



EVALUASI NUMERIK **COVID-19**
dengan MODEL BERBASIS SIR

PERTANYAAN

- Bagaimana meng-EVALUASI, di mana POSISI kita?
- Bagaimana memanfaatkan DATA yang tersedia?



**Pertanyaan Penelitian:
Apakah kita **SEDANG**, **AKAN**, **BELOM**,
atau
TIDAK
mengalami bencana **PANDEMI**?**

MODEL

- **SIR Model (Classical Pandemic)** Prof. (Mechanical Engineering) **Steven L. Brunton** dari University of Washington at Seattle, WA, USA, video: https://www.youtube.com/watch?v=BkpORajO3Ak&fbclid=IwAR2mlw1UCKYfxYuZzVqeCnge4K9GOtG8sfJjpgf8azDWfWYaB5_hm8mjtX0.

(1) *Rate of Change of the Susceptible:*

$$dS/dt = - (BETA/N)*S*I$$

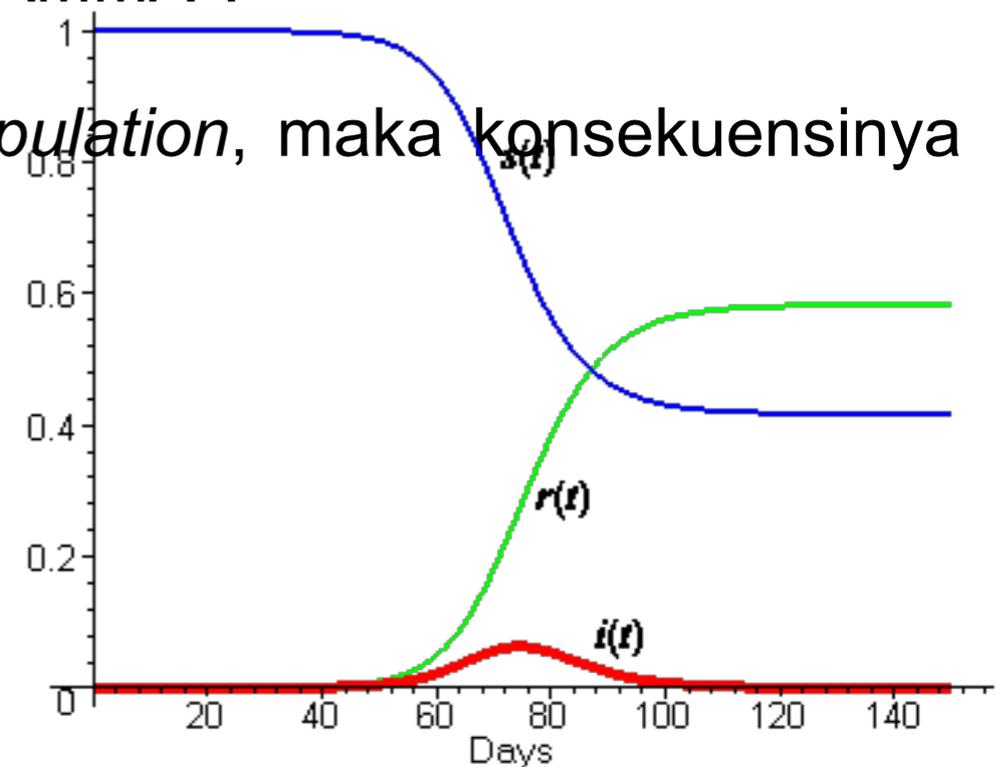
(2) *Rate of Change of the Infected:*

$$dI/dt = + (BETA/N)*S*I - GAMMA*I$$

dan karena $N = S + I + R$, dengan $N = total\ population$, maka konsekuensinya bisa diturunkan:

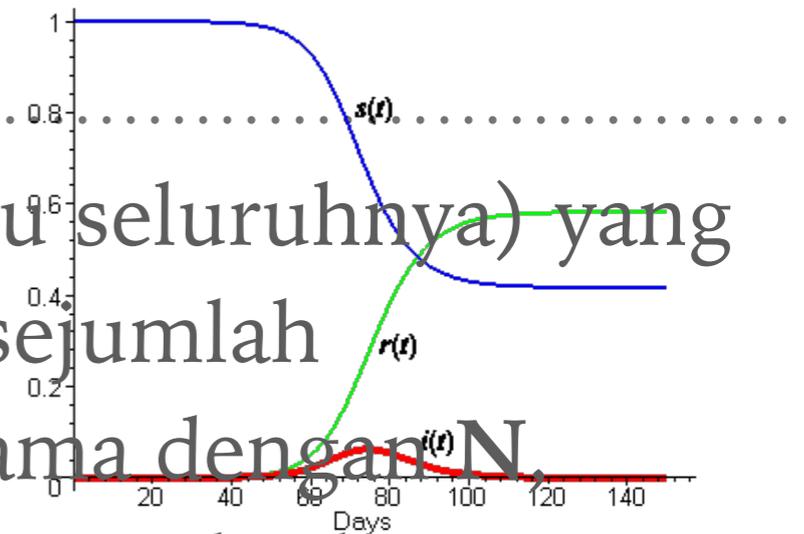
Rate of Change of the Recovered:

$$dR/dt = GAMMA*I$$



MAKNA SIR-MODEL:

- Dalam suatu populasi N , ada sebagian (atau seluruhnya) yang kemungkinan (akan) terpapar virus, yaitu sejumlah S (*usceptible*). S ini pada awalnya hampir sama dengan N , kemudian dengan berjalannya waktu akan terus berkurang karena sejumlah I (*infected*) diantaranya akan ter-infeksi.



- Di antara yang ter-infeksi ini, sebagian sembuh (dan tidak akan ter-infeksi lagi), yaitu sejumlah R (*ecovered*), dan sisanya meninggal.

- Ada 2 (dua) parameter yang mempengaruhi “pergerakan angka”, yaitu BETA yang terkait dengan laju infeksi (dI/dt) dan GAMMA yang terkait dengan laju kesembuhan (dR/dt)



MODIFIED-SIR = "SRI-DEATH" MODEL

- Dalam SIR-Model tidak ditampilkan jumlah kematian (karena dianggap sama dengan $I - R$).
- Data Kemenkes RI tidak menampilkan S dan N .
- Dalam pandemi klasik, tidak dikenal adanya **OTG**, tanpa melalui test yang ter-infeksi bisa tampak kasat mata.

