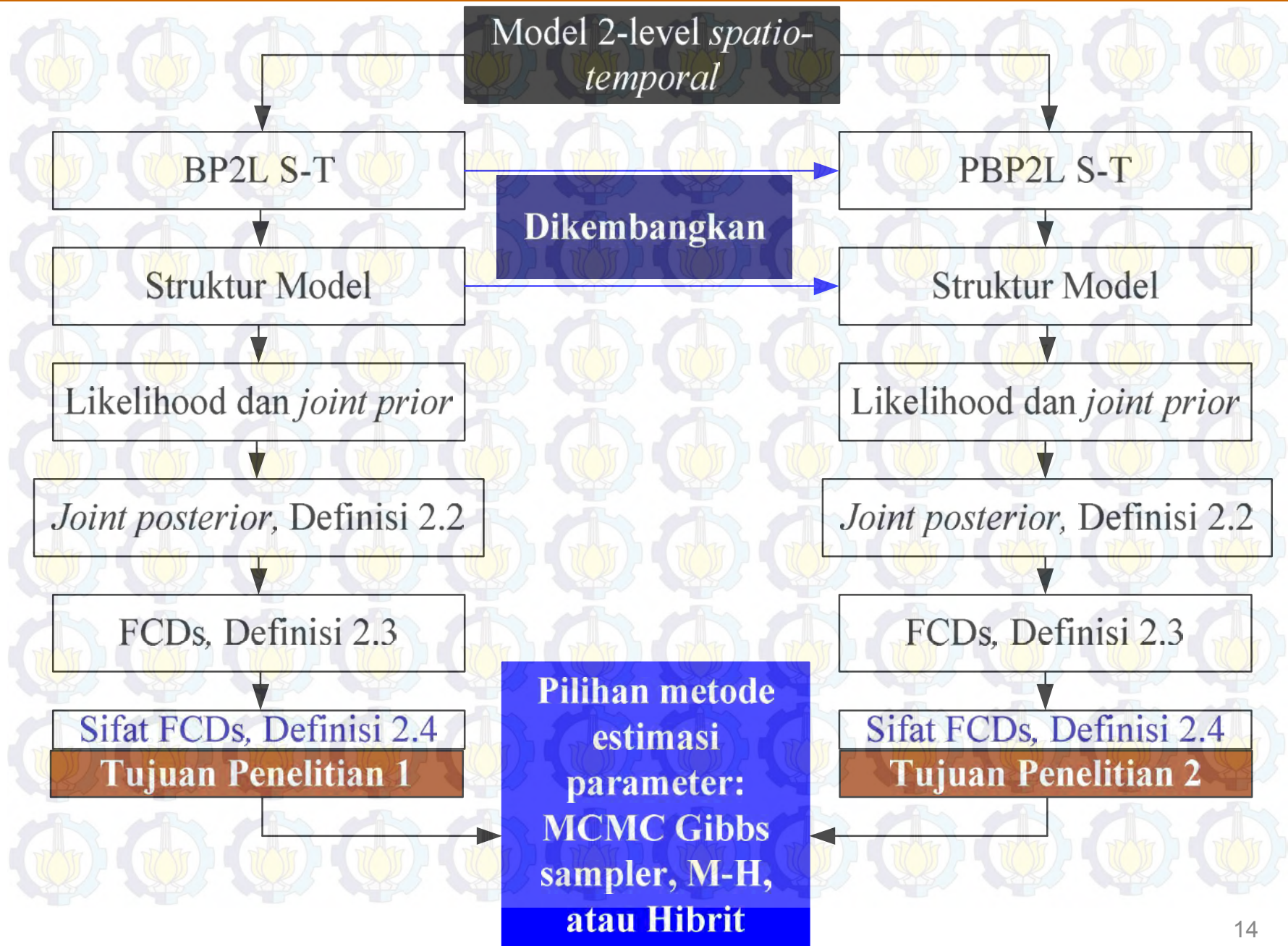


$$\lambda_{st} = e_{st} \exp \left[ \left( \beta_0 + \sum_{p=1}^P \beta_p x_{pst} + \boxed{u_{st} + v_{st}} + (\alpha + \delta_s) t_z \right) \right],$$

$$v_{st} \mid v_j, j \neq s \sim N \left( \rho \sum_{j \in \mathcal{E}(s)} \frac{v_j}{D}, \frac{1}{\tau_v D} \right), s = 1, \dots, S,$$

$$u_{st} \sim N(0, \tau_u)$$

# Bab 3 Prosedur untuk mendapatkan FCDs BP2L S-T dan PBP2L S-T



**Lemma 1**

Jika diberikan model BP2L S-T dengan *joint posterior* (1) yang mengikuti asumsi model *convolution*, maka FCDs model BP2L S-T bersifat *closed form*.

**Lemma 2**

Jika diberikan model PBP2L S-T dan *joint posterior* (2) dan mengikuti asumsi model BP2L S-T, maka FCDs PBP2L S-T bersifat *closed form*.

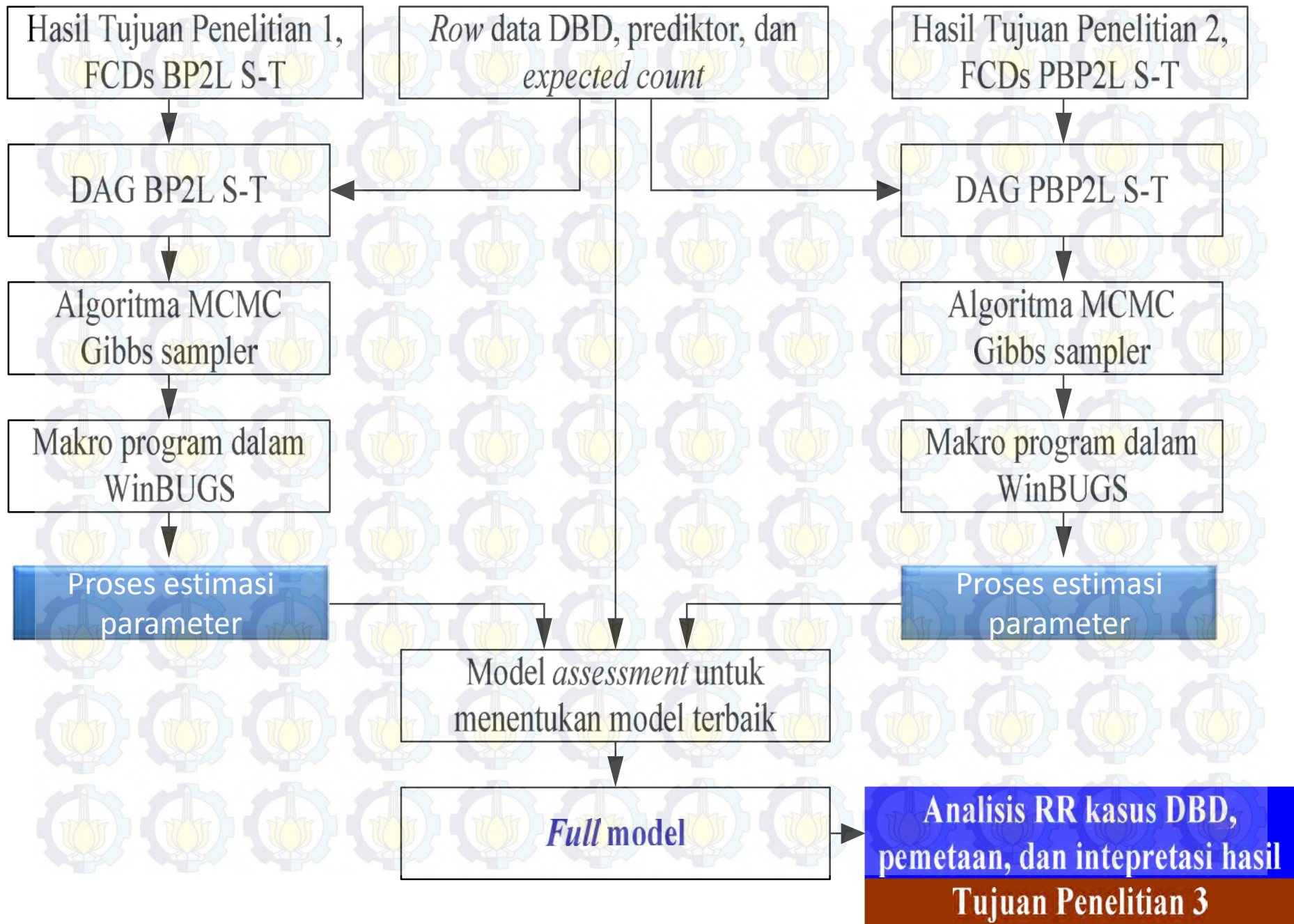
## Bab 3 Algoritma MCMC Gibbs sampler BP2L S-T dan PBP2L S-T

