"SRI-Death"

Rhiza S. Sadjad
Departemen Teknik Elektro UNIVERSITAS HASANUDDIN Makassar

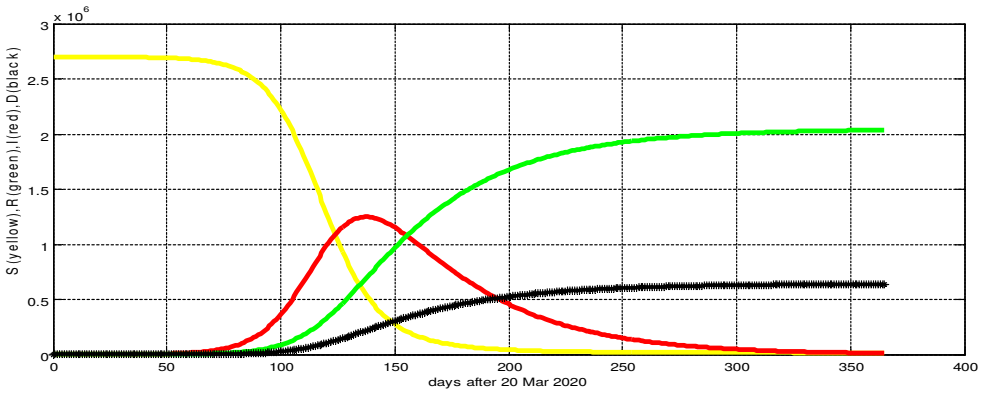
Pada awalnya adalah "tantangan" seorang sejawat di sebuah WAG agar "bicara" tentang COVID-19 dengan lebih "ilmiah", sesuai bidang keilmuan masing-masing. Lalu ada sejawat lain yang mengirimi *link* video *Steven L. Brunton* dari *University of Washington at Seattle, WA, USA,* antara lain, misalnya yang populer: *https://www.youtube.com/watch?v=BkpORajO3Ak&fbclid=IwAR2mlw1UCKYfxYuZzVqeCnge4K9GOtG8sfJjpgf8azDWfWYaB5_hm8mjtX0* .

Prof. Brunton menjelaskan dalam videonya bahwa dinamika pandemi bisa di-model-kan dengan sistem Persamaan Differensial Biasa (*Ordinary Differential Equations,* **ODE**) order kedua, sebagai berikut (dikenal sebagai ***SIR-Model***, sejak pandemi tahun 1918-1920):

(1) *Rate of Change of the Susceptible:* **dS/dt = - (β/N)*S*I**
(2) *Rate of Change of the Infected:* **dI/dt = + (β/N)*S*I - γ*I**
dan karena **N = S + I + R**, dengan **N** = *total population*, maka konsekuensinya bisa diturunkan: *Rate of Change of the Recovered:* **dR/dt** = **γ*I**

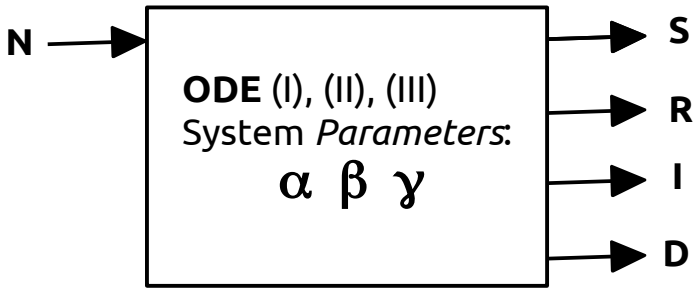
Data harian yang disediakan oleh Kemenkes tidak sepenuhnya "*compatible*" dengan ***SIR-Model*** seperti di atas, olehnya itu, saya lakukan modifikasi, dengan menambahkan satu peubah lagi yaitu **D** *(= Death)*, sehingga terbentuk sistem **ODE** baru:
(I) *Death Rate:* **dD/dt** = **α*I**, dengan **S = (N - D) - R - I**
(II) *Rate of Change of the Infected:* **dI/dt = + [β/(N-D)]*S*I - (α + γ)*I**
(III) *Rate of Change of the Recovered:* **dR/dt** = **γ*I**
yang merupakan sistem **ODE** orde ketiga, dan selanjutnya saya namai sebagai model "***SRI-Death***" untuk membedakannya dari ***SIR Model*** yang dikemukakan Prof. Brunton dalam ceramahnya.

