

# Estimasi Angka Reproduksi Efektif Penyebaran COVID-19 di Indonesia melalui Rekonstruksi Kurva Kasus Aktif

**Asep K. Supriatna**  
(Universitas Padjadjaran)

**Webinar Mathematical Perspective Covid-19 Indonesia**  
**Sabtu, 9 Mei 2020**

# Collaborators

- Dr. Hennie Husniah (Universitas Langlangbuana)
- dr. Dwi Agustian, MPH, PhD (Universitas Padjadjaran)
- Dr. Meksianis Ndi (Universitas Nusa Cendana)



# Bahasan

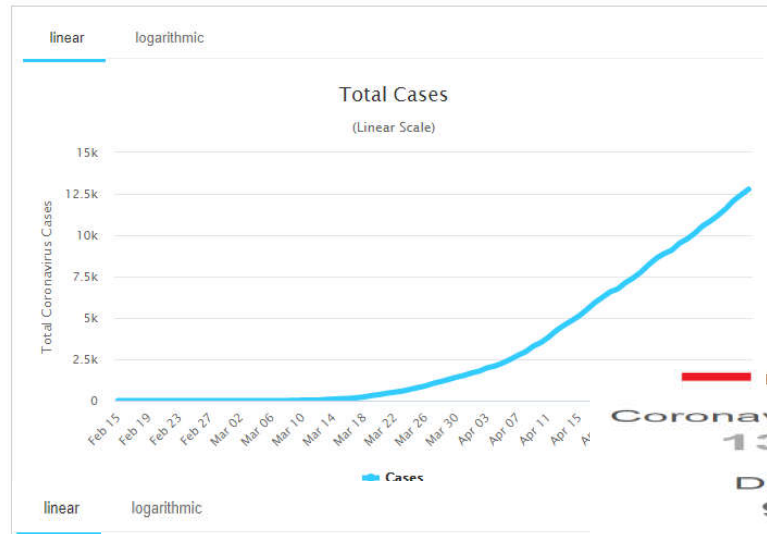
- Pendahuluan
- Masalah Tipikal dalam Epidemiologi
- Rekonstruksi Kasus Aktif
- Hasil Sementara: Angka Reproduksi Efektif
- Interpretasi
- Simpulan

# Pendahuluan

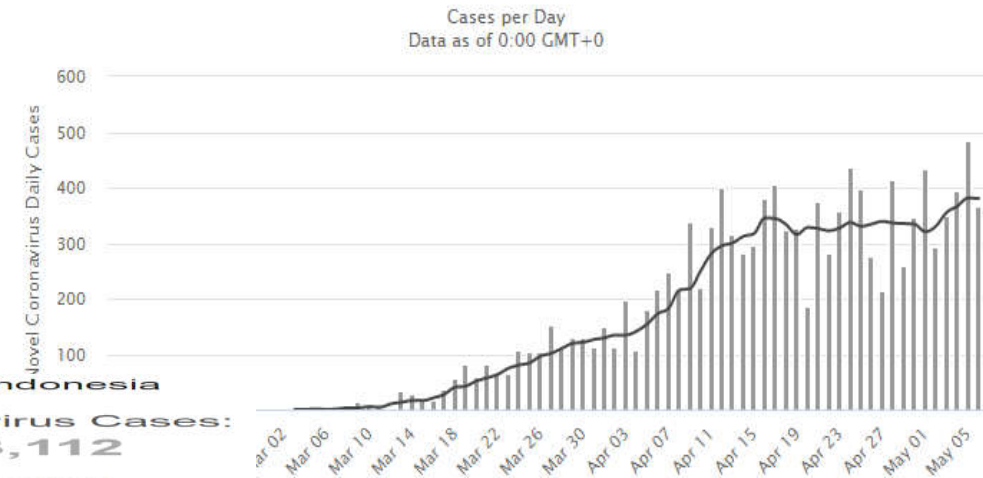
(Snapshot COVID-19 Indonesia)