- $\beta_0^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\beta_0 | \cdot]$ ,
- $\beta_p^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\beta_p | \cdot], p = 1, \dots, P$ ,
- $\alpha^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\alpha | \cdot]$ ,
- $u_s^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[u_s | \cdot], s = 1, \dots, S$ ,
- $v_s^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[v_s | \cdot], s = 1, \dots, S$ ,
- $\delta_s^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\delta_s | \cdot], s = 1, \dots, S$ ,
- $\tau_\alpha^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\tau_\alpha | \cdot]$ ,
- $\tau_u^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\tau_u | \cdot]$ ,
- $\tau_v^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\tau_v | \cdot]$ ,
- $\tau_\delta^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\tau_\delta | \cdot]$ ,
- $\tau_\beta^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\tau_\beta | \cdot]$ .

- $\beta_0^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\beta_0 | \cdot]$ ,
- $\beta_p^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\beta_p | \cdot], p = 1, \dots, P$ ,
- $\alpha^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\alpha | \cdot]$ ,
- $u_{1t}^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[u_{1t} | \cdot], t = 1, \dots, T$ ,
- $\vdots$
- $u_{31t}^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[u_{31t} | \cdot], t = 1, \dots, T$ ,
- $v_{1t}^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[v_{1t} | \cdot], t = 1, \dots, T$ ,
- $\vdots$
- $v_{31t}^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[v_{31t} | \cdot], t = 1, \dots, T$ ,
- $\delta_s^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\delta_s | \cdot], s = 1, \dots, S$ ,
- $\tau_\alpha^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\tau_\alpha | \cdot]$ ,
- $\tau_u^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\tau_u | \cdot]$ ,
- $\tau_v^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\tau_v | \cdot]$ ,
- $\tau_\delta^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\tau_\delta | \cdot]$ ,
- $\tau_\beta^{(m)}$  dibangkitkan dalam  $[\tau_\beta | \cdot]$ .