Dengan menyusun model Simulink@MATLAB dari **ODE** orde ketiga di atas tersebut (*maaf, tidak bisa disertakan dalam makalah ini, karena masalah "hukum", legalitas*) , maka dapat diperoleh gambaran perkembangan kasus **COVID-19** selama setahun seperti terlihat pada plot pada Gambar 1.



Gambar 1 Contoh *plot* yang dihasilkan dari model "***SRI-Death***" yang disimulasi dengan Simulink@MATLAB, garis kuning: (***S****)usceptible*, garis hijau: (***R***)ecovered, garis merah: (***I****)nfected* dan garis hitam: (***D****)eath.*

Dengan pendekatan sistem, maka masalah **COVID-19** ini bisa digambarkan dalam bagan kotak sebagaimana dilihat pada Gambar 2. Ada sebanyak **N** orang penduduk suatu wilayah (atau warganegara suatu negeri) yang pada suatu kurun waktu terkena wabah penyakit yang bersifat pandemik, sehingga ada total sebanyak **D** orang meninggal, **R** orang yang sembuh dan setiap saat ada **I** orang yang ter-infeksi. Data dalam format *time-series* dari **D**, **R** dan **I** tersedia baik secara nasional mau pun wilayah per wilayah, walau pun tidak mungkin akurat karena (1) keterbatasan alat dan sarana test, serta (2) adanya OTG (orang tanpa gejala) dan (3) kematian yang *un-tested*, yang tidak pernah diketahui pasti berapa jumlahnya.



Gambar 2 Pendekatan Sistem

Dengan pendekatan sistem sebagaimana terlihat pada Gambar 2, maka jika masukan dan keluaran diketahui, masalahnya bisa dirumuskan sebagai masalah identifikasi parameter (*parameter identification*) α, β dan γ, yang dalam teori kendali umumnya merupakan bagian yang tak terpisahkan dari (atau "satu paket" dengan) topik perancangan sistem kendali adaptif (*adaptive control*).

Identifikasi Parameter

Banyak skema bisa digunakan untuk meng-identifikasi parameter suatu sistem, dari cara yang canggih ("*smart"*, memanfaatkan *Artificial Intelligence: JST, FL*, dll) sampai yang "konvensional" dan sederhana, seperti "*golden searching*", "*steepest descent*", "*curve fitting*" dll. Meng-identifikasi sekaligus 3 (tiga) parameter dari dinamika 3 (tiga) kurva **D**, **I** dan **R** pada suatu kurun waktu tertentu tentu paling baik menggunakan "*curve fitting*" untuk ketiga kurva dengan data yang tersedia dari Kemenkes. Tapi mungkin karena α, β dan γ tidak sepenuhnya *independent* satu sama lain, maka pada kenyataannya dengan menggunakan titik awal dan titik akhir dari masing-masing **D**, **I** dan **R** saja pencarian α, β dan γ bisa konvergen sampai nilai galat di kedua titik itu (di ujung-ujungnya) nol. Contohnya dapat dilihat kode yang ditampilkan pada Gambar 3.

Bisa juga digunakan metode komputasi numerik yang lebih canggih, misalnya "*the shooting method*" untuk mencari solusi persamaan differensial yang diketahui kondisi awal-(*initial condition*)-nya dan kondisi akhir-(*end condition*)-nya. Tapi dari beberapa kali ujicoba, "*golden searching*" yang sederhana bisa konvergen dalam 2000 sampai 5000 iterasi, terutama untuk melacak γ, yang lebih sulit daripada melacak α dan β. Mungkin karena data kematian yang sama sekali tidak sahih atau tidak *reliable*.