Source: <https://www.worldometers.info/coronavirus/country/indonesia/>

Total Coronavirus Cases in Indonesia



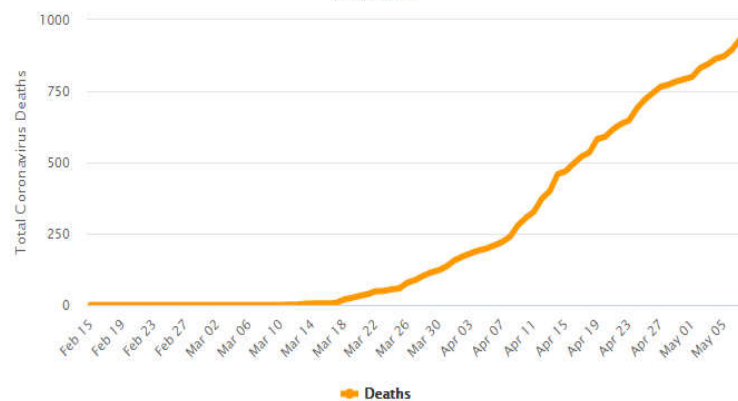
Daily New Cases



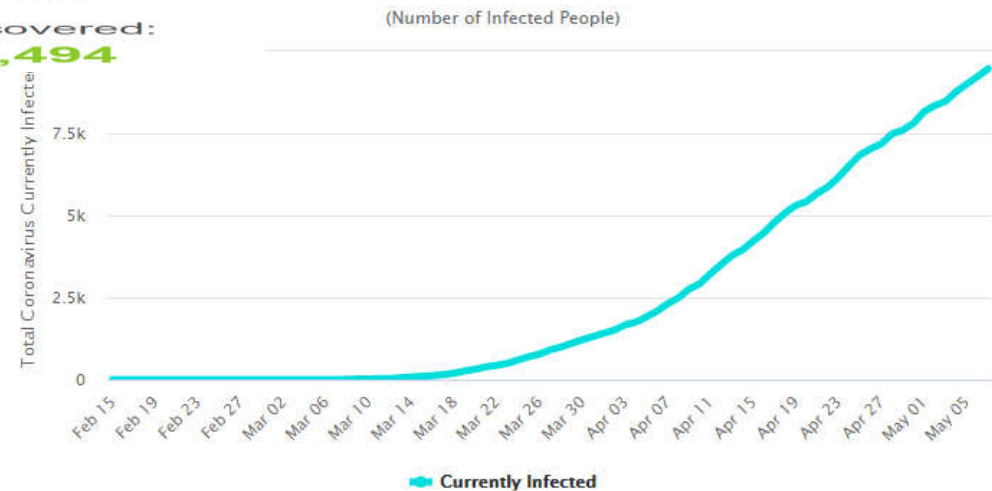
Deaths: **943**

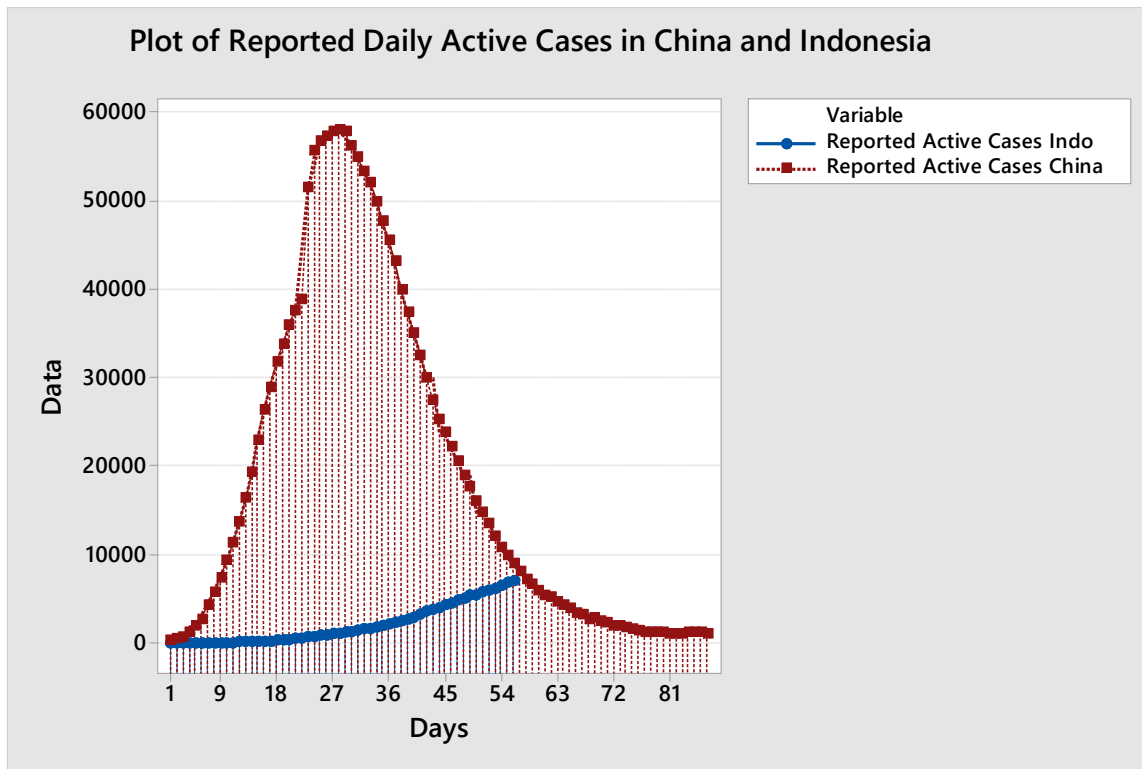
Recovered: **2,494**

Total Coronavirus Deaths



Active Cases





- Apakah Indonesia sudah berhasil menekan penyebaran virus corona ini?
- Atau
- Apakah ada *dark figure* karena terlalu banyaknya penderita tak terdeteksi? → perlu tingkatkan testing (*rapid test* dan sejenisnya)

# Masalah Tipikal dalam Epidemiologi

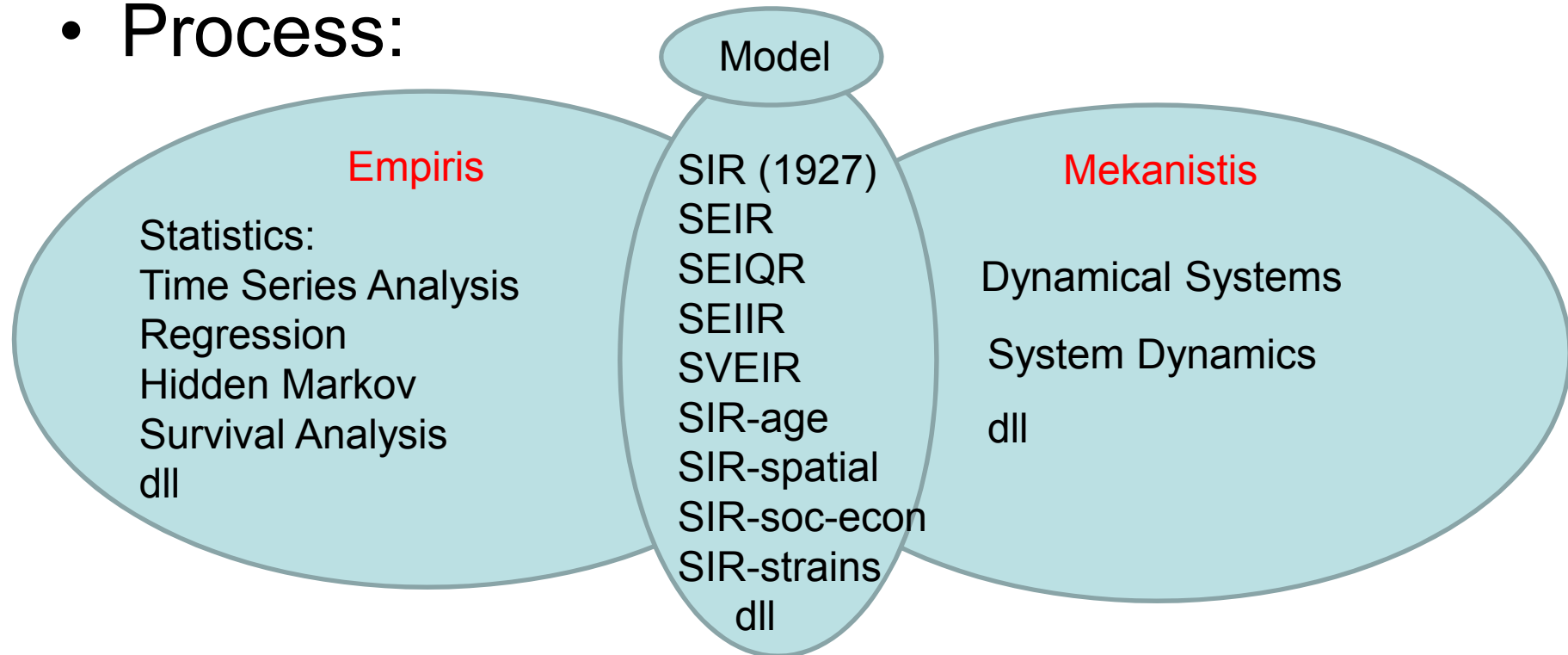
1. Seberapa besar penyebaran suatu penyakit?  
→ *Basic Reproduction Number*  $R_0$  (**Angka Reproduksi Dasar**)
2. Seberapa besar tingkat intervensi minimal untuk penghentian/pengendalian penyebaran penyakit → *Rule of thumb*:  $(R_0-1)/R_0$
3. Seberapa bahaya akibat penyakit tersebut? → CFR (*Case Fatality Ratio/Rate*)
4. Seberapa cepat penyebaran suatu penyakit?  
→ *Serial Interval*

# Masalah lainnya

- Berapa # kasus baru terkonfirmasi ?
  - Berapa # pasien yang perlu perawatan di RS ?
  - Berapa # pasien yang perlu perawatan ICU ?  
→ Distribusi kasus (*mild, moderate, severe, critical*)
  - Bagaimana prediksi *transient* dan *steady-state* (kuantitatif dan kualitatif) untuk berbagai intervensi (Vaccine, Pengobatan, Profilaksis / ITM), physical distancing, quarantine, masker, WfH, dll) ?
  - Bagaimana pengaruh lainnya (sosio-ekonomi, politik, kebudayaan, etc) thd penyebaran penyakit ?
- Jawaban masalah2 diatas sbg Output

# Bagaimana Menjawabnya?

- Input: Time series data
- Process:





# SIR Model

## The Building Block

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta IS}{N},$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta IS}{N} - \gamma I,$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I,$$

R0, Critical Level of Intervention (CLoI), Optimal Intervention, CFR, Serial interval (?), etc

# Angka Reproduksi Dasar

- Rumus paling sederhana diperoleh dari model SIR:

$$R_0 = \beta / \gamma$$

= infection rate / recovery rate

= infection rate / (1/ time to recovery)

Laju infeksi (*Infection Rate*) dapat diestimasi dari laju total kasus pada saat pertumbuhan eksponensial (*take of period*) atau dengan diskritisasi persamaan dinamik S.