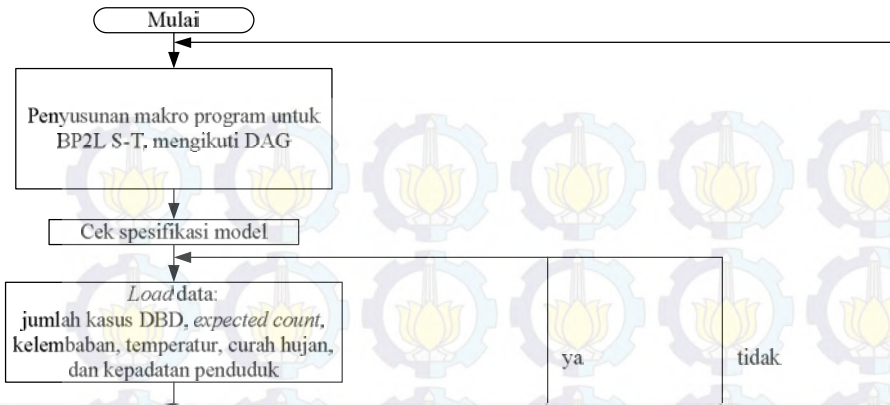
# Bab 4

# Prosedur untuk mendapatkan *full model*

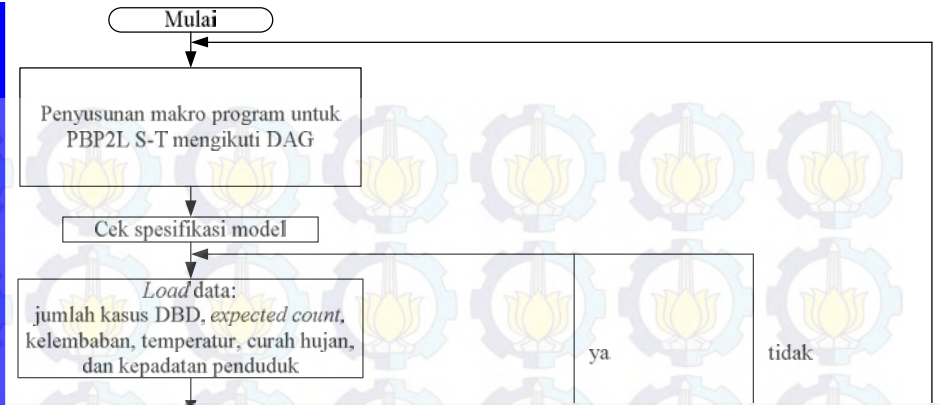


## Bab 4. Variabel yang digunakan

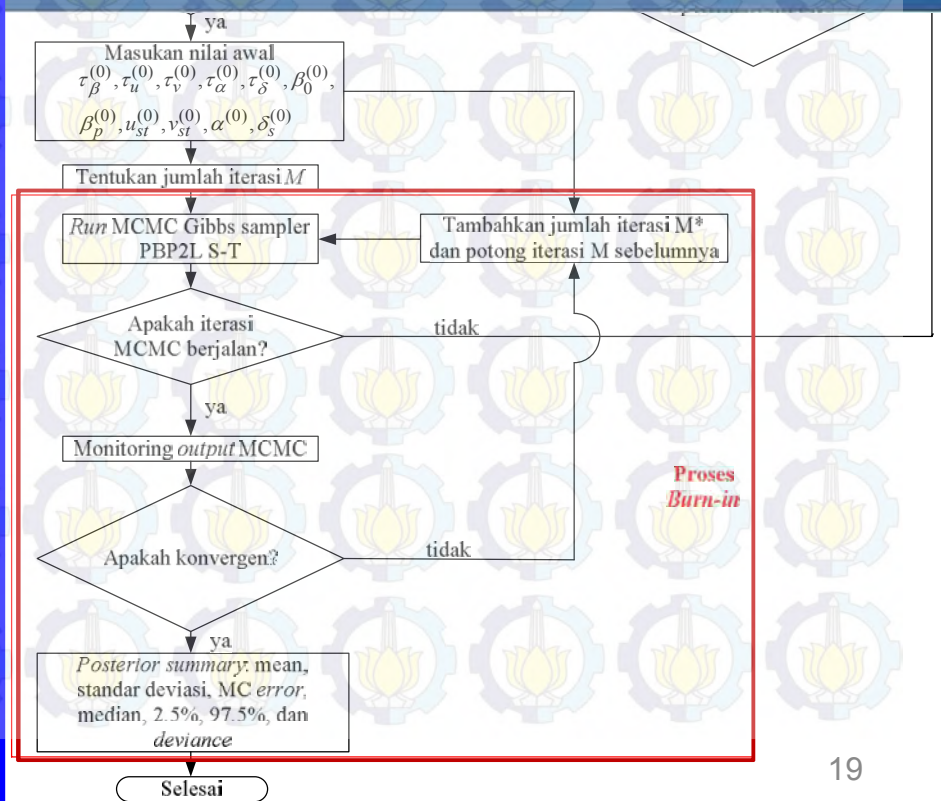
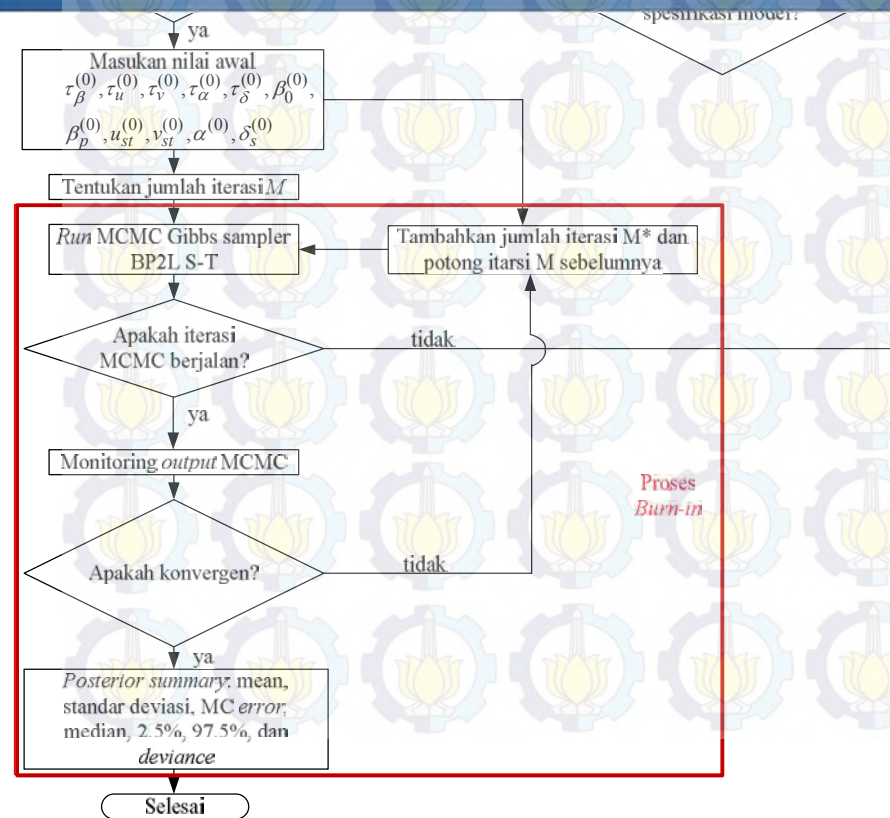
Variabel	Deskripsi	
Y	Jumlah kasus DBD	
N	Jumlah penduduk	
	<b>Prediktor</b>	Berdasarkan Rujukan
X1	Kelembaban (%)	Pham, dkk., 2011
X2	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	Pham, dkk., 2011
X3	Curah hujan (mm)	Pham, dkk., 2011
X4	Kepadatan penduduk	Pham, dkk., 2011



# Alur Program BP2L S-T



# Alur Program PBP2L S-T



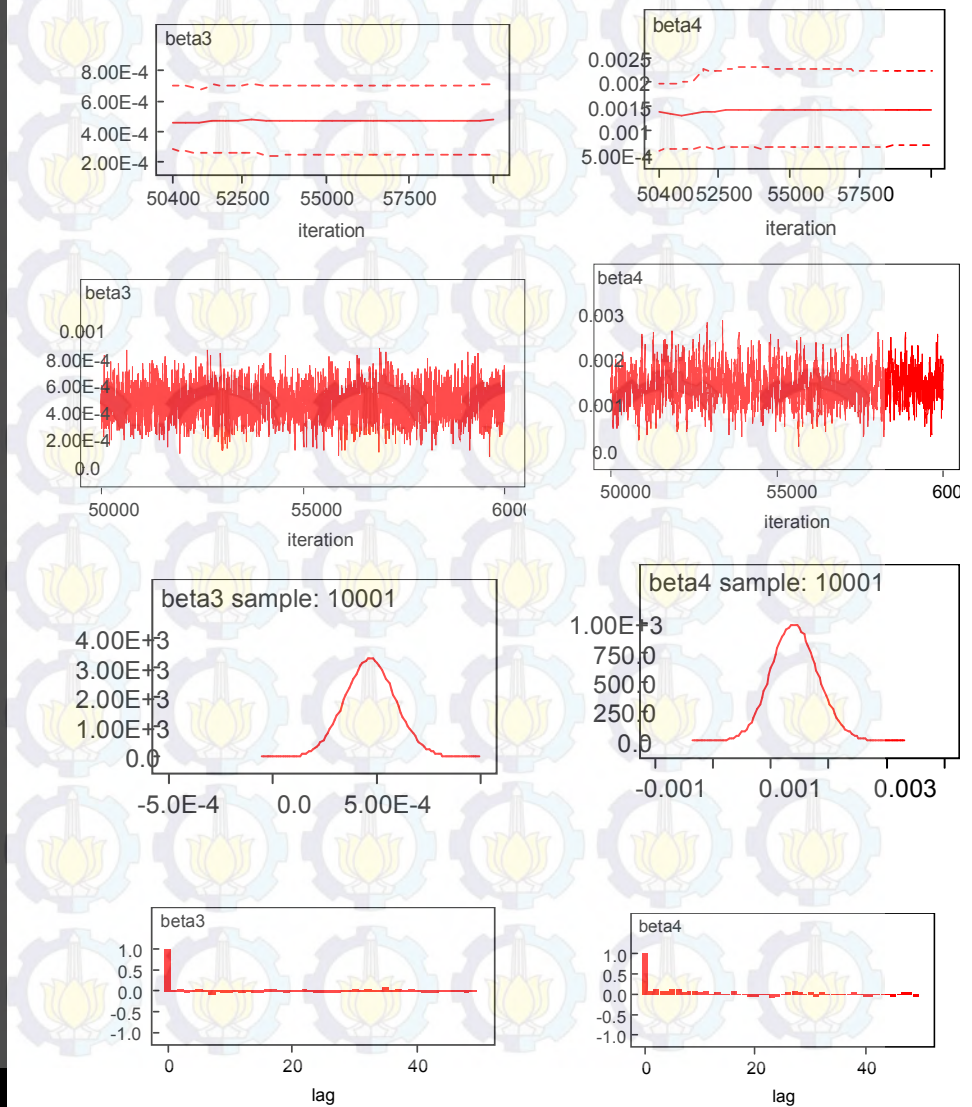
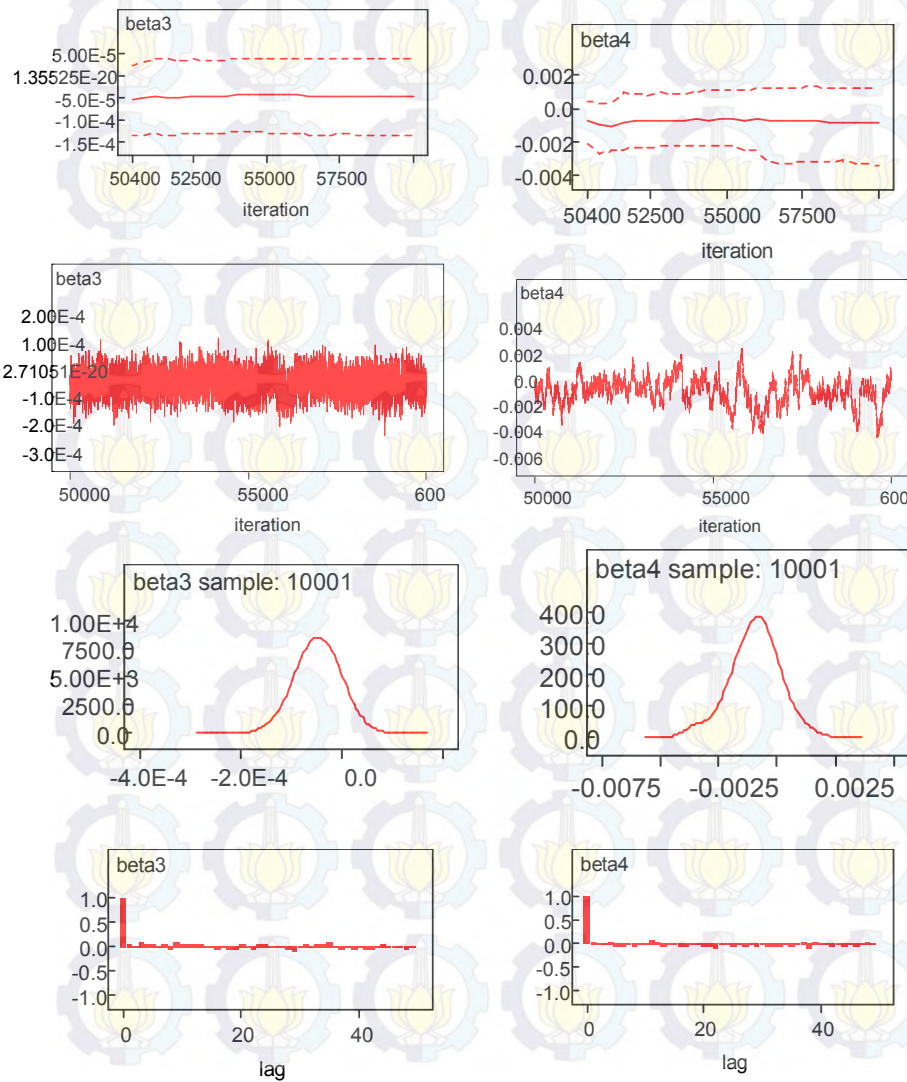
# Bab 4