Oleh karena itu SIR perlu di-modifikasi:

- Peubah S di-eliminasi/di-substitusi dengan peubah lainnya, dianggap suatu "*dependent variable*", jadi dihitung terakhir.
- $N = 1\%$ dari total populasi, berdasarkan *random-test* yang dilaksanakan Pemprov JABAR di stasion KRL Bekasi dan Bogor.

RUMUSAN MASALAH (UNTUK KASUS DI INDONESIA)

- Dari $N = 1\%$ jumlah penduduk suatu wilayah, ada T (*ested*) di antaranya yang di-test dengan PCR atau TCM. Laju pertambahan T dipengaruhi oleh parameter DELTA.
- Sebagian dari T ini positif ter-infeksi (I), dengan laju yang dipengaruhi parameter BETA.
- Sebagian dari I sembuh (R) dengan laju yang dipengaruhi parameter GAMMA, sebagian lainnya meninggal (D) dengan laju yang dipengaruhi parameter ALPHA.
- Dengan demikian $S = T - (I + R + D)$ adalah sisa dari N yang sudah diperiksa, tapi hasilnya (masih) negatif. Ini berbeda dengan pengertian S dalam model asli *SIR-Model*.

IDENTIFIKASI PARAMETER

“Pergerakan angka-angka” dari data COVID-19 yang tersedia secara nasional dan wilayah dimanfaatkan dengan metode numerik untuk meng-identifikasi parameter ALPHA, BETA, GAMMA dan DELTA dari 4 (empat) persamaan differensial (ODE):

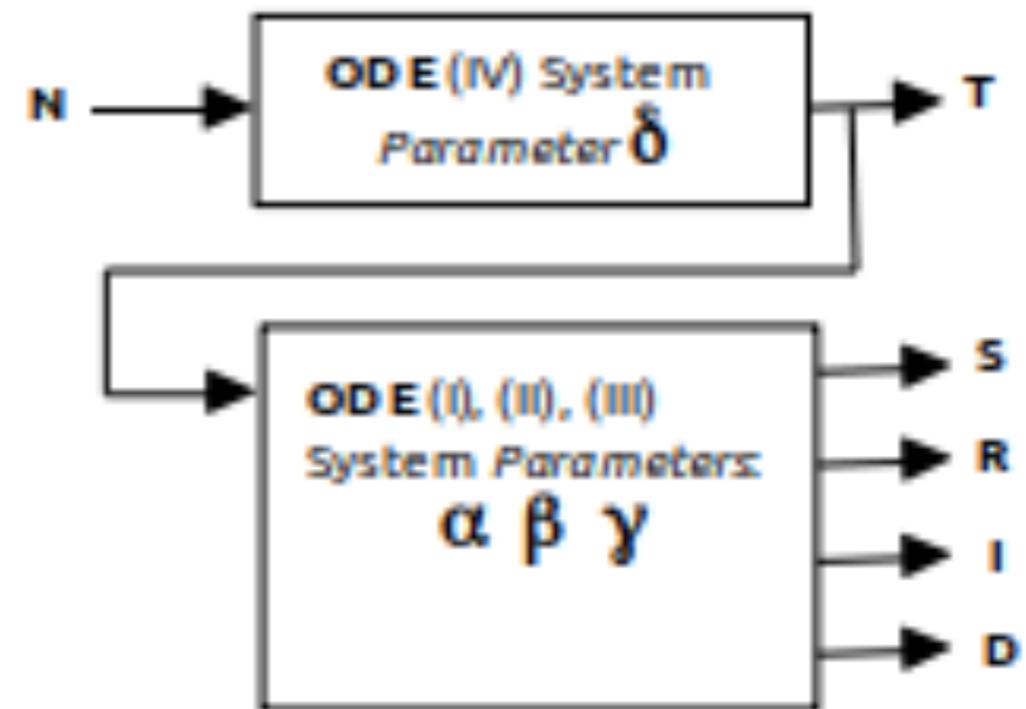
$$(I) \frac{dD}{dt} = \text{ALPHA} * I$$

$$(II) \frac{dI}{dt} = + [\text{BETA}/(\text{T}-\text{D})] * \text{S} * I - (\text{ALPHA} + \text{GAMMA}) * I$$

$$\text{dengan: } \text{S} = \text{T} - (\text{I} + \text{R} + \text{D})$$

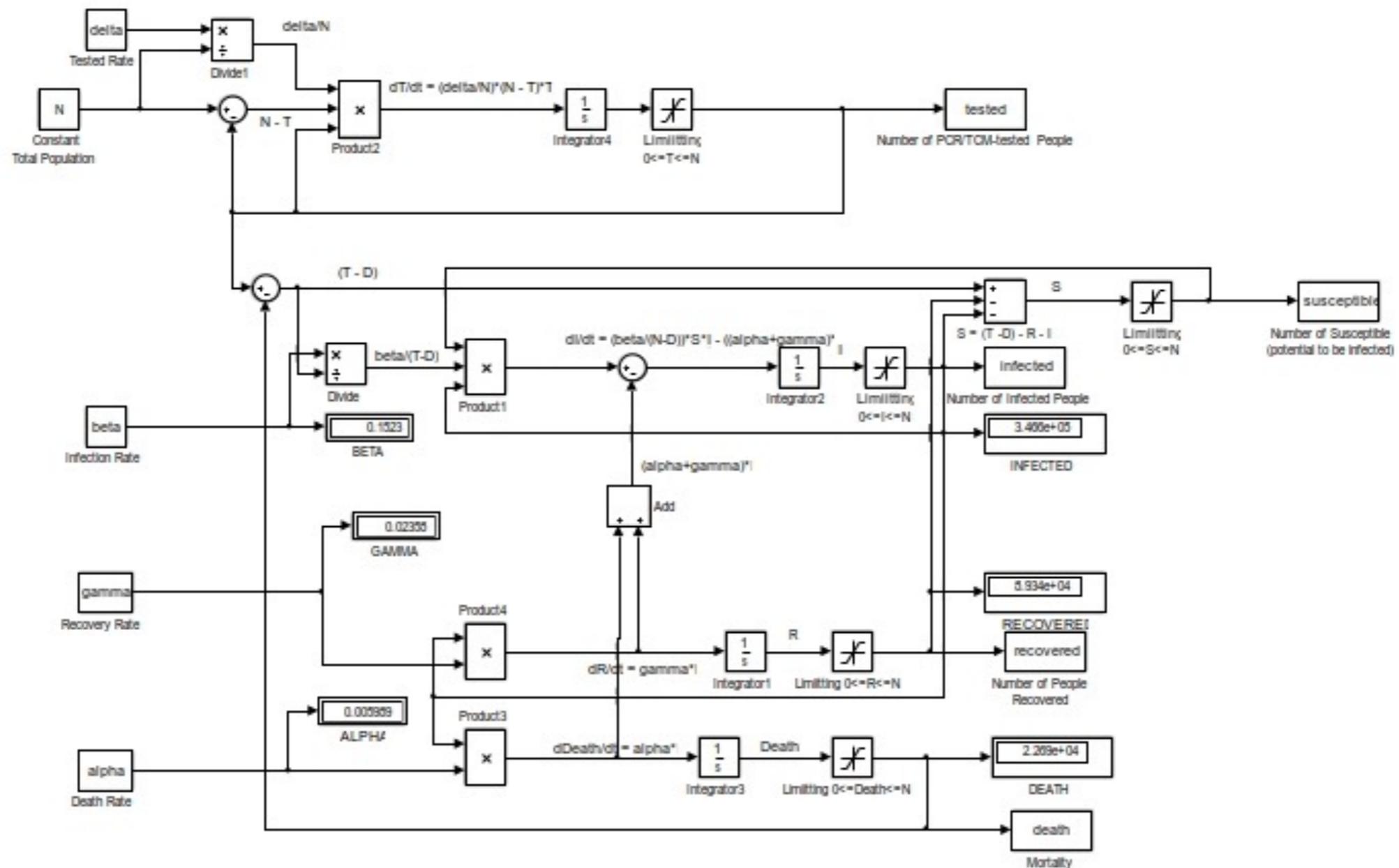
$$(III) \frac{dR}{dt} = \text{GAMMA} * I$$