# Data yang tersedia

- Total Cases :  $CI(t)$
- Daily New Cases:  $N(t)$
- **Active Cases:**  $I(t)$
- Total Deaths:  $CD(t)$
- Daily New Deaths:  $D(t)$
- Ratio Death to Recover:  $r$
  
- **→ Recover:**  $R(t)$

## Hubungan antar Data

- ➔  $I(t) = I(t-1) + N(t) - D(t) - R(t)$
- Dari data tidak bisa diketahui secara langsung laju infeksi dan laju kesembuhan yang sangat berperan dalam menentukan Basic Reproduction Number.
- Untuk itu perlu ditelusuri dengan merekonstruksi hubungan antara  $D(t)$  dan  $R(t)$  dengan  $N(t-T)$ : Hubungan antara kasus selesai saat ini dengan kasus baru yang terjadi beberapa waktu sebelumnya.
- Kita perlu memodelkan progresi terjadinya  $I(t+1)$  dalam perspektif ini (adanya waktu delay dari mulai terinfeksi (tercatat) sampai sembuh/meninggal)

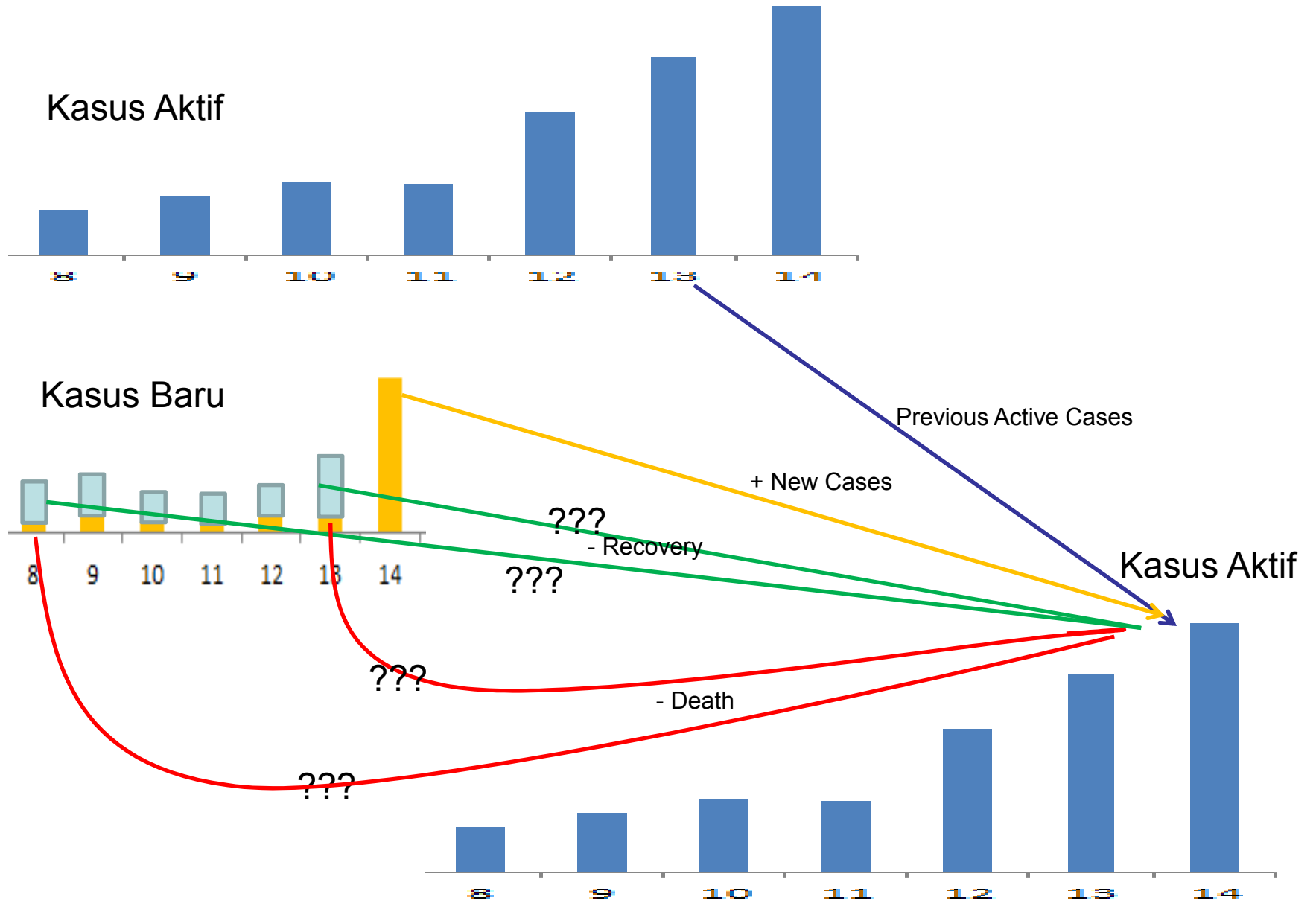
# Rekonstruksi Kasus Aktif dari Rata-Rata Waktu Sembuh

$$I(t) = I(t-1) + N(t) - D(t) - R(t)$$

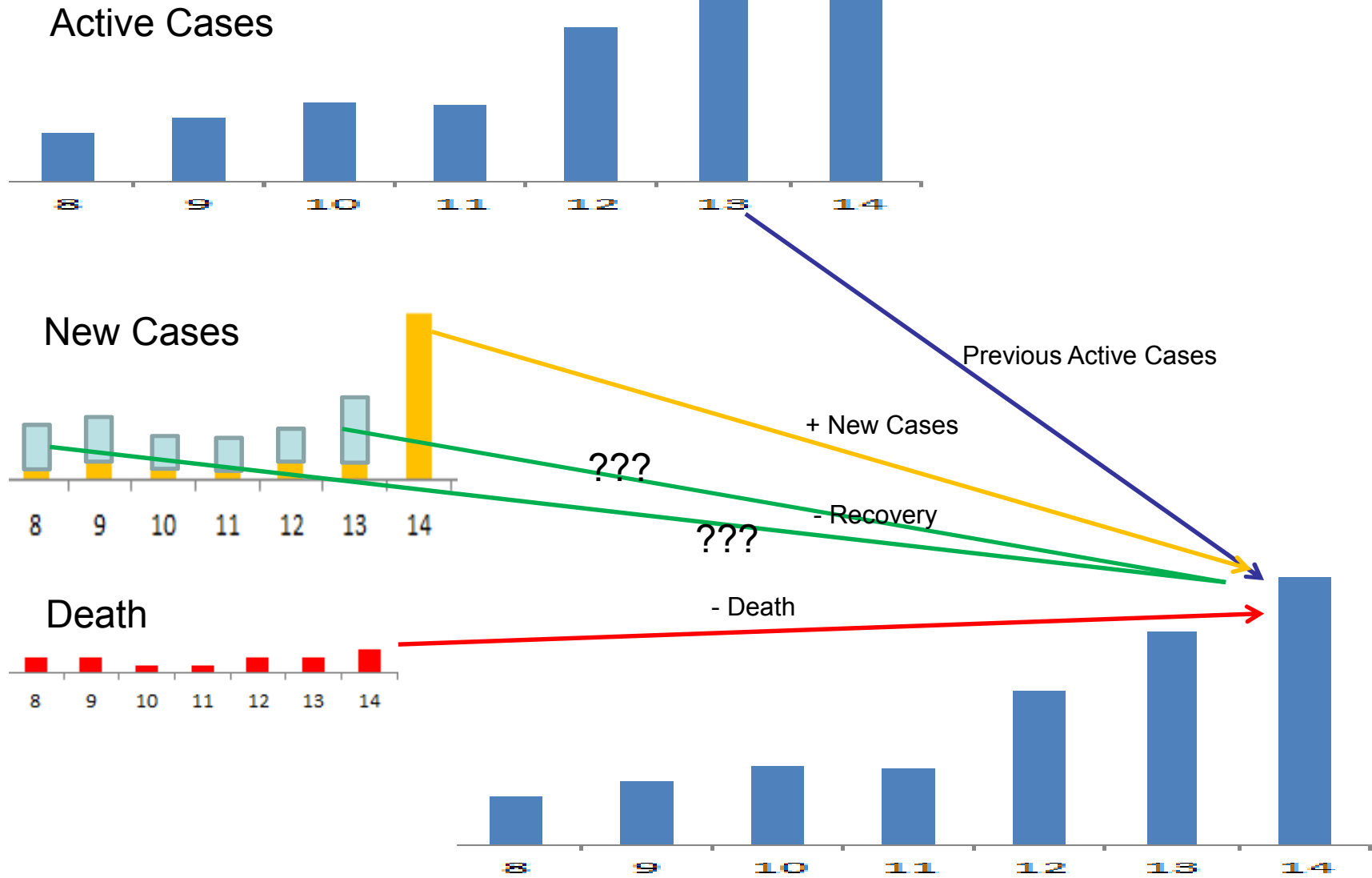
$$\rightarrow I(t) = I(t-1) + N(t) - D(t: N(t-T1)) - R(t: N(t-T2))$$

- $D(t: N(t-T1))$ : # kematian pada saat  $t$  yang berasal dari kasus baru terinfeksi  $T1$  hari sebelumnya.
- $R(t: N(t-T2))$ : # penyintas (*survivor*) pada saat  $t$  yang berasal dari kasus baru terinfeksi  $T2$  hari sebelumnya.