# Diagnostik plot MCMC Gibbs sampler

Misalnya untuk parameter regresi curah hujan dan kepadatan penduduk

BP2L S-T

BP2L S-T

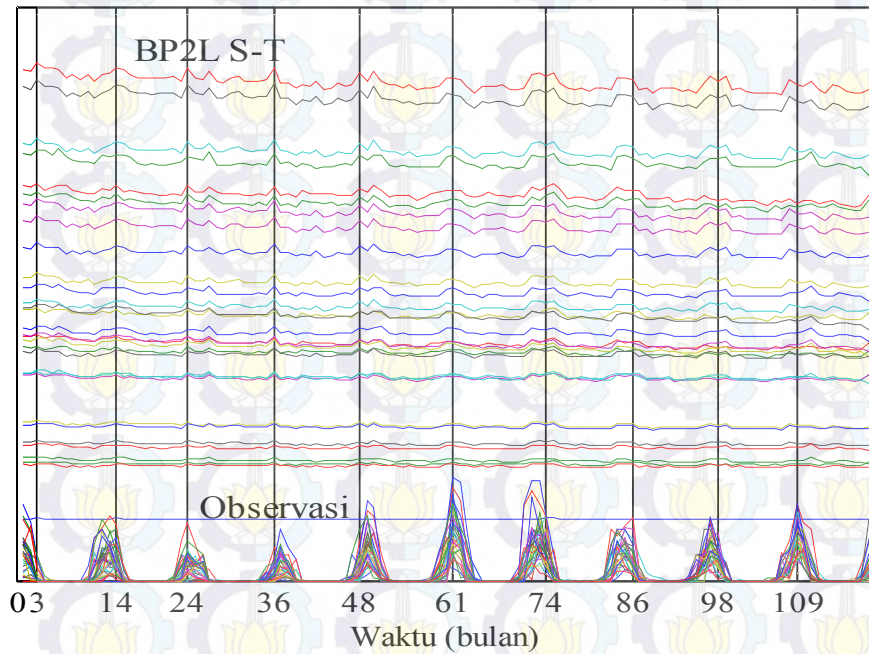


BP2L S-T						
Node	Mean	SD	MC error	2,50%	Median	97,50%
beta0	-0,33580	0,30970	0,02860	-0,91240	-0,34800	0,35450
beta1	0,00253	0,00117	0,00007	0,00020	0,00254	0,00473
beta2	0,00501	0,00718	0,00070	-0,00966	0,00492	0,01798
beta3	-0,00005	0,00004	0,00000	-0,00010	-0,00005	0,00004
beta4	-0,00090	0,00108	0,00009	-0,00340	-0,00080	0,00120
<i>Deviance</i>	12950					

TIDAK SIGNIFIKAN

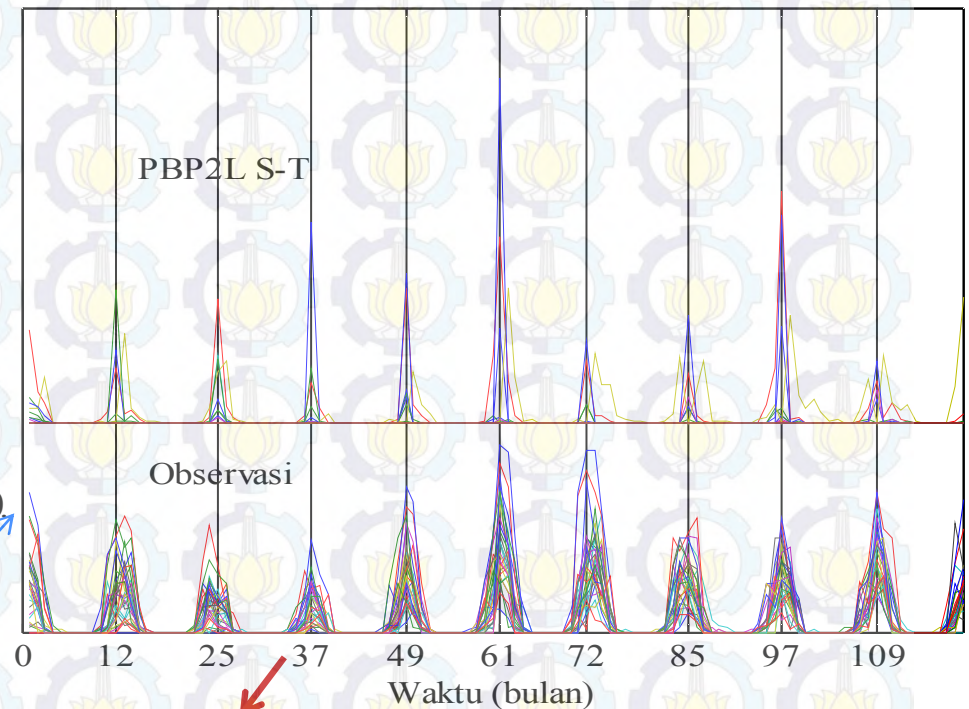
PBP2L S-T						
Node	Mean	SD	MC error	2.5%	Median	97.5%
beta0	-0,2138	0,1208	0,02026	-0,47040	-0,234900	-0,014100
beta1	0,00107	0,0023	0,0002	-0,00380	0,001276	0,005204
beta2	-0,0015	0,0055	0,0004	-0,01310	-0,001260	0,009020
beta3	0,0005	0,0001	0,000004	0,000300	0,000500	0,000700
beta4	0,00143	0,0004	0,00002	0,000700	0,001425	0,002232
<i>Deviance</i>	8475					