$$(IV) \frac{dT}{dt} = [\text{DELTA}/\text{N}] * (\text{N}-\text{T}) * \text{T}$$



SIMULINK@MATLAB MODEL

Representasi Simulink@MATLAB dari sistem dengan 4 ODE:



HASIL (NUMERIK)

Tabel 3 Hasil Identifikasi Parameter dengan Tambahan Parameter δ

Nasional	DATA dari 14 Mar 2020 s/d		
	Selasa, Mei 05, 2020	Rabu, Mei 13, 2020	Minggu, Mei 24, 2020
PARAMETER			
ALPHA	0.006759980000000	0.005660580000000	0.005989580000000
BETA	0.116851899999996	0.108552899999996	0.152280899999996
GAMMA	0.016997000000000	0.018073000000000	0.023577000000000
DELTA			0.106677111000000
Est. PEAK	Mid July 2020	After Mid July 2020	Mid July 2020
MAX Infected *)	1.318.012	1.248.625	1.243.199
DEATH *)	763.594	637.704	543.928
DEATH/(MAX. INFECTED):	57,94%	51,07%	43,75%

*) NOT absolute (tentative)

Tabel 4 Hasil Identifikasi Parameter dengan Tambahan Parameter δ

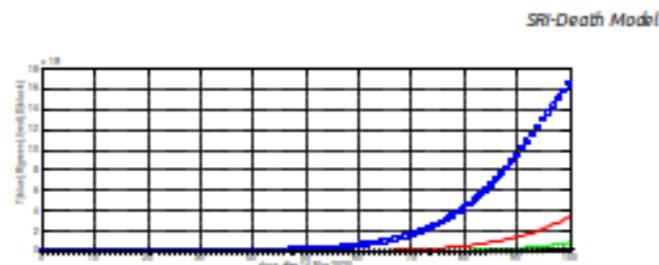
SULSEL	DATA dari 14 Mar 2020 s/d		
	Selasa, Mei 05, 2020	Rabu, Mei 13, 2020	Senin, Mei 25, 2020
PARAMETER			
ALPHA	0.012229420000000	0.006409420000000	0.006347080000000
BETA	0.195171899999999	0.154031899999999	0.229505899999997
GAMMA	0.030033500000000	0.038943500000000	0.044089000000000
DELTA			0.127692011000000
Est. PEAK	Awal Juni 2020	Mid July 2020	Mid July 2020
MAX Infected *)	89.015	67.422	71.792
DEATH *)	54.737	26.079	23.557
DEATH/(MAX. INFECTED):	61,49%	38,68%	32,81%

*) NOT absolute (tentative)

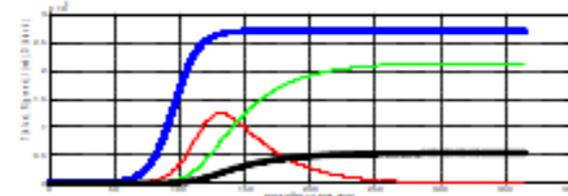
Salin parameter-parameter θ , α , dan δ serta luas luas T , I , dan D oleh satu

HASIL (GRAFIS)

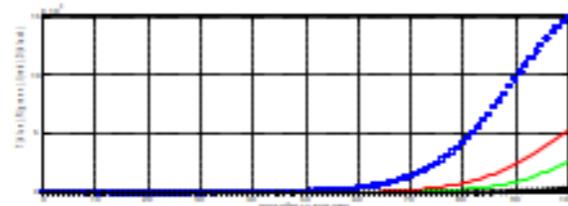
- Grafik yang sebelah kanan menunjukkan perkembangan suatu peubah turunan yang disebut “*infected over tested*” atau (I/T) dalam satuan %, yang bisa langsung dihitung dari sajian data yang tersedia. Diusulkan untuk menjadi rujukan utama dalam EVALUASI, dan dipantau dari hari ke hari:



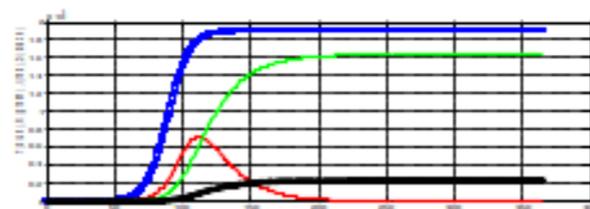
Gambar 13 Kurva T, I, R dan D untuk 100 Hari Berdasarkan Data Nasional



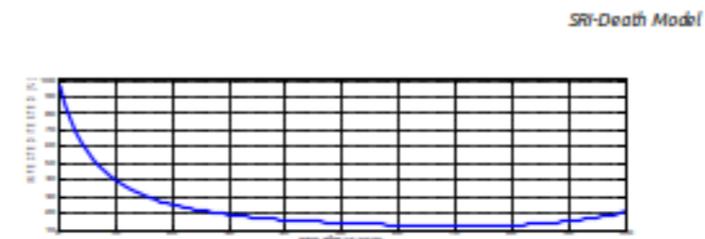
Gambar 14 Kurva T, I, R dan D untuk 1 Tahun Berdasarkan Data Nasional