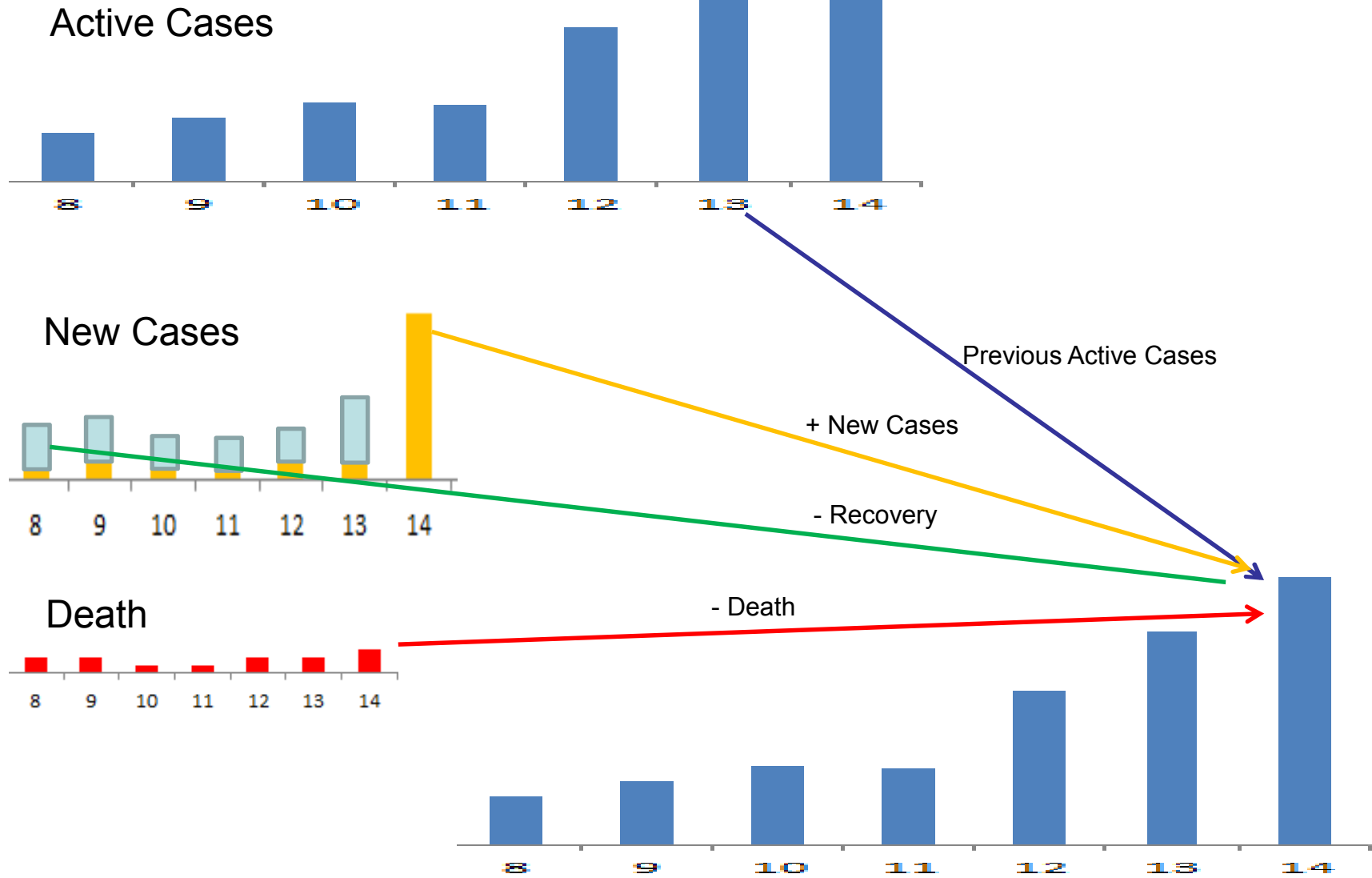
# Progresi Kasus Aktif



# Progresi Kasus Aktif (Simplifikasi 1)

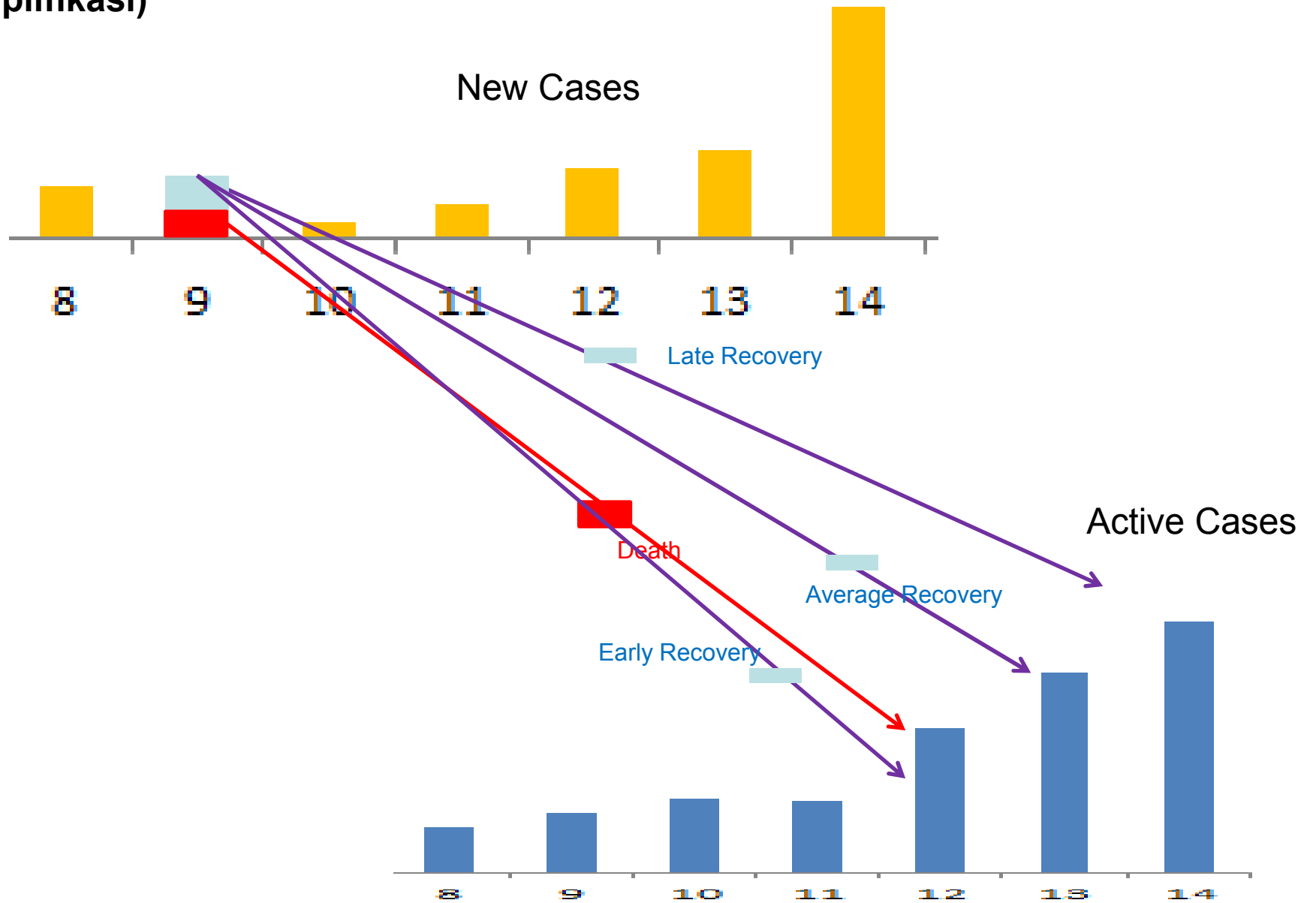


# Progresi Kasus Aktif (Simplifikasi 2)

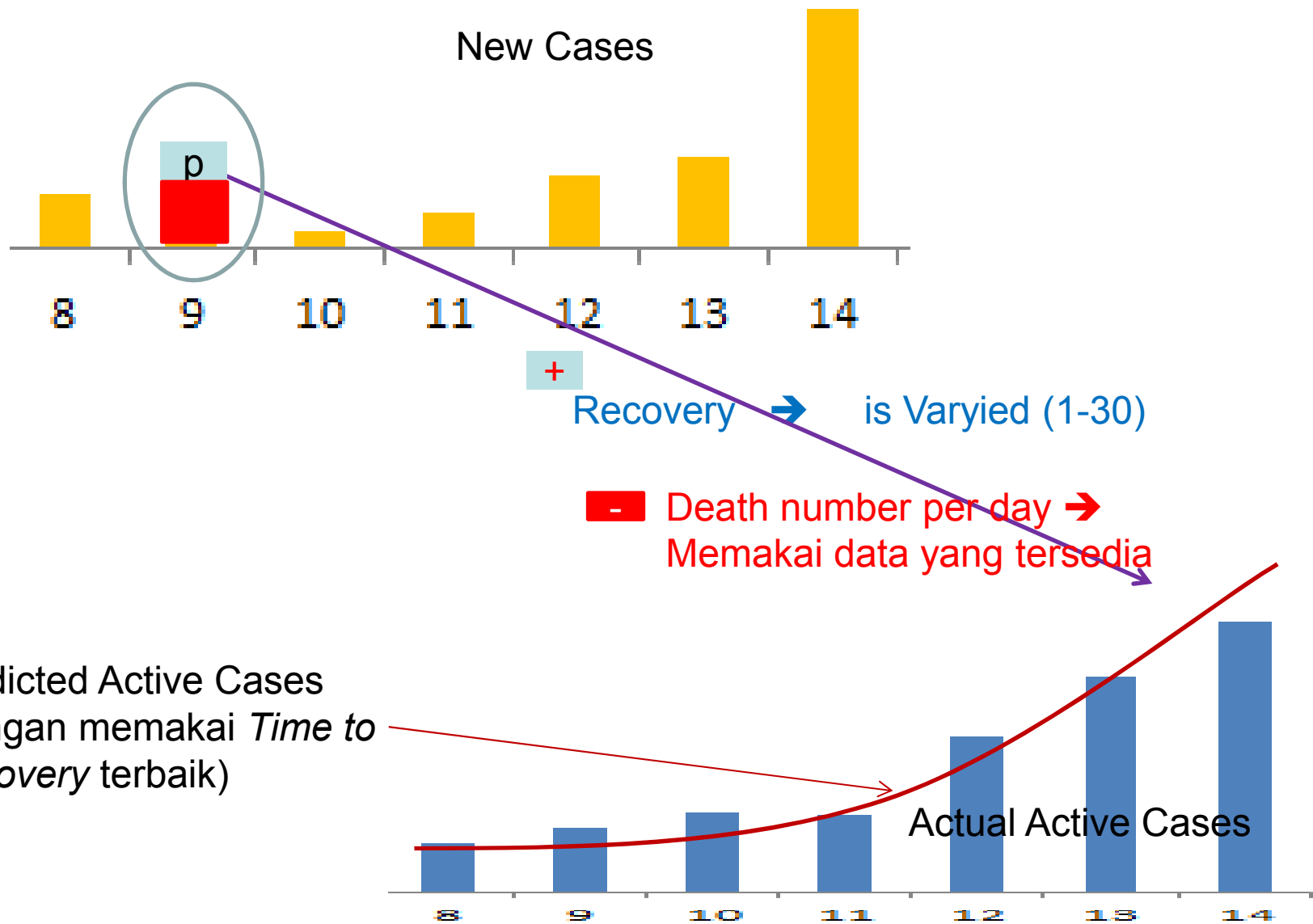




# Heterogeneous Time to Recovery (simplifikasi)



# Homogeneous Time to Recovery (The simplest way)



## Estimasi rata-rata waktu sembuh ( $1/\gamma$ )

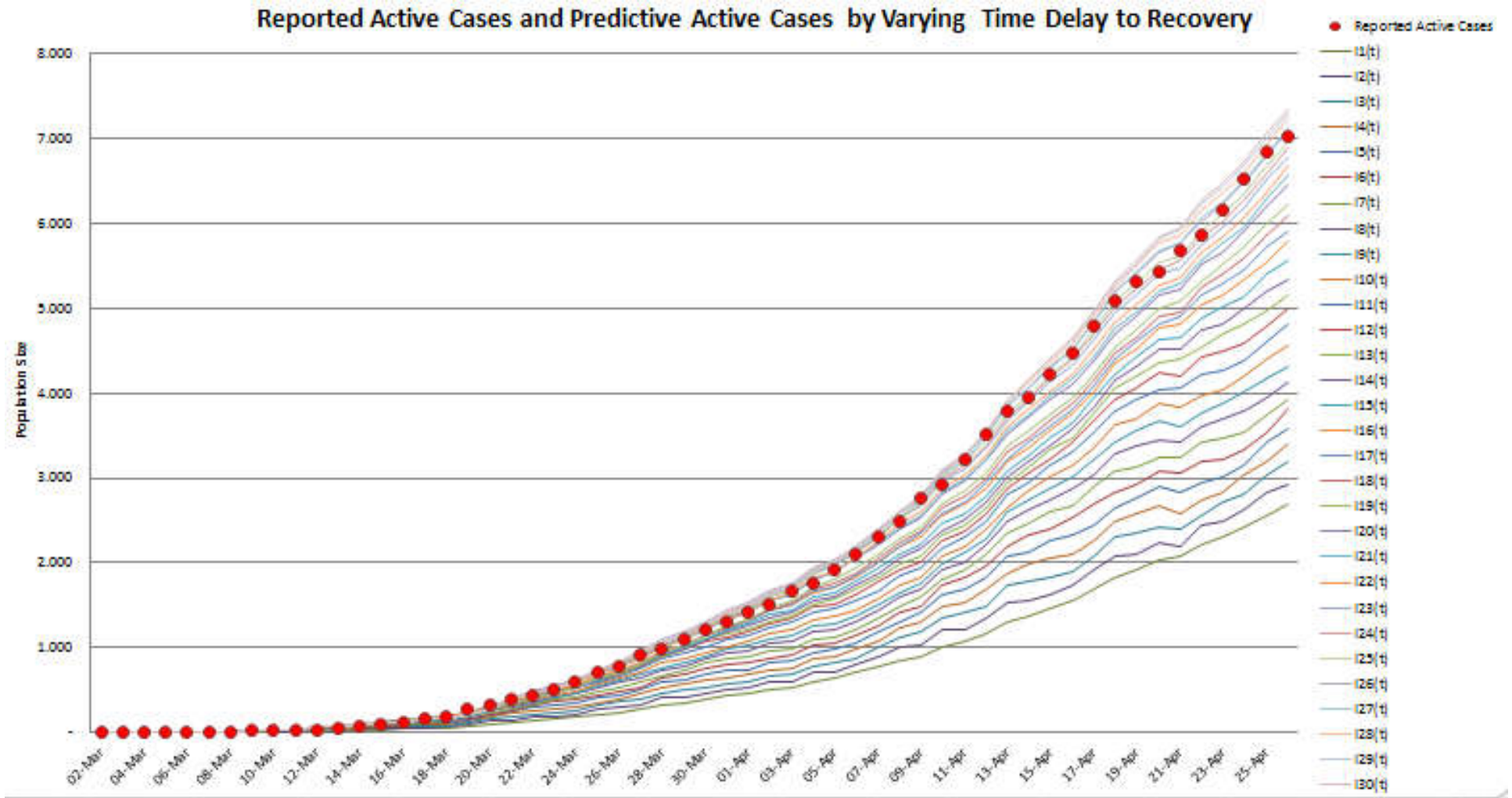
- Asumsi: waktu sembuh dari individu terinfeksi yang berasal dari satu batch infeksi baru bersifat homogen
- Diketahui: jumlah kasus aktif dari data  $I(t)$
- Dihitung: taksiran kasus aktif dengan
$$\hat{I}(t) = I(t-1) + N(t) - D(t) - R(t; N(t-T))$$
- Diperoleh rata-rata waktu sembuh dengan MAPE terkecil dari  $\hat{I}(t) - I(t)$