# Bab 4 Plot visual RR kasus DBD 31 kecamatan 120 bulan Kota Surabaya



$$RR_{st} = \exp \left[ \beta_0 + \sum_{p=1}^4 \beta_p x_{pst} + u_s + v_s + (\alpha + \delta_s) t_z \right], s=1, \dots, 31, t=1, \dots, 120.$$

Tidak sesuai pola data observasi



$$RR_{st} = \exp \left[ \beta_0 + \sum_{p=1}^4 \beta_p x_{pst} + u_{st} + v_{st} + (\alpha + \delta_s) t_z \right], s=1, \dots, 31, t=1, \dots, 120.$$

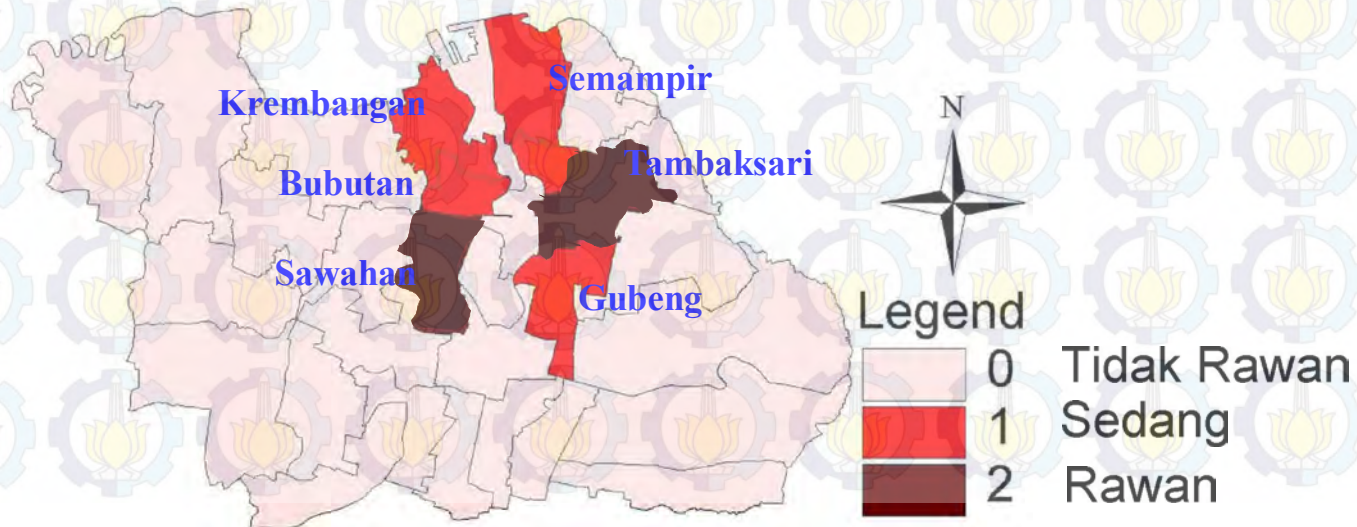
Sesuai pola data observasi

Desember 2001, Januari 2003, Januari 2004, Januari 2005, Januari 2006,  
Desember 2006, Januari 2008, Januari 2009, dan Januari 2010

## Bab 4 Lokasi kasus DBD tertinggi setiap kejadian ekstrim (Full model)

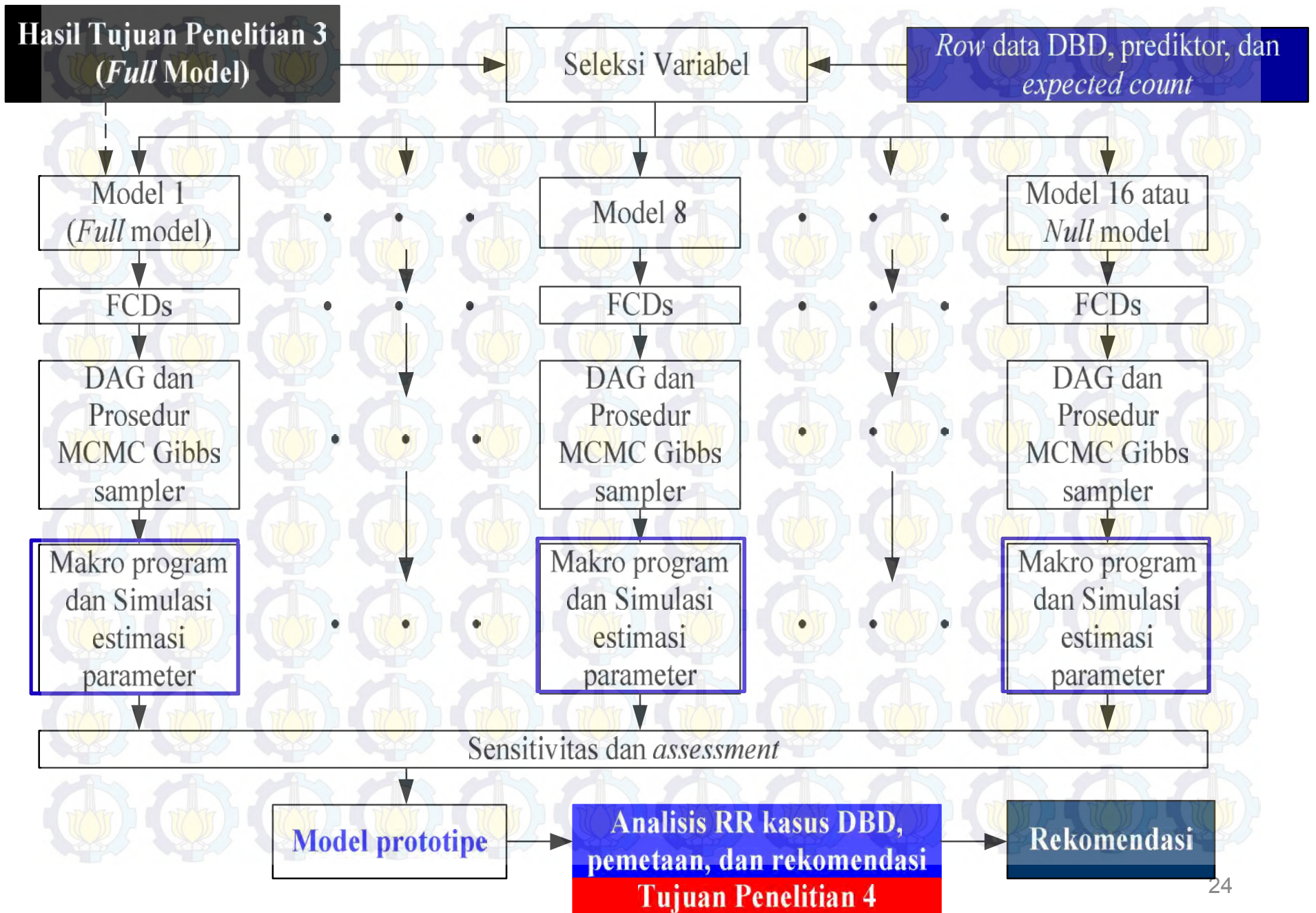
Kejadian ekstrim	Lokasi RR DBD tertinggi
Desember 2001	Sawahan, Tambaksari dan Gubeng
Januari 2003	Sawahan, Pabean Cantikan, Gubeng, dan Simokerto
Januari 2004	Sawahan, Tegalsari, Tambaksari, dan Gubeng
Januari 2005	Tambaksari, Krembangan, dan Sawahan
Januari 2006	Tambaksari, Sawahan, dan Krembangan
Desember 2006	Tambaksari, Sawahan, Bubutan, dan Tegalsari
Januari 2008	Tambaksari, Sawahan, Bubutan, Wonokromo, dan Semampir
Januari 2009	Tambaksari, Sawahan, dan Krembangan
Januari 2010	Tambaksari, Sawahan, Wonokromo, dan Semampir