Yang sedikit agak "kontroversial" adalah penentuan **N**, atau angka populasi total yang digunakan dalam perhitungan. Tentunya **N** seharusnya merupakan persentase dari keseluruhan jumlah penduduk, dan merupakan jumlah dari semua "*suspects*", ODP, PDP, OTG, dan lain2. Saya mengambil angka **1%** dari seluruh jumlah penduduk dengan alasan kalau kita ambil *test-sample* berupa kerumunan acak (*random*) di zona merah yang terdiri dari 100 orang maka kemungkinan sangat besar minimal akan ada 1 orang yang positif terpapar COVID-19, seperti yang terjadi di stasiun Bogor dan Bekasi beberapa waktu yang lalu. Di masing-masing setasiun 300 orang di-RT-PCR, ternyata di masing-masing setasiun ada 3 orang yang positif terpapar COVID-19.

```
   for I = 1:ITERASI
iterasi(I)=I;
alpha = ALPHA(I);
alpha_i(I) = alpha;
beta = BETA(I);
beta_i(I) = beta;
        gamma = GAMMA(I);
gamma_i(I)=gamma;
          sim('corona_modified_SRI.slx');
M = length(infected);
    ERR_I(I)=round(infected(M)) - REF_I;
    ERR_R(I)=round(recovered(M)) - REF_R;
    ERR_D(I)=round(death(M)) - REF_D;
% next
ALPHA(I+1)=ALPHA(I) - (10^(-6))*ERR_D(I);
BETA(I+1)=BETA(I) - (10^(-5))*ERR_I(I);
GAMMA(I+1)=GAMMA(I) - (10^(-5))*ERR_R(I);
  end
```

Gambar 3 Contoh kode untuk melacak ketiga parameter

Parameter yang ter-identifikasi pada suatu kurun waktu tertentu, bisa jadi berubah pada kurun waktu berikutnya. Oleh karena itu nilai angka (terutama yang terkait dengan jumlah orang) yang diperoleh harus ditafsirkan secara RELATIF dan TENTATIF, jangan ditafsirkan secara absolut. Sebagai contoh misalnya hasil identifikasi yang terlihat pada Tabel 1. Parameter diperoleh dari identifikasi berdasarkan data dari tgl. 14 Maret 2020 sampai dengan tgl. 5 Mei 2020 dan sampai dengan tgl. 13 Mei 2020.

Tabel 1 Hasil Identifikasi Parameter

NATIONAL	**DATA** dari **14 Mar 2020** s/d		KOMENTAR
PARAMETER	**Selasa, Mei 05, 2020**	**Rabu, Mei 13, 2020**	Dalam Periode **8 hari:**
ALPHA	**0.006759980000000**	**0.005660580000000**	Angka Kematian Menurun dari **0,68%** ke **0,57%** per hari
BETA	**0.116851899999996**	**0.108552899999996**	Angka Penularan Rata2 Menurun dari **117** ke **109** per 1000 org
GAMMA	**0.016997000000000**	**0.018073000000000**	Angka Kesembuhan naik dari **1,7%** ke **1,8%** per hari
Est. **PEAK**	**Mid July 2020**	**After Mid July 2020**	Predksi PUNCAK paling banyak infeksi pertengahan Bulan Juli
MAX Infected ***)**	**1.318.012**	**1.248.625**	Menurun tinggal **94,74%** dibanding prediksi awal
DEATH *)	**763.594**	**637.704**	Menurun tinggal **83,51%** dibanding prediksi awal

*) NOT absolute (tentative)

DEATH/MAX. INFECTED:	**57,94%**	**51,07%**

Parameter α terkait dengan peningkatan angka kematian rata-rata setiap hari dari pasien positif COVID-19. Angka α = **0.00675998** pada tgl 5 Mei 2020 adalah hasil iterasi dari data mulai dari tgl 14 Maret 2020, memang boleh diartikan 6 sampai 7 orang per hari meninggal dunia setiap 1000 orang ter-deteksi positif COVID-19, tapi akan lebih berarti bila dikaitkan dengan hasil yang lain, misalnya dengan hasil iterasi pada 8 hari kemudian, ketika terjadi penurunan yang meng-indikasi-kan tinggal 5 sampai 6 orang per hari yang meninggal setiap 1000 orang. Atau bisa juga dihubungkan dengan parameter lain, misalnya parameter γ, yang terkait dengan tingkat kesembuhan. Angka kematian antara 5 sampai 6 orang per 1000 orang setiap hari memang cukup besar, tapi agak membuat optimis jika diperhatikan angka kesembuhan bisa 3 kali lipat angka kematian.