Estimasi rata-rata waktu meninggal ( $1/\delta$ )

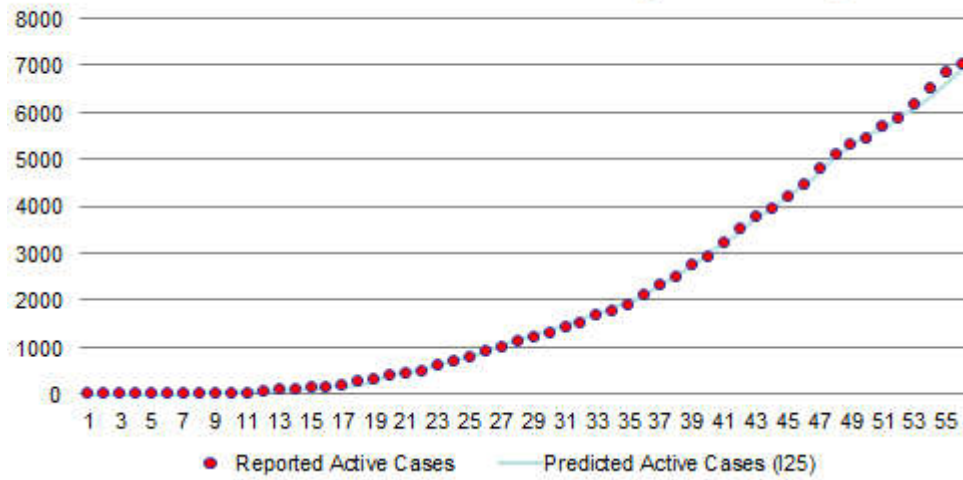
→ Dilakukan dengan cara yang serupa

# Hasil

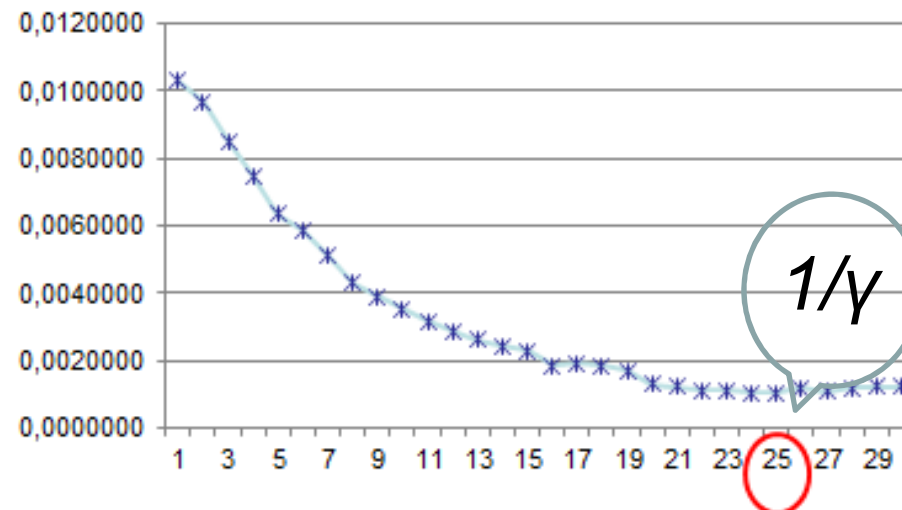
(Average Time to Recovery)