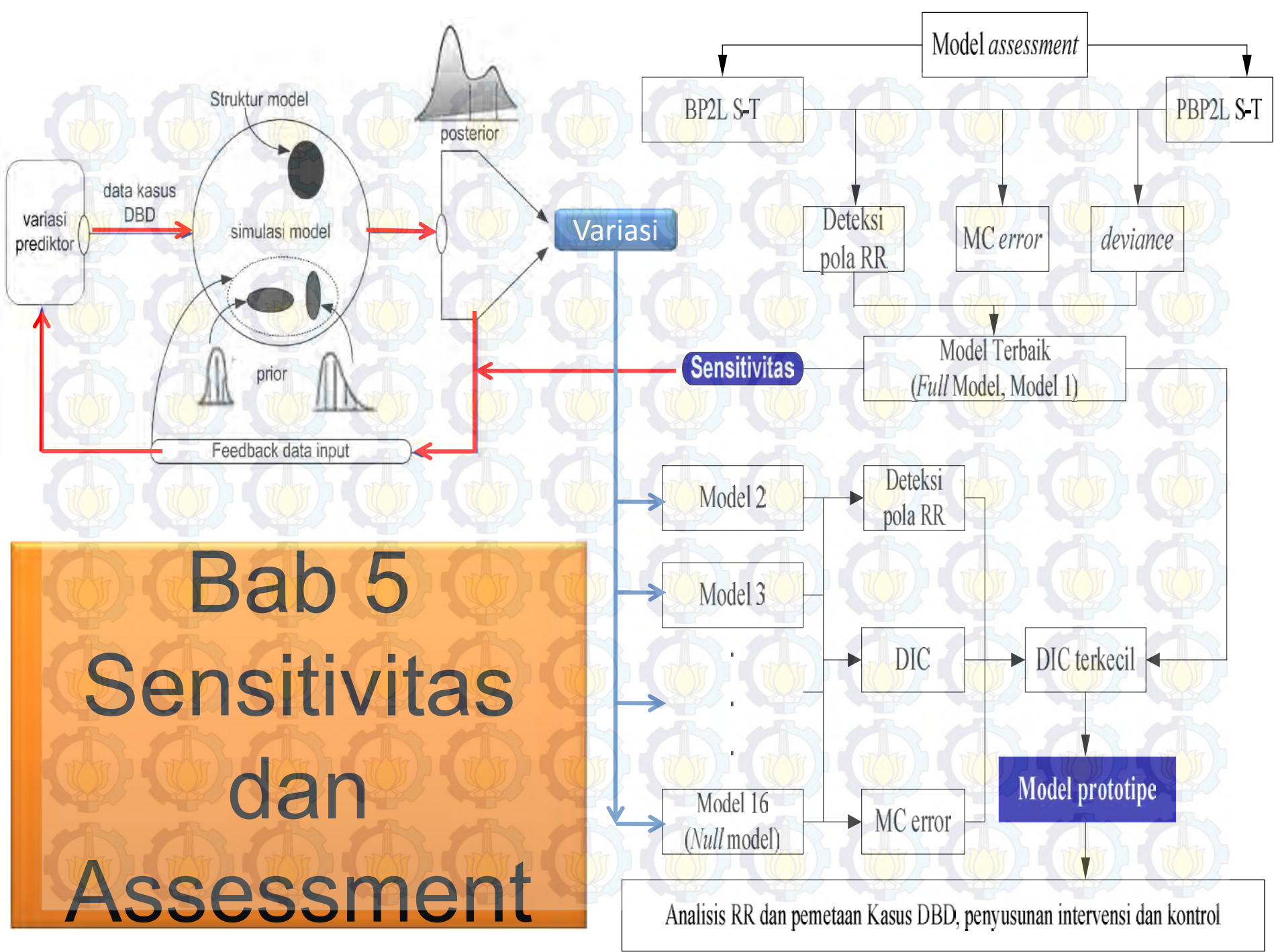
Hot spot kasus DBD di kota Surabaya



# Bab 5

# Prosedur mendapatkan model prototipe





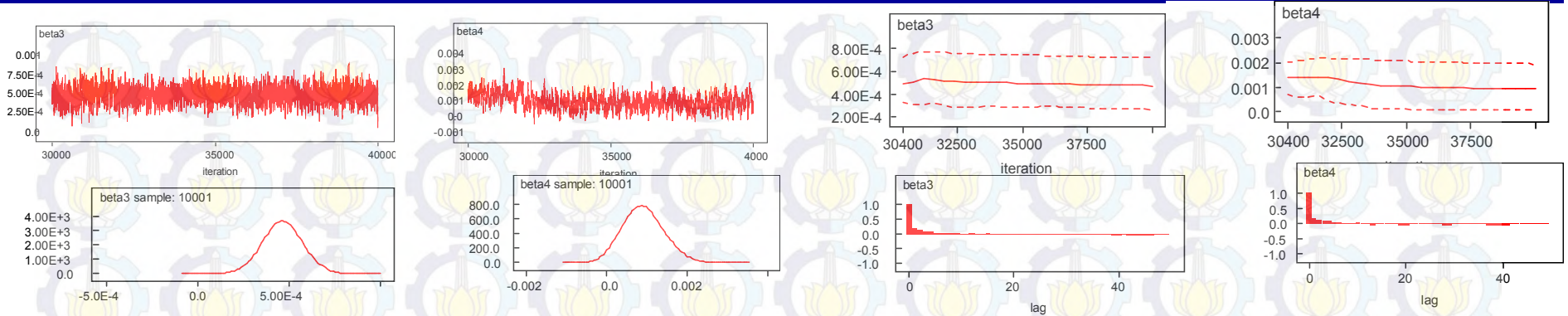
Model	Node	Mean	SD	MC error	2,5%	median	97,5%	Pemotongan iterasi	DIC
(1111)	beta0	-0,21380	0,1208000	0,0202600	-0,470400	-0,234900	-0,014100	50000	8485
	beta1	0,0010700	0,0023300	0,0001900	-0,003800	0,0012800	0,0052000		
	beta2	-0,001500	0,0055100	0,0004300	-0,013100	-0,001260	0,0090200		
	beta3	0,0004800	0,0001200	0,0000010	0,0002500	0,0004700	0,0007000		
	beta4	0,0014400	0,0003900	0,0000200	0,0007000	0,0014300	0,0022300		
(1000)	beta0	-0,221800	0,1104000	0,0103700	-0,350500	-0,213500	-0,013200	30000	8517
	beta1	0,0012400	0,0027540	0,3210000	-0,003800	0,0012040	0,0066800		
(0100)	beta0	-0,154900	0,0954000	0,0100900	-0,241400	-0,184500	-0,009700	30000	8523
	beta2	-0,000030	0,0063490	0,0006000	-0,012500	-0,000300	0,0122900		
(0010)	beta0	-0,216500	0,1653000	0,1673000	-0,264300	-0,201600	-0,016700	20000	8329
	beta3	0,0005000	0,0001000	0,0000040	0,0003000	0,0005000	0,0007000		
(0001)	beta0	-0,186400	0,1784000	0,2018000	-0,189600	-0,198400	-0,104300	30000	8363
	beta4	0,0010000	0,0005000	0,0000300	0,0000500	0,0009000	0,0019470		
(1100)	beta0	-0,205200	0,2056000	0,0453000	-0,201500	-0,207600	-0,200100	30000	8539
	beta1	0,0059000	0,0016500	0,0002000	0,0030100	0,0058350	0,0093840		
	beta2	-0,000030	0,0063490	0,0006000	-0,012500	-0,000300	0,0122900		