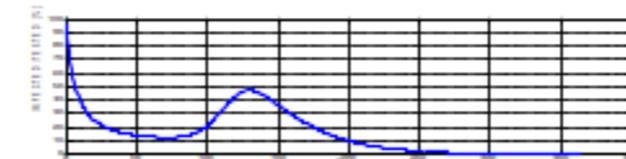
Gambar 15 Kurva T, I, R dan D untuk 100 Hari Berdasarkan Data Sulawesi Selatan



Gambar 16 Kurva T, I, R dan D untuk 1 Tahun Berdasarkan Data Sulawesi Selatan



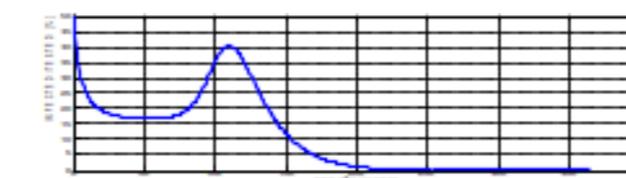
Gambar 17 Kurva I/T = [Infected over Tested] untuk 100 Hari Berdasarkan Data Nasional



Gambar 18 Kurva I/T = [Infected over Tested] untuk 1 Tahun Berdasarkan Data Nasional



Gambar 19 Kurva I/T = [Infected over Tested] untuk 100 Hari Berdasarkan Data Sulawesi Selatan



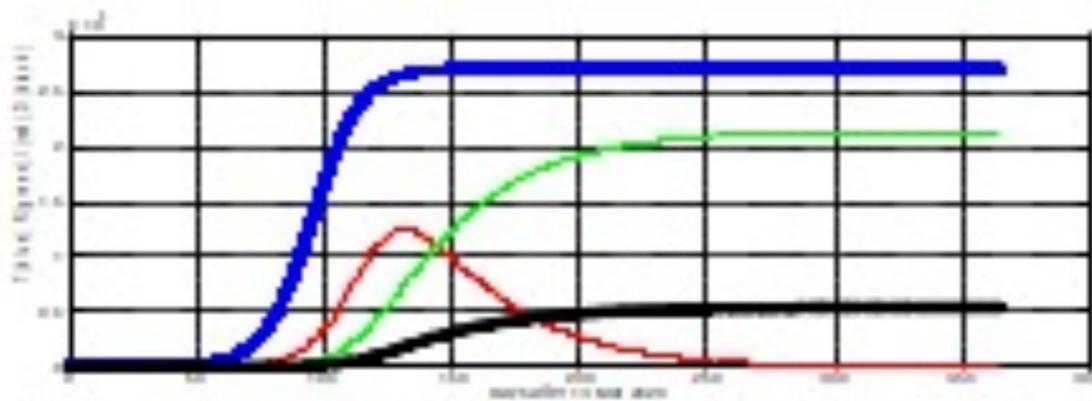
Gambar 20 Kurva I/T = [Infected over Tested] untuk 1 Tahun Berdasarkan Data Sulawesi Selatan

GRAFIK T, I, D DAN R

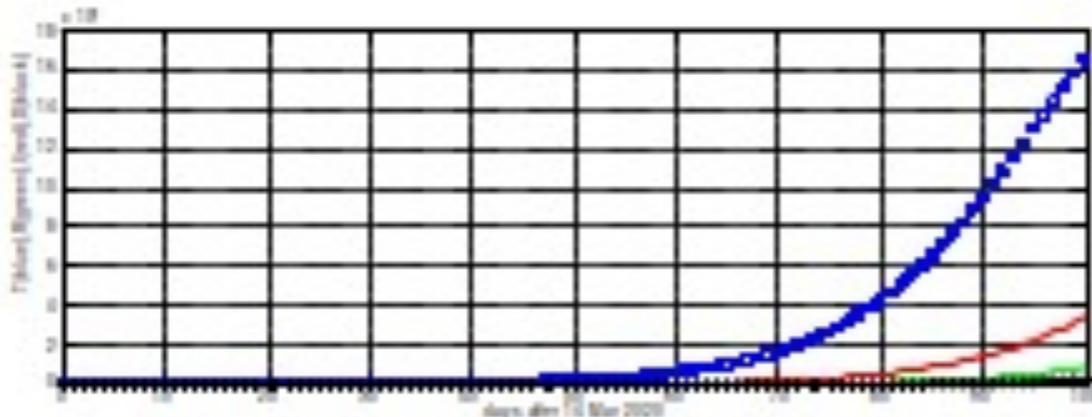
Model yang dibangun dengan mengolah data nasional dan data wilayah Sulsel dengan kurva T(biru), I(merah), D(hitam) dan R(hijau) :

NASIONAL

14 Maret - 24 Mei 2020



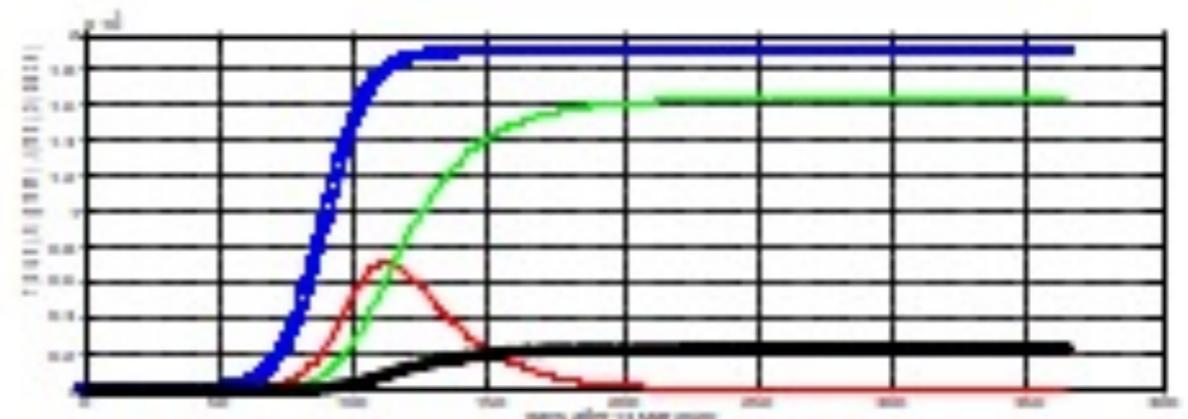
Gambar 14 Kurva T, I, R dan D untuk 1 Tahun Berdasarkan Data Nasional