### Active Cases of COVID-19 (Indonesia)

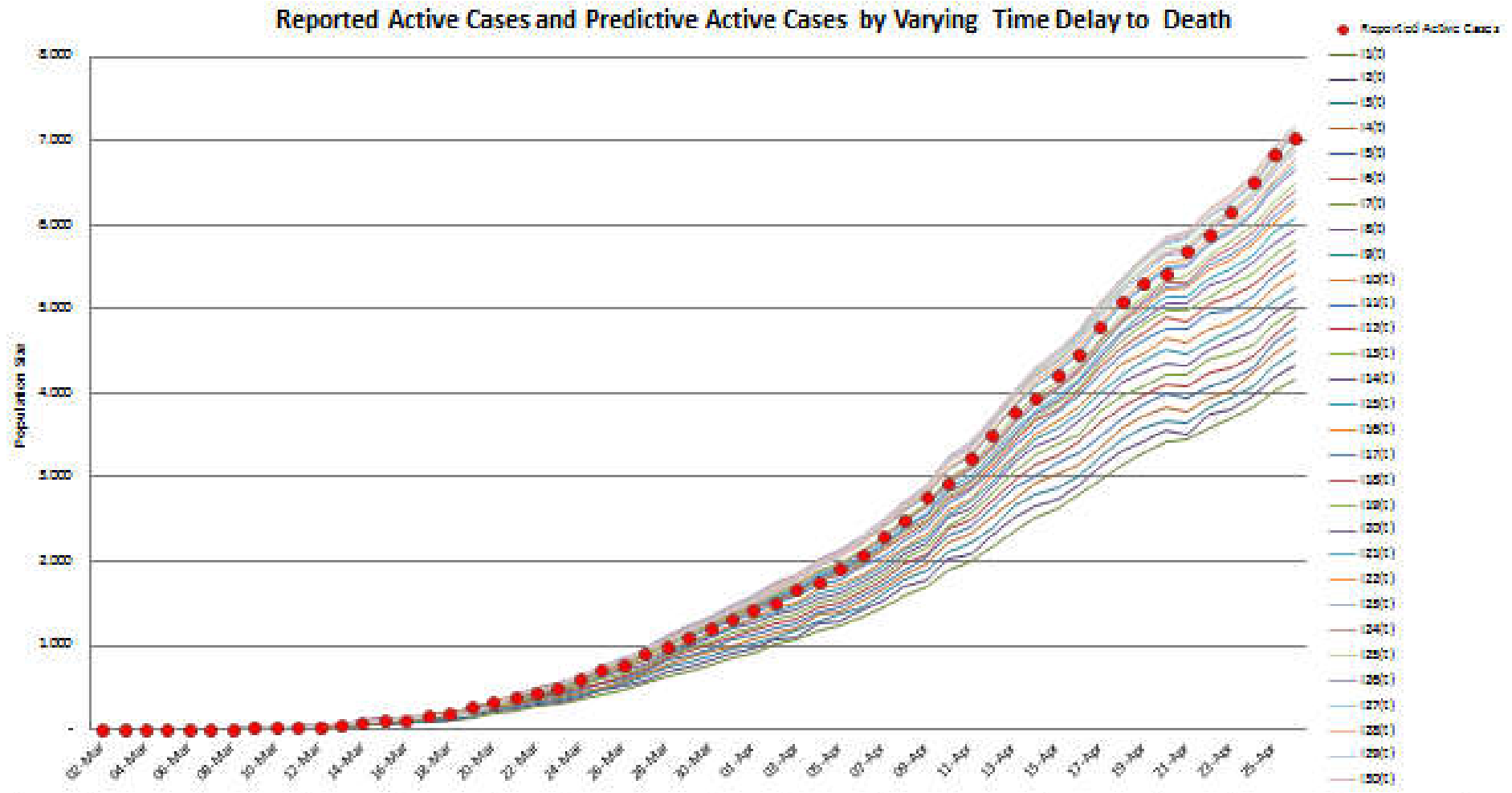


### MAPE of Time to Recovery (Indonesia)

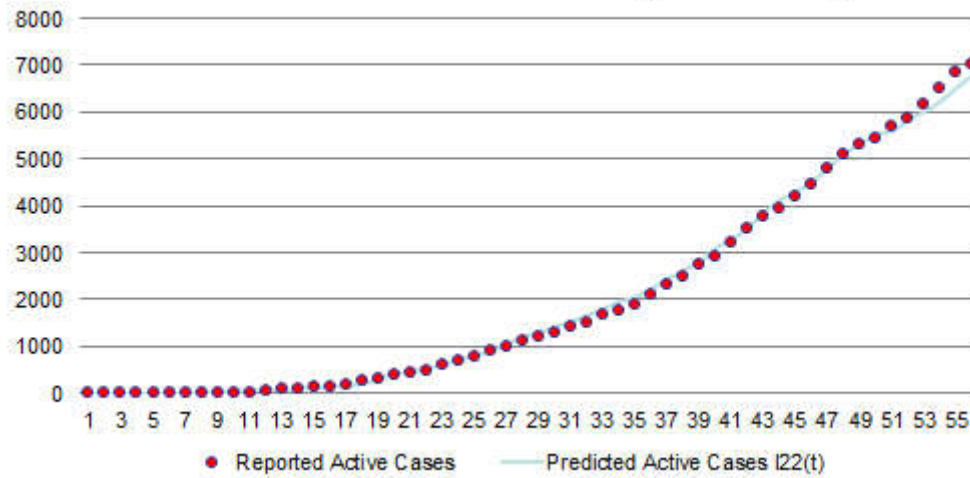


# Result

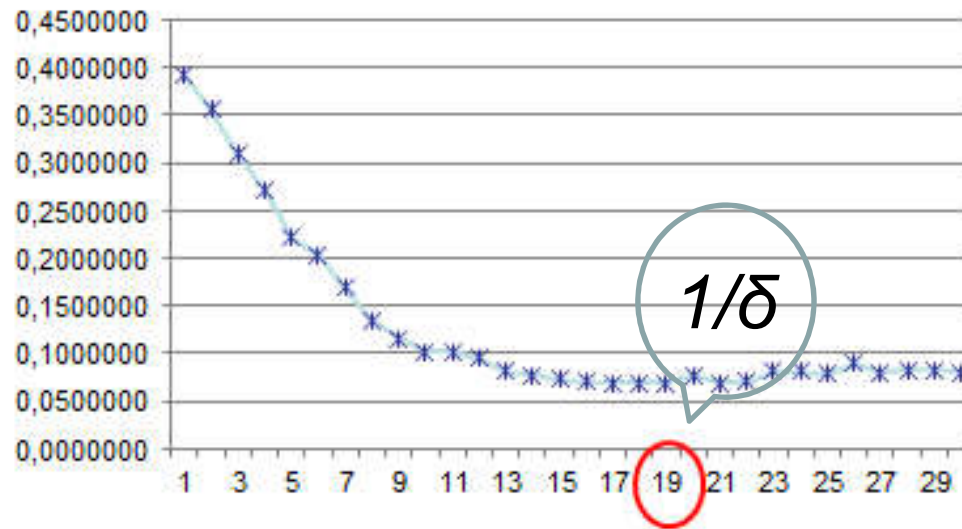
(Average Time to Mortality)



### Active Cases of COVID-19 (Indonesia)



### MAPE of Time to Mortality (Indonesia)





# Hasil Estimasi

Rata-rata waktu sembuh (Ina - Crude)	25 hari
Rata-rata waktu meninggal (Ina - Crude)	19 hari

Area	Time to recovery
Hunan	16,7
Jilin and Zhejiang	20
Hubei	47,6
Others	(20,4 - 21,7 )

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7074197/>

Illness onset to death and hospital admission to death were likewise longer than their non-truncated counterparts, at **20.2 days** (95% CI: 15.1, 29.5) and 13.0 days (95% CI: 8.7, 20.9), respectively.

<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.02.17.20024257v1.full.pdf>

Ada kasus 25 hari di Bandung (personal communication, ketua AMARI Unpad)

<https://www.youtube.com/watch?v=iqOGkASm7E>

video Budi Karya Sumadi Menhub >= 18 menit 2:30

>=20 hari menit 13:30 + beberapa hari sebelum periksa ke RS

<https://www.youtube.com/watch?v=VTJY2exCgTc>

video pasien no 12 (Yuri Wardhana) >=17 hari menit 1:50 (diisolasi di rumah sakit selama 17 hari)

Sebelumnya test di Jakarta (ada tambahan waktu)

<https://www.youtube.com/watch?v=TChzUoFRlrU>

<https://www.youtube.com/watch?v=keNd37FP0oU>

video pasien no 1 dan 3 di acara hitam putih, menit 6:30 >=16 hari (diisolasi 16 hari di rumah sakit)

<https://www.nationaljewish.org/patients-visitors/patient-info/important-updates/coronavirus-information-and-resources/health-tips/recovering-from-covid-19-coronavirus>

80% 14 hari (mild)

14% 3-6 Minggu (moderate to severe)

# Estimasi laju infeksi ( $\beta$ )

- Dilakukan dengan diskritisasi persamaan SIR

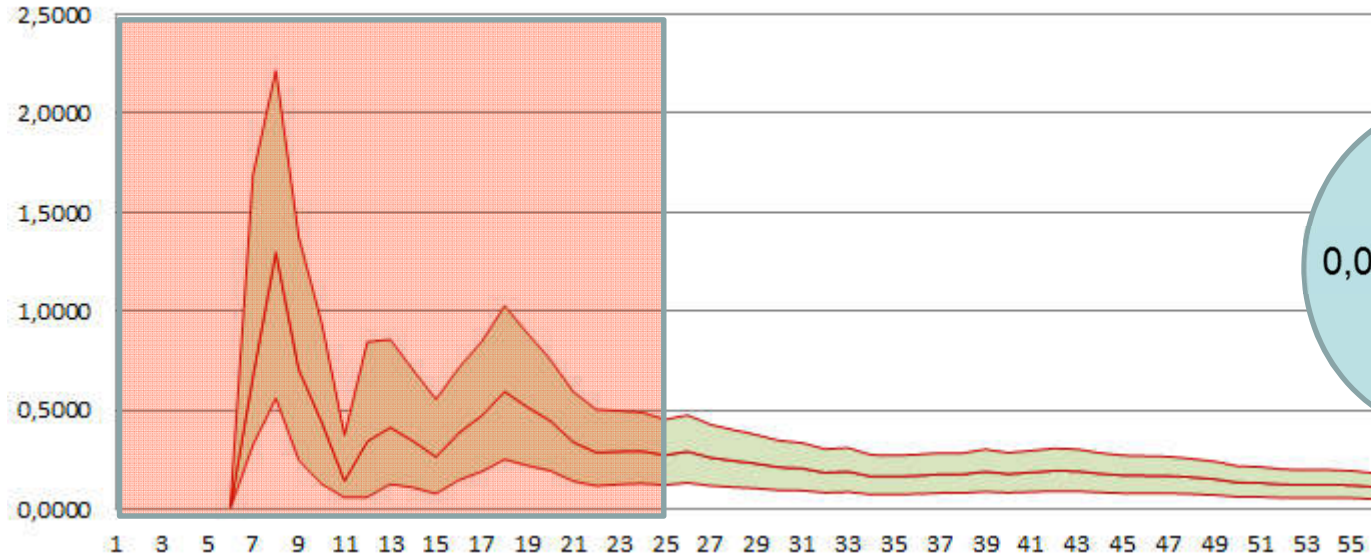
$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta IS}{N},$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta IS}{N} - \gamma I,$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I,$$

- Asumsi: Tidak ada reinfeksi (*adanya long-life immunity*) untuk yang sembuh, dan protokol pemulasaraan jenazah dilakukan sehingga status kasus penderita selesai dengan meninggal atau sembuh dianggap sama (karena sama-sama tidak menularkan lagi).