## Bab 5 Hasil Estimasi Parameter 16 model

(0101)	beta0	-0,156400	0,1873000	0,0216000	-0,198600	-0,189500	-0,184900	30000	8487
	beta2	-0,000030	0,0063490	0,0006000	-0,012500	-0,000300	0,0122900		
	beta4	0,0008000	0,0004000	0,0000300	0,0000700	0,0008000	0,0015070		
(0011)	beta0	-0,208600	0,2003000	0,1897000	-0,204600	-0,200000	-0,086400	30000	8325
	beta3	0,0005000	0,0001000	0,0000003	0,0003000	0,0005000	0,0007000		
	beta4	0,0009000	0,0005000	0,0000030	0,0000500	0,0009000	0,0019470		
(1110)	beta0	-0,173200	0,2214000	0,0213000	-0,197500	-0,196800	-0,200500	30000	8527
	beta1	0,0059900	0,0016500	0,0002000	0,0030100	0,0058350	0,0093840		
	beta2	-0,000300	0,0063490	0,0006000	-0,012500	-0,000300	0,0122900		
	beta3	0,0005000	0,0001000	0,0000100	0,0002000	0,0004000	0,0007000		
(1101)	beta0	-0,221300	0,1896000	0,0201000	-0,187400	-0,210300	-0,165700	30000	8589
	beta1	0,0059900	0,0016500	0,0002000	0,0030100	0,0058350	0,0093840		
	beta2	-0,000030	0,0063490	0,0006000	-0,012500	-0,000300	0,0122900		
	beta4	0,0008000	0,0004000	0,0000300	0,0001000	0,0008000	0,0015070		
(1011)	beta0	-0,126300	0,2102000	0,0102000	-0,200400	-0,213000	-0,174800	20000	8443
	beta1	0,0027400	0,0022220	0,0002000	-0,001600	0,0026580	0,0074100		
	beta3	0,0005000	0,0001000	0,0000060	0,0003000	0,0005000	0,0007000		
	beta4	0,0014800	0,0004000	0,0000030	0,0008000	0,0014610	0,0022430		
(0111)	beta0	-0,186700	0,2163000	0,0195000	-0,210300	-0,189600	-0,174500	20000	8468
	beta2	-0,002270	0,0062580	0,0005000	-0,015900	-0,002090	0,0087050		
	beta3	0,0005000	0,0001000	0,0000100	0,0003000	0,0005000	0,0007000		
	beta4	0,0014900	0,0004000	0,0000200	0,0008000	0,0014910	0,0022330		
(0000)	beta0	-0,189400	0,1849000	0,0241000	-0,188500	-0,201500	-0,184500	30000	8724

# Bab 5

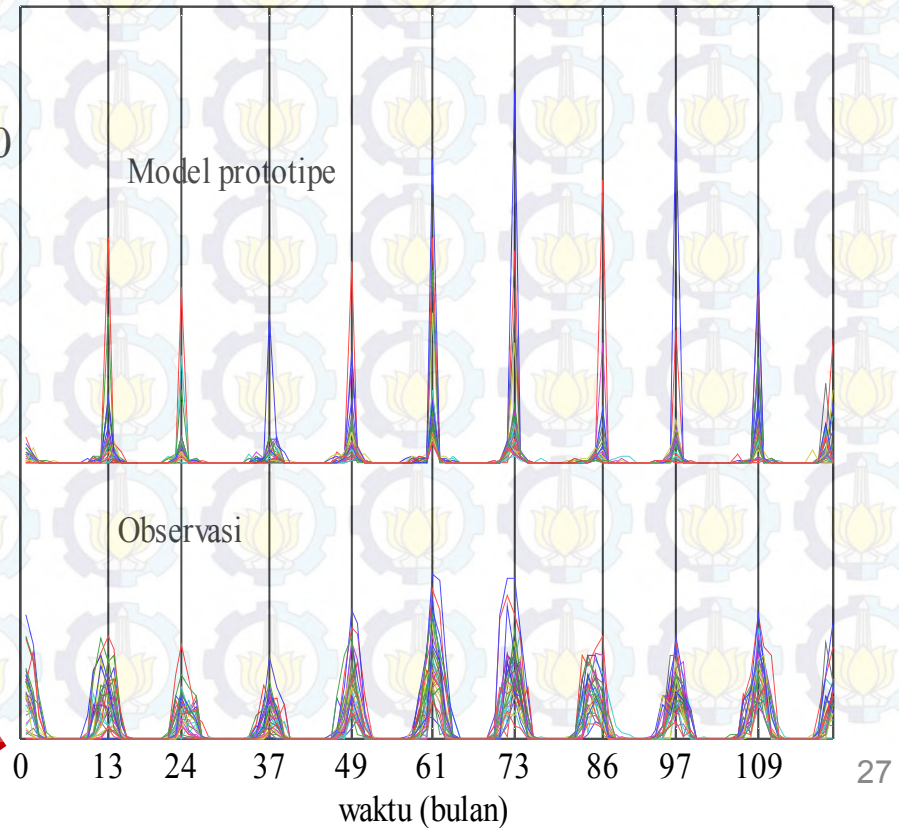
# Dianostik plot model (0011), prototipe



## Visual RR model prototipe

$$RR_{st} = \exp\left(\beta_0 + \beta_3 x_{\text{curah hujan}(st)} + \beta_4 x_{\text{kep.pddk}(st)}\right) + \exp(u_{st} + v_{st} + (\alpha + \delta_s)t_z), s = 1, \dots, 31, t = 1, \dots, 120$$

Januari 2002, Desember 2002, Januari 2004, Januari 2005, Januari 2006, Januari 2007, Pebruari 2008, Januari 2009, dan Januari 2010



## Bab 5 Lokasi kasus DBD tertinggi setiap waktu kejadian ekstrim

Waktu kejadian ekstrim DBD	Lokasi kasus DBD tertinggi menurut data observasi	Lokasi teridentifikasi
Jan. 2002	Sawahan dan Tegalsari	2
Des. 2002	Sawahan, Dukuh Pakis, dan Gubeng	3
Jan. 2004	Bubutan, Sawahan, dan Tambaksari	3
Jan. 2005	Sawahan, Semampir, dan Tambaksari	3
Jan. 2006	Tandes, Sukomanunggal, Krembangan, Bubutan, Sawahan, dan Tambaksari	6
Jan. 2007	Sukomanunggal, Sawahan, Tambaksari, dan Rungkut	4
Feb. 2008	Sawahan, Semampir, dan Tambaksari	3
Jan. 2009	Sawahan dan Tambaksari	2
Jan. 2010	Tandes, Sawahan, Wonokromo, Semampir, Tambaksari, dan Gubeng	6

## Bab 5 RR Convolution DBD tertinggi setiap kejadian ekstrim

Waktu kejadian ekstrim DBD	Lokasi kasus DBD tertinggi yang teridentifikasi	Persentase lokasi kasus DBD yang dapat diidentifikasi	Persentase lokasi kasus DBD yang tidak dapat diidentifikasi
Januari 2002	Sawahan dan Tegalsari	2/2 (100 %)	0 %
Desember 2002	Sawahan dan Dukuh Pakis	2/3 (66,67%)	33,33%
Januari 2004	Bubutan dan Tambaksari	2/3 (66,67%)	33,33%
Januari 2005	Sawahan, Semampir, dan Tambaksari	3/3 (100%)	0%
Januari 2006	Tandes, Sukomanunggal, Krembangan, Bubutan, Sawahan, dan Tambaksari	6/6 (100%)	0%
Januari 2007	Sukomanunggal, Sawahan, Tambaksari, dan Rungkut	4/4 (100%)	0%
Februari 2008	Sawahan dan Tambaksari	2/3 (66,67%)	33,33%
Januari 2009	Sawahan dan Tambaksari	2/2 (100%)	0%
Januari 2010	Tandes, Sawahan, Wonokromo, Semampir, Tambaksari, dan Gubeng	6/6 (100%)	0%