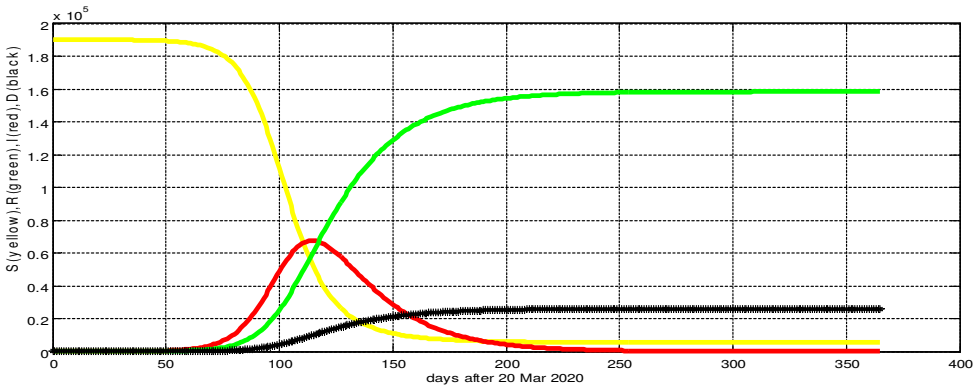
Angka-angka yang menunjukkan jumlah orang yang terinfeksi dan (apalagi) yang meninggal juga jangan dipandang secara absolut. Bisa juga dibandingkan dengan angka-angka yang diperoleh dari daerah, misalnya yang ditunjukkan pada Tabel 2, yaitu hasil identifikasi parameter di Sulawesi Selatan berdasarkan data antara tgl. 20 Maret 2020 sampai dengan tgl. 24 April dan tgl. 15 Mei 2020.

Tabel 2 Hasil Identifikasi Parameter untuk Wilayah Provinsi Sulawesi Selatan

South Sulawesi	**DATA** dari **20 Mar 2020** s/d		KOMENTAR
PARAMETER	**Jumat, April 24, 2020**	**Jumat, Mei 15, 2020**	Dalam Periode **21 hari:**
ALPHA	**0.012229420000000**	**0.006409420000000**	Angka Kematian Menurun DRASTIS dari 1,**22%** ke **0,64%** per hari
BETA	**0.195171899999999**	**0.154031899999999**	Angka Penularan Rata2 Menurun DRASTIS dari **195** ke **154** per 1000 org
GAMMA	**0.030033500000000**	**0.038943500000000**	Angka Kesembuhan naik dari **3,0%** ke **3,9%** per hari
Est. **PEAK**	**Awal Juni 2020**	**Mid July 2020**	Predksi PUNCAK paling banyak infeksi bergeser dari awal Juni ke pertengahan Bulan Juli
MAX Infected *)	**89.015**	**67.422**	Menurun tinggal **94,28%** dibanding prediksi awal
DEATH *)	**54.737**	**26.079**	Menurun tinggal **81,94%** dibanding prediksi awal

*) NOT absolute (tentative)

DEATH/MAX. INFECTED:	**61,49%**	**38,68%**



Gambar 4 Prediksi Perkembangan COVID-19 di Sulsel

Dibandingkan dengan model nasional sampai tgl. 13 Maret 2020, parameter Sulsel mirip-mirip. Untuk α yang terkait dengan kematian, Sulsel (**0,64%**) sedikit lebih buruk daripada nasional (**0,56%**), juga untuk β yang terkait dengan tingkat penularan, Sulsel (β = **0,154032**, atau rata-rata sekitar 15 orang per hari tertular oleh 100 orang positif) masih jauh lebih parah daripada secara nasional (β = **0,1085529**). Jadi boleh dibilang PSBB, dan

program-program *social/physical distancing* lainnya yang dilaksanakan di Makassar dan sekitarnya belom terlalu efektif. Tapi karena untuk γ yang terkait tingkat kesembuhan, Sulsel masih dua kali lipat lebih baik daripada secara nasional, maka secara keseluruhan Sulsel (lihat Gambar 4) masih mengikuti pola nasional sebagaimana tampak dalam grafik pada Gambar 1. Puncak infeksi diperkirakan sama2 terjadi pada pertengahan bulan Juli nanti, baru mereda sampai finished paling cepat bulan Oktober, insya Allah. Memang angka2 yang diperoleh dari pemodelan pandemi ini sangat tergantung pada validitas dan realibilitas data, olehnya itu angka2 ndak bisa dibaca secara "absolut", melainkan harus dipahami secara "relatif/tentatif" saja, sebagai bahan **EVALUASI**. Kalau untuk prediksi, sepertinya model ***SRI-Death*** yang diajukan ini masih kurang *reliable* untuk dijadikan rujukan. Namun ada pernyataan dari seorang pakar pemodelan saya baca di suatu media sosial, kata beliau biasanya orang ingin membuat model yang tepat dan akurat, dan berharap sangat model yang dibuatnya benar, tapi untuk model pandemi ini, semua pembuat model sangat berharap model yang dibuatnya salah.