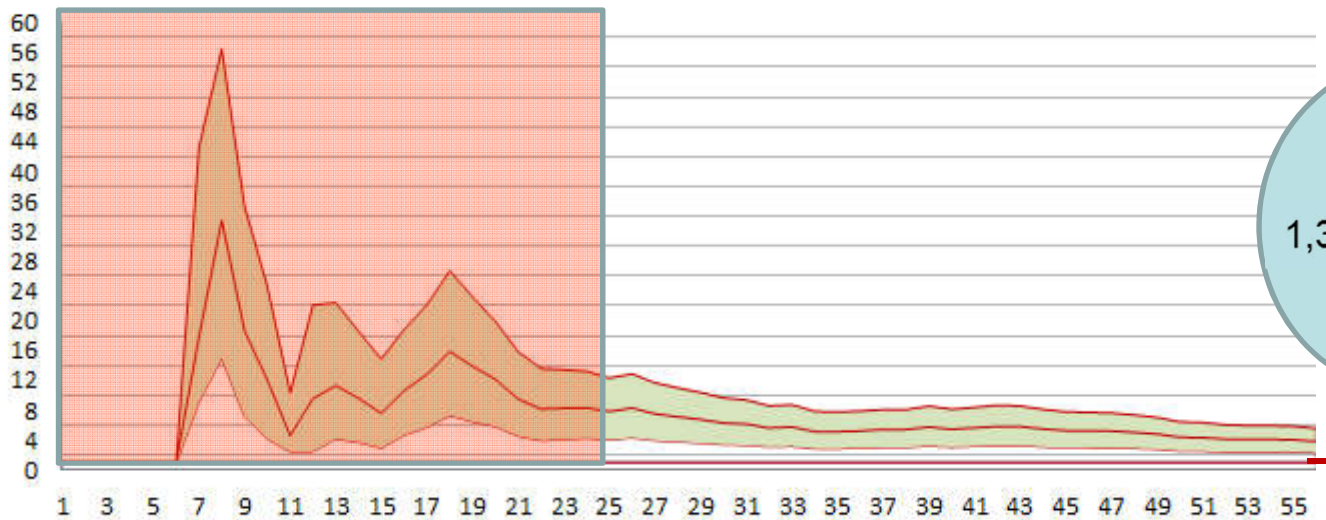
Infection rate (CI=95%)



Days since the first case identified

$0,05 \leq \beta_{55} \leq 0,07$

Effective Reproduction Number (CI=95%)



Days since the first case identified

CLoI = 40%

$1,3 \leq R_{55} \leq 1.7$

$R^* = 1$   
(R0-threshold)

# Early Phase of R0

City	Population	$R_0$	$r^2$
Bergamo	122,161	2.52	0.98
Lodi	45,872	3.09	0.91
Cremona	72,680	2.93	0.94
Brescia	198,536	2.61	0.85
Piacenza	103,942	2.76	0.90
Milano	1,389,834	2.70	0.91
Pavia	73,195	2.43	0.91
Parma	197,499	2.46	0.99
Italy	60,483,973	3.10	0.99
Majumder et al. [4]	-	2.00–3.10	-
Li et al. [5]	-	1.40–3.90	-
Wu et al. [7]	-	2.47–2.86	-
Zhao et al. [8]	-	2.24–3.58	-
Chen et al. [9]	-	3.58	-

Assessment of the SARS-CoV-2 basic reproduction number,  $R_0$ , based on the early phase of COVID-19 outbreak in Italy. (Marco D'Arienza, Angela Coniglio, Biosafety and Health 2020),

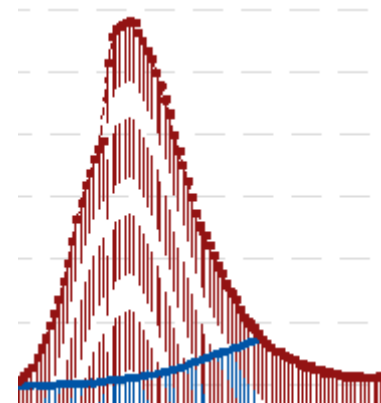
Table 5: Estimate values of  $\theta$ ,  $R_0$ , and  $a$

Case	$\theta$	$R_0$	$a$
Wuhan	0.2729	3.4444	1.1873
Diamond Princess	0.5483	5.9076	3.4924
Jakarta-cluster	0.1690	2.5148	0.6329

E. Soewono (2020). On the analysis of Covid-19 transmission in Wuhan, Diamond Princess and Jakarta-cluster. CBMS 3(1): 9-18.

Location	Take off rate	CFR	$R_0$
Indonesia	0.1767	0.087212	2.9685
Saudi Arabia	0.1957	0.01022	3.2985

M. Ndi, P. Hadisoemarto, D. Agustian, A. Supriatna. An analysis of Covid-19 transmission in Indonesia and Saudi Arabia (submitted)



# Kesimpulan

- Model matematika dapat dipakai untuk memahami peristiwa penyebaran penyakit menular dan dampak dari tingkat intervensi yang digunakan dalam upaya pengendalian penyebaran, seperti PSBB dan penggunaan masker untuk menurunkan  $\beta$ , atau penggunaan obat anti viral untuk menurunkan  $\gamma$ .
- Paparan bertujuan untuk memberikan gambaran di atas (edukasi). Hasil numerik yang diperoleh dalam paparan ini merupakan “*crude*” estimate yang banyak sekali simplifikasi di dalam konstruksi model dan analisisnya, sehingga tidak dapat dipakai secara langsung tanpa memperhatikan kekurangannya. Perlu peningkatan *realisme* model.

# Acknowledgement

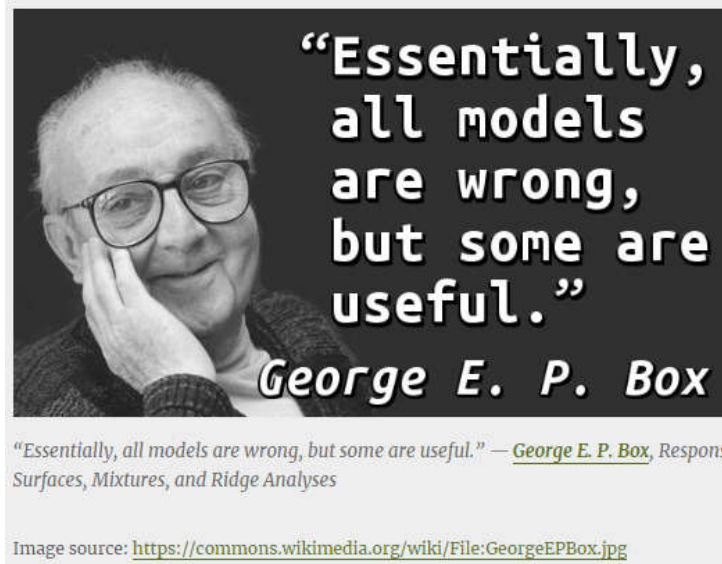


Dirjen DIKTI Kemendikbud untuk Hibah PDUPT tahun 2020



Rektor Unpad untuk Hibah WFH tahun 2020

- Dr. A. Alarjani (Prince Sattam bin Abdulazis University), Dr. I. Gunawan (Adelaide University), Dr. A. Maulana (Universitas Langlangbuana & Postdoc Tilburg University) untuk kesediaan kolaborasi pengembangan dan perbaikan model COVID-19.



Terima Kasih