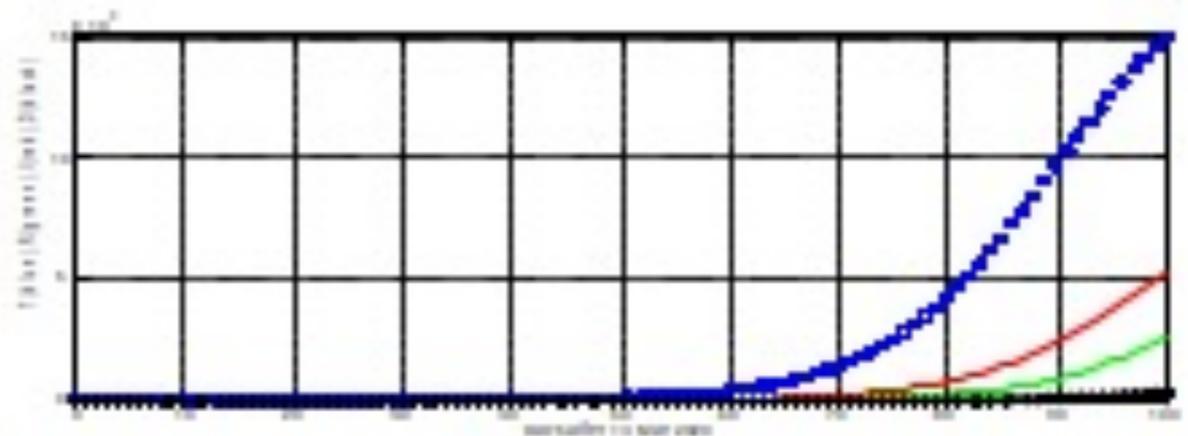
Gambar 13 Kurva T, I, R dan D untuk 100 Hari Berdasarkan Data Nasional

SULSEL

20 Maret - 25 Mei 2020



Gambar 16 Kurva T, I, R dan D untuk 1 Tahun Berdasarkan Data Sulawesi Selatan



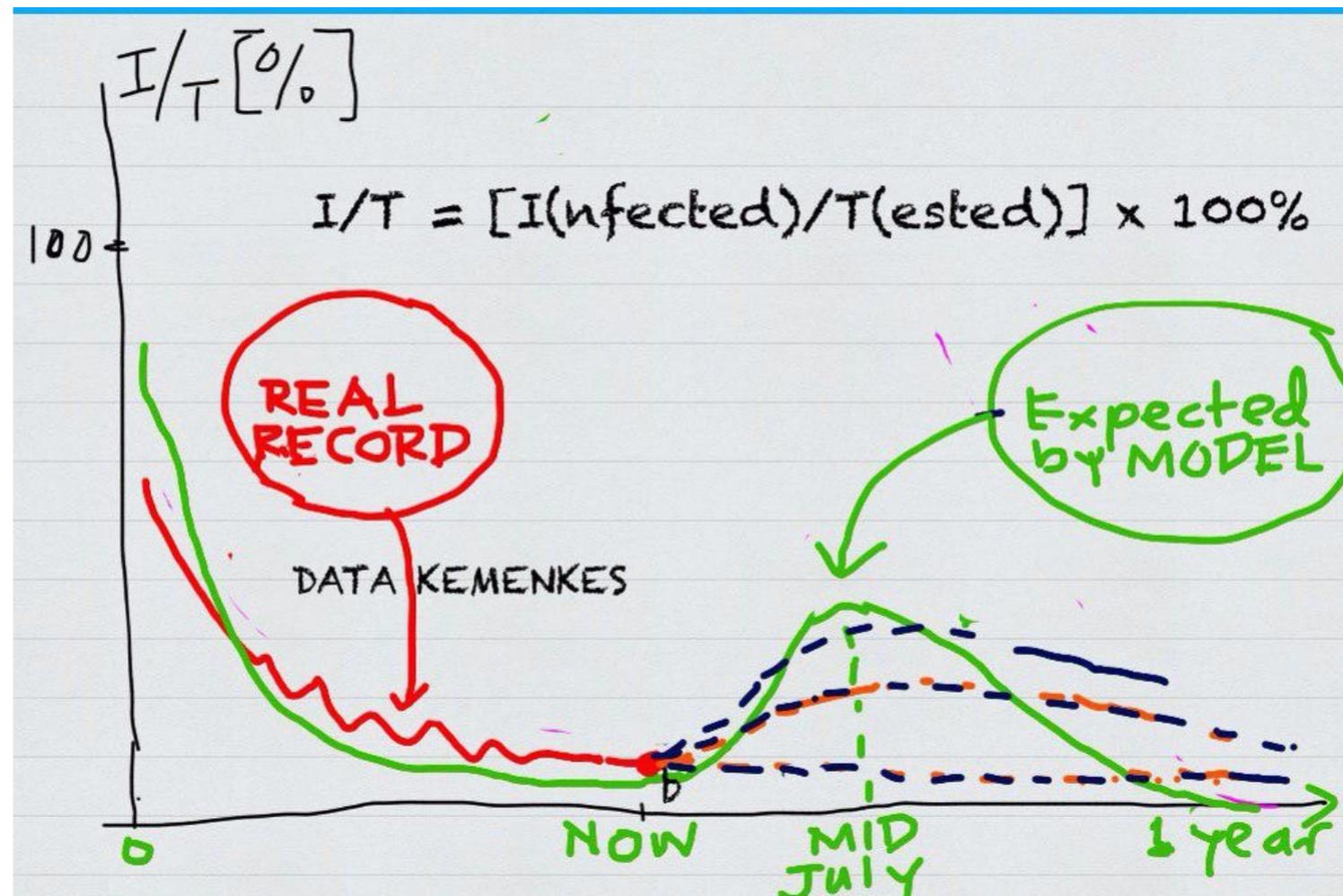
Gambar 15 Kurva T, I, R dan D untuk 100 Hari Berdasarkan Data Sulawesi Selatan

I/T INFECTED OVER TESTED [%]

I/T dalam satuan % adalah parameter yang diperoleh dari rumus:

$$I/T [\%] = (I/T) * 100\%$$

dengan **I** = jumlah akumulatif dari hari ke hari orang yang positif terpapar virus COVID-19, sedangkan **T** = jumlah akumulatif orang (bukan samples) yang di-test dengan PCR atau TCM (bukan Rapid-Test) dan sudah keluar hasilnya.