Pengendalian dengan Model Sistem Kendali

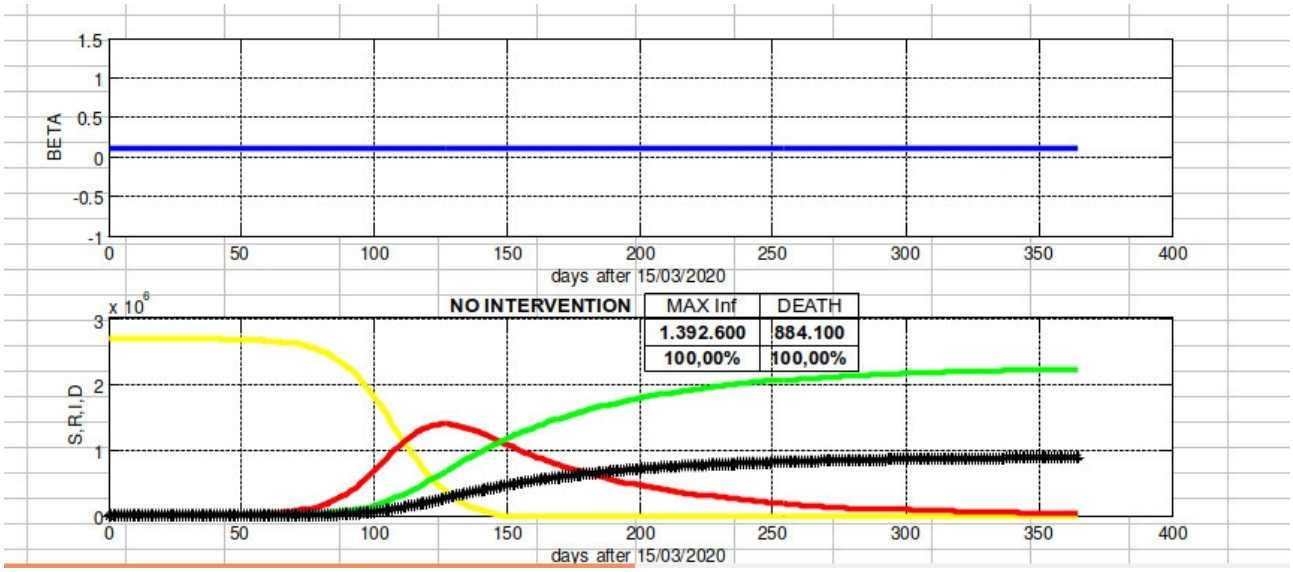
Sebuah pertanyaan yang baik untuk sekedar menjadi "*intellectual exercise*", khususnya untuk para *control engineers*: **Dapatkah pandemi ini dikendalikan?** Jika ya, bagaimana caranya?

Untuk mencoba menjawab pertanyaan ini, pertama-tama yang terlebih dahulu harus diberikan batasan (definisi)-nya yang jelas, adalah peubah mana yang "*controllable*" (kalau mungkin dicari yang "*completely controllable*") dan untuk tujuan apa dikendalikan, baru setelah itu dibahas bagaimana cara mengendalikannya. Umumnya yang ingin dikendalikan adalah **tingkat penularan**, sehingga jumlah orang yang positif ter-infeksi, dan sakit, masih dalam batas-batas yang masih dilayani oleh fasilitas kesehatan yang tersedia. Dengan perkataan lain, tujuan pengendalian adalah untuk menurunkan *level* puncak maksimum dari banyaknya orang yang ter-infeksi (*infected*) dalam kurva **I** (garis yang berwarna merah). Parameter yang paling mempengaruhi perubahan **I** adalah β, dengan kata lain, jika ingin mengendalikan tingkat penularan, maka peubah **I** dapat sepenuhnya terkendali dengan mengendalikan parameter β.