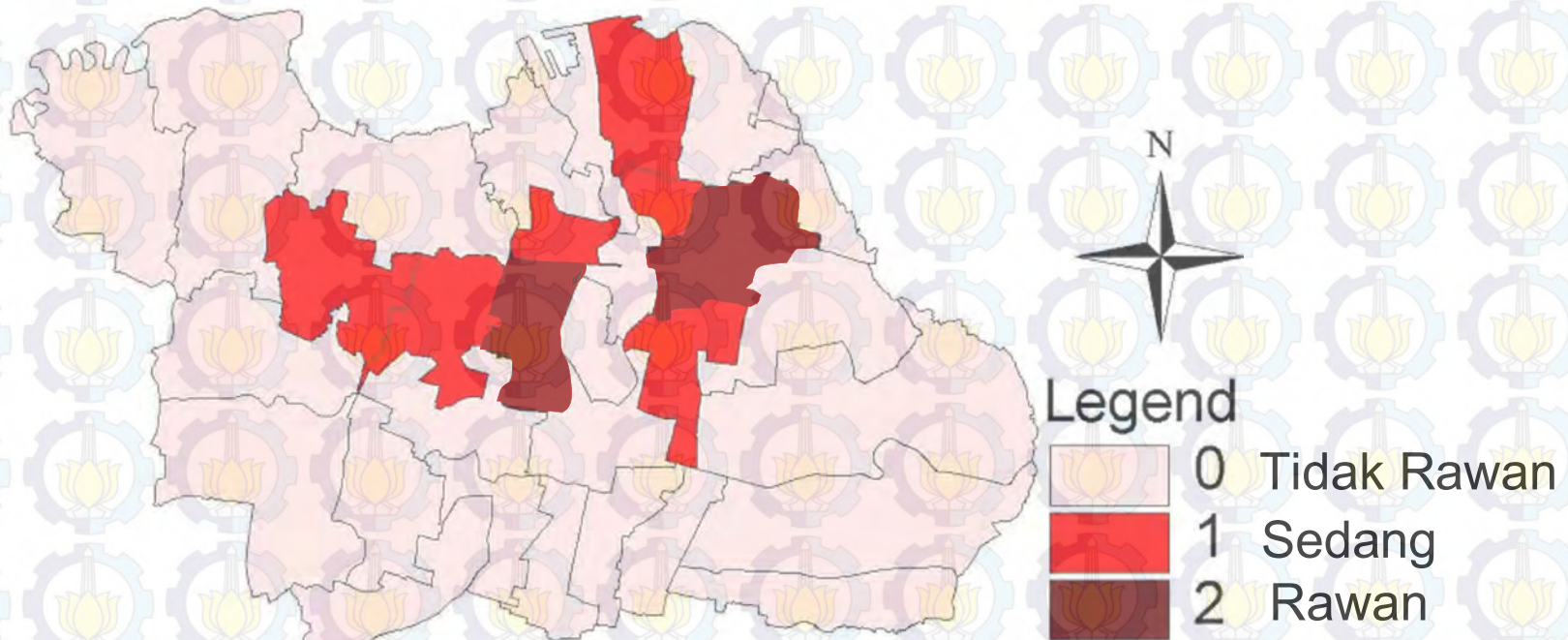
**Keterangan:**  $A / B$ , dengan A adalah banyaknya anggota lokasi kasus DBD tertinggi yang teridentifikasi berdasarkan RR model, B adalah banyak anggota lokasi kasus DBD tertinggi yang teridentifikasi berdasarkan data observasi.

## Bab 5 RR prototipe kasus DBD tertinggi setiap waktu kejadian ekstrim

Waktu kejadian ekstrim DBD	Lokasi kasus DBD tertinggi yang teridentifikasi	Persentase lokasi kasus DBD yang dapat diidentifikasi	Persentase lokasi kasus DBD yang tidak dapat diidentifikasi
Januari 2002	Sawah dan Tegalsari	2/2 (100%)	0%
Desember 2002	Sawah, Dukuh Pakis, dan Gubeng	3/3 (100%)	0%
Januari 2004	Bubutan, Sawahan, Tambaksari, dan Gubeng	4/3 (>100%)	0%
Januari 2005	Sawah, Semampir, dan Tambaksari	3/3 (100%)	0%
Januari 2006	Tandes, Sukomanunggal, Krembangan, Bubutan, Sawahan, dan Tambaksari	6/6 (100%)	0%
Januari 2007	Sukomanunggal, Sawahan, Tambaksari, dan Rungkut	4/4 (100%)	0%
Februari 2008	Sawah, Semampir, dan Tambaksari	3/3 (100%)	0%
Januari 2009	Sawah dan Tambaksari	2/2 (100%)	0%
Januari 2010	Tandes, Sawahan, Wonokromo, Semampir, Tambaksari, dan Gubeng	6/6 (100%)	0%

**Keterangan:**  $A/B$ , dengan A adalah banyaknya anggota lokasi kasus DBD tertinggi yang teridentifikasi berdasarkan RR model, B adalah banyak anggota lokasi kasus DBD tertinggi yang teridentifikasi berdasarkan data observasi.

# Bab 5 Peta zoning kasus DBD Kota Surabaya menurut model prototipe



- FCDs BP2L S-T dan PBP2L S-T bersifat *closed form*, sehingga Gibbs Sampler digunakan untuk estimasi parameter
- RR kasus DBD PBP2L S-T memiliki kemiripan pola dengan data observasi dengan nilai 8475 lebih kecil dibandingkan BP2L S-T yaitu 12950. PBP2L S-T dipilih sebagai *full* model yang membagi dua zona kasus DBD Kota Surabaya yaitu kecamatan Sawahan dan Tambaksari masing-masing sebagai daerah endemik zona 1 dan zona 2.
- Model yang mengakomodasi curah hujan dan kepadatan penduduk atau model (0011) sebagai model prototipe karena memiliki DIC terkecil yaitu 8325 dibandingkan 15 model lainnya. Hasil analisisnya memperbarui *full* model yaitu Kecamatan Sawahan dan Tambaksari, masing-masing *hot spot* zona 1 dan zona 2.
- Model prototipe dapat digunakan sebagai alat untuk prediksi RR kasus DBD, dengan inputnya adalah prediksi curah hujan dan kepadatan penduduk.

- Untuk memutus rantai penyebaran kasus DBD di Kota Surabaya, maka model prototipe merekomendasikan, kecamatan Sawahan dan Tambaksari sebaiknya menjadi fokus perhatian untuk dilakukan intervensi.
- Waktu terbaik untuk melakukan kegiatan intervensi sebaiknya dilakukan pada bulan Januari.

- Prediksi curah hujan dan kepadatan penduduk sebagai input pada model prototipe untuk prediksi RR kasus DBD
- Perlu indikator kesehatan lingkungan sebagai prediktor di setiap kecamatan
- Seleksi model dapat menggunakan *reversible jump*
- Matriks ketetanggaan berbasis lokasi dapat didekati dengan berbasis titik
- Model prototipe dapat dikembangkan menjadi model *zero inflated spatio-temporal*



Terima kasih