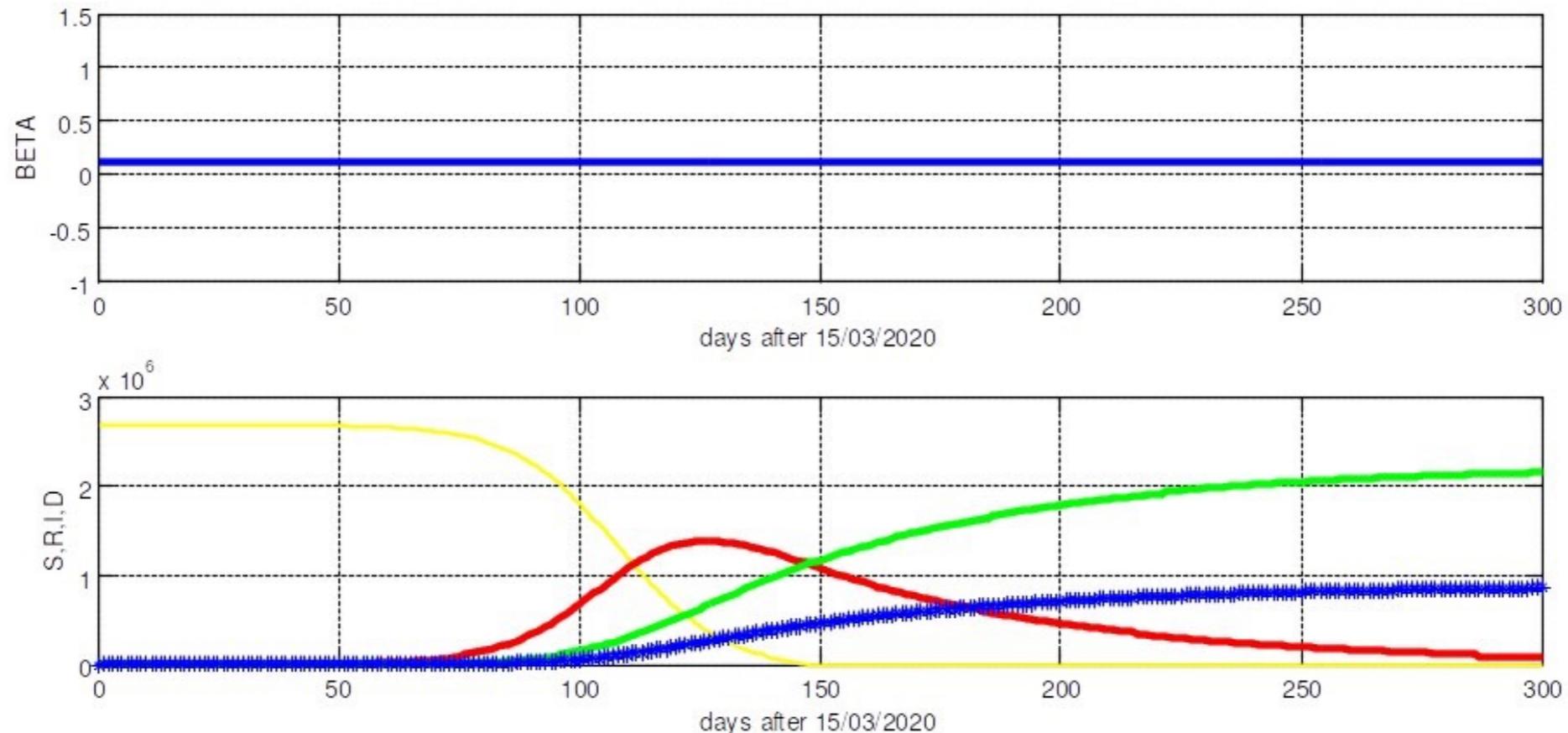


PENGENDALIAN

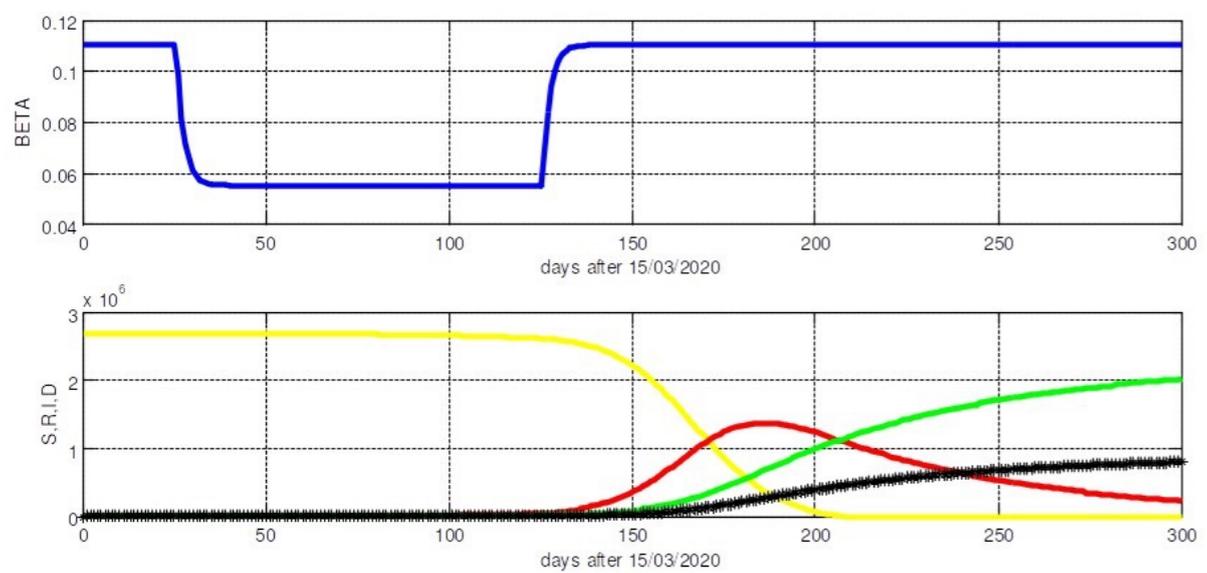
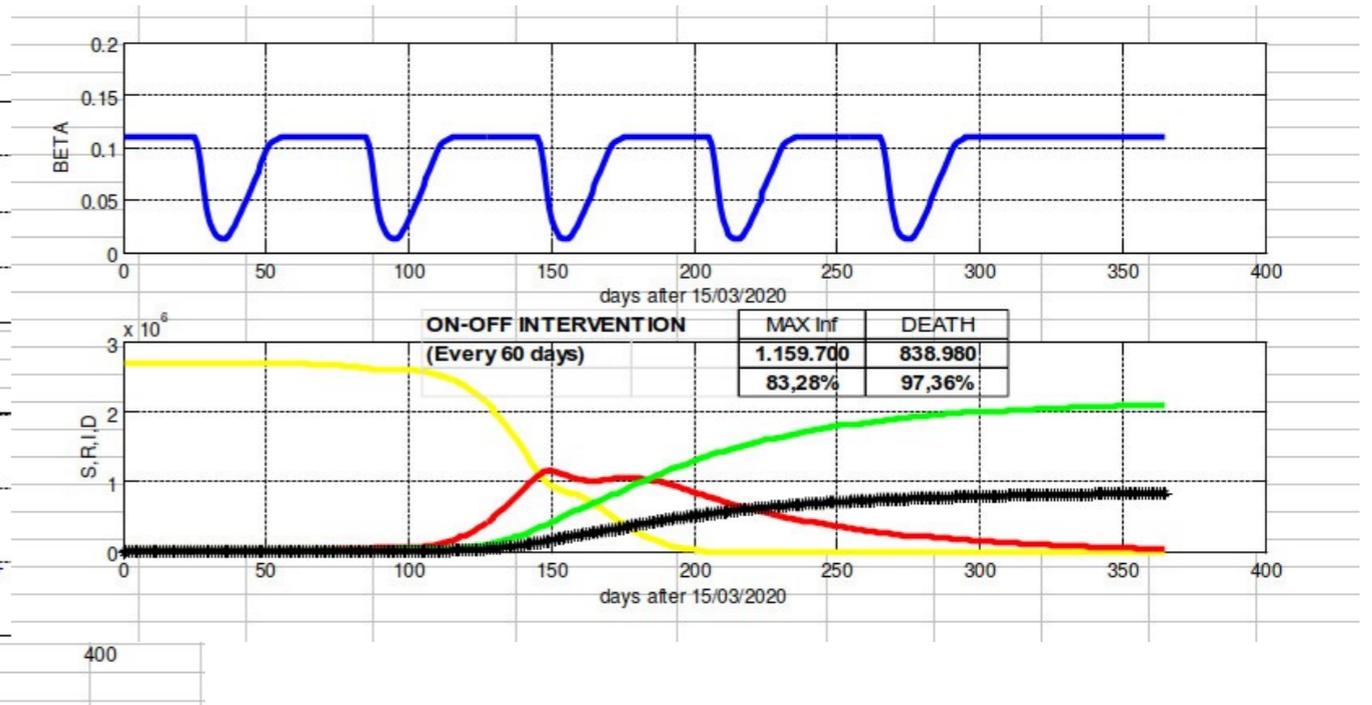
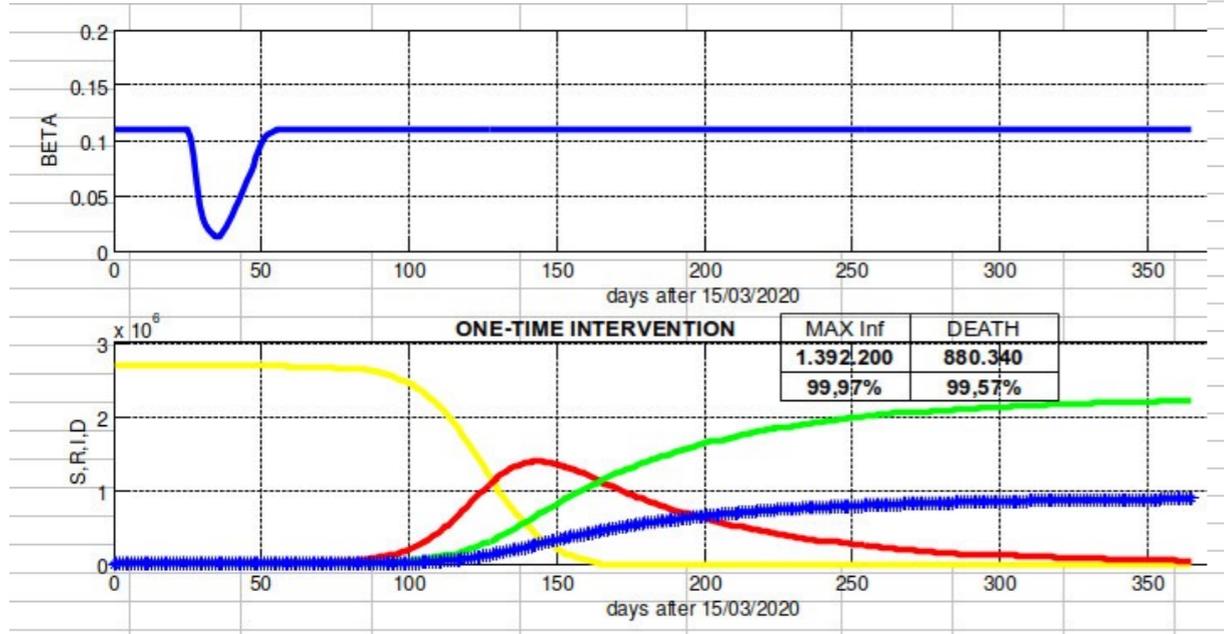
- Parameter ALPHA dan GAMMA tidak bisa dikendalikan (*uncontrollable*) karena masing2 terkait dengan kematian dan kesembuhan.
- Parameter BETA yang terkait dengan penularan, dicoba dikendalikan dengan PSBB, “*social distancing*”, “*physical distancing*”, sampai ke program memakai masker dan cuci-tangan. Hasil yang diharapkan adalah “*flattening the curve*” menurunkan puncak dari kurva I, supaya faskes masih mampu menangani.
- Parameter DELTA tergantung pada ketersediaan sarana penge-test-an, yaitu peralatan TCM dan PCR, pasokan *reagent* (pereaksi) dan SDM laboratorium yang menanganinya.