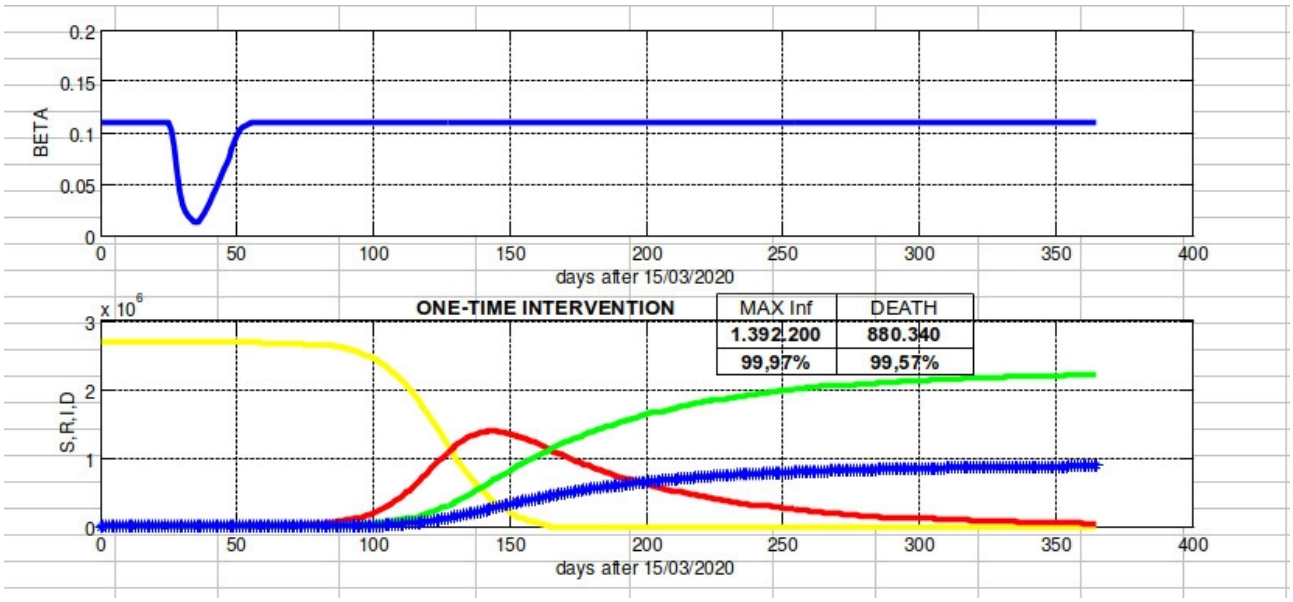
Sekarang, bagaimana mengendalikan β ? Per definisi, β adalah banyaknya orang yang tertular oleh sekian banyak penyandang virus setiap harinya. β = **0,1085529** artinya ada rata-rata 10 sampai 11 orang yang tertulari oleh 100 orang yang positif COVID-19 setiap harinya. Semakin kecil nilai β, artinya semakin sedikit terjadi penularan, dan sebaliknya. Jika bisa β ditekan, maka puncak penularan akan bisa ditekan. Masalahnya, kapan β harus ditekan, dan berapa besar, sehingga bisa efektif menurunkan puncak **I** ?

Menekan β dapat dilakukan dengan berbagai program, termasuk di antaranya mencuci tangan sesering dan sebersih mungkin, memakai masker, melakukan "*social and physical distancing*" serta yang dilakukan oleh pemerintah seperti larangan mudik dan PSBB. Katakanlah β bisa ditekan dengan berbagai cara, lalu bagaimana "skenario" penerapannya sebagai upaya pengendalian (*control efforts*)? Dari simulasi yang dilakukan, ternyata **TIDAK SELALU** sekedar menurunkan β pada kurun waktu tertentu bisa menekan tingginya puncak penularan maksimum.

Gambar 5 menunjukkan jika tidak dilakukan apa-apa, harapannya virus akan punah dengan sendirinya setelah beberapa waktu karena terjadi apa yang disebut "*herd community*". Artinya orang yang pernah ter-infeksi punya dua opsi: (1) **meninggal dunia** (jumlahnya tergantung pada parameter α), atau (2) **sembuh** dan menjadi kebal tidak ter-infeksi lagi (jumlahnya tergantung pada parameter γ). Hanya saja sementara ini kita beranggapan bahwa parameter α dan γ yang terkait kematian dan kesembuhan itu di luar jangkauan kita untuk mengendalikannya, hanya do'a yang di-ijabah oleh Allah SWT yang bisa mengubah kedua faktor ini. Kematian dan kesembuhan adalah peubah-peubah kendali (*control variables*) yang tak terkendali (*uncontrollable*).