SIMULASI (PENGENDALIAN BETA)

- Nilai Parameter BETA diturunkan untuk mengurangi penularan. *Total lock-down* dilakukan menghasilkan BETA yang mendekati NOL (tidak ada penularan sama-sekali).
- TANPA INTERVENSI:



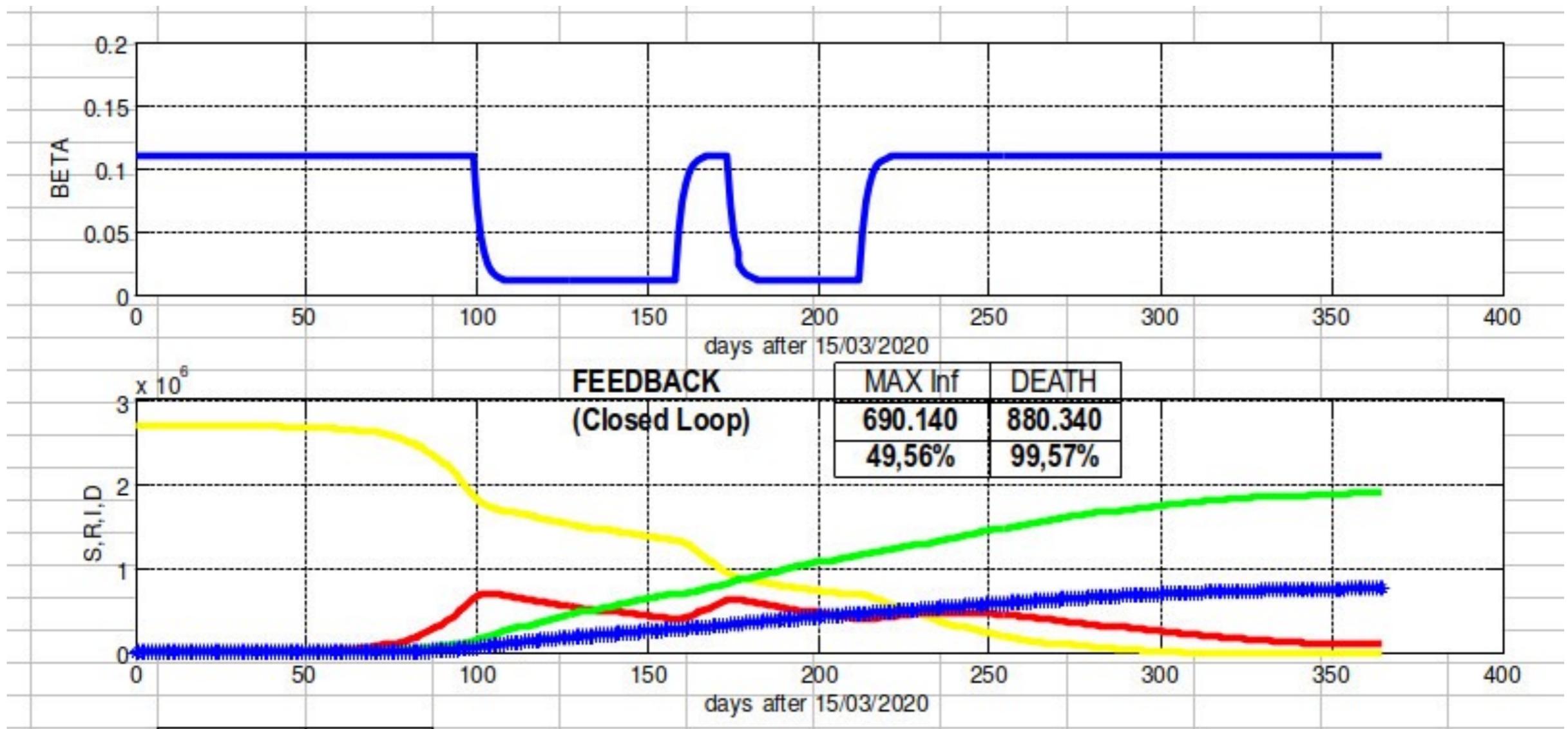
BEBERAPA SKENARIO



INTERVENTION						
No Intervention:	BETA = 0.1100919		Max Infected: 1.392.600		Final DEATH= 861.720	
INTERVENTION						
15 days, 50% BETA						
Applied on the Tinv'th day after 15/03/2020						
	Tinv = 25		Tinv = 50		Tinv = 75	
	MAX Inf	DEATH	MAX Inf	DEATH	MAX Inf	DEATH
	1.392.500	856.650	1.390.400	856.430	1.370.100	854.520
	99,99%	99,41%	99,84%	99,39%	98,38%	99,16%
INTERVENTION						
Duration Tinv days, 50% BETA						
	Duration: 50 days		75 days		100 days	
	MAX Inf	DEATH	MAX Inf	DEATH	MAX Inf	DEATH
	1.390.900	839.670	1.387.300	823.520	1.378.300	802.430
	99,88%	97,44%	99,62%	95,57%	98,97%	93,12%

PENGENDALIAN DENGAN UMPAN-BALIK

► Provinsi Jawa Barat (???)



CATATAN (UNTUK EVALUASI SETELAH 2 BULAN.....)

.....
(sambil mendengarkan lagu “*Untuk Kita Renungkan*” (Ebiet G. Ade))

- Belum bisa disimpulkan secara konklusif apakah saat ini kita di Indonesia sedang mengalami musibah pandemi seperti di dunia secara global sebagaimana di-deklarasikan oleh WHO.
- Sejauh ini pengolahan data secara numerik, baik untuk skala nasional mau pun untuk wilayah Sulsel, sama polanya dan sama-sama menghasilkan iterasi yang konvergen untuk semua parameter dengan galat = NOL.
- Olehnya itu BISA DI-ASUMSI-KAN bahwa memang kita sedang mengalami musibah pandemi, dan pandemi yang kita alami modelnya seperti SIR, dengan modifikasi, karena sifat COVID-19 yang berbeda dengan “pandemi klasik”.

CATATAN LANJUTAN

- Mengikuti model pandemi yang dibangun, maka pada saat ini (2 bulan sesudah kasus pertama diketahui pada sekitar pertengahan Maret 2020), kita baru pada **TAHAP AWAL** dari pandemi, **PUNCAK**-(penularan)-nya di-prediksi baru akan tercapai pada **H+120** (sekitar **pertengahan Juli 2020**). Ini berlaku baik hasil komputasi data nasional mau pun wilayah Sulsel.
- Diusulkan untuk menggunakan peubah “*infected over tested*” atau (I/T) dalam satuan % sebagai rujukan utama dalam meng-EVALUASI status perkembangan pandemi dari hari ke hari. Ini untuk menghindari modus-modus “pengaturan” data, dan meningkatkan ke-akurat-an pembacaan data.

CATATAN AKHIR (SEMENTARA)

- Diupayakan IKHTIAR semaksimal mungkin agar parameter BETA yang terkait penularan terus diperkecil, dan parameter DELTA yang terkait penge-test-an (dengan PCR dan TCM) terus diperbesar, sehingga kurva “*infected over tested*” (I/T) terus menurun dari hari ke hari.
- Berdo’a memohon perlindungan Allah SWT agar parameter ALPHA yang terkait kematian terus mengecil, dan parameter GAMMA yang terkait kesembuhan terus membesar, sehingga musibah ini semakin cepat berlalu dengan korban minimal.
- Semoga di Indonesia terjadi “*aborted pandemic*” yang tidak mengikuti model pandemi yang mana pun