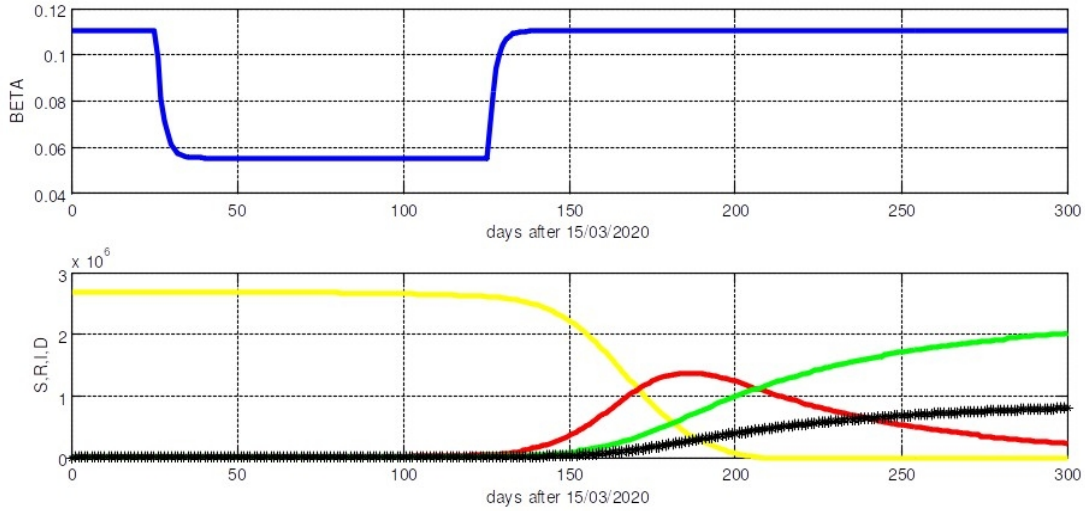


Gambar 5 Tanpa Pengendalian: "*Herd Immunity*".

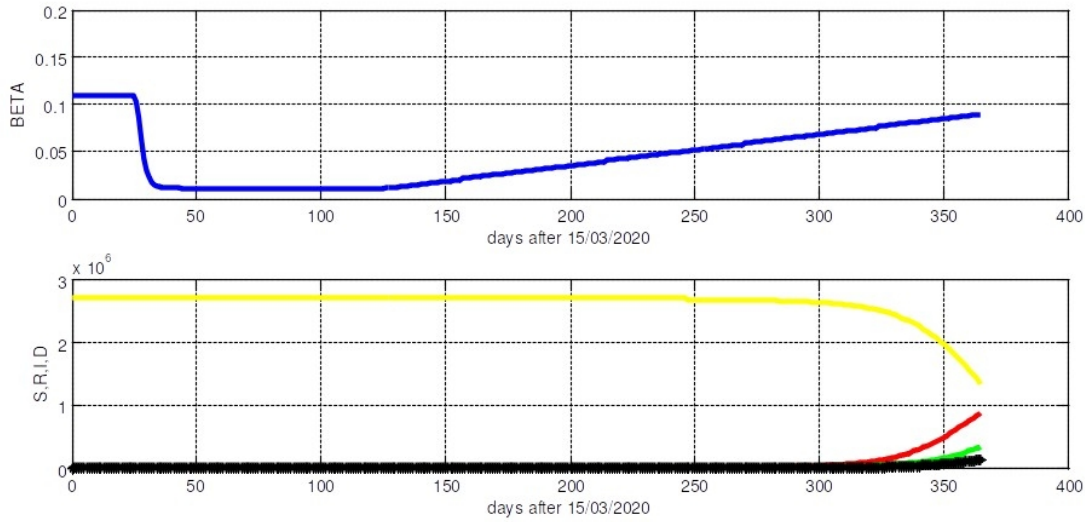


Gambar 6 *One-time SHORT Lock-Down*

Satu kali kebijakan "*lock-down*" yang bisa menurunkan parameter β selama suatu kurun waktu tertentu, seperti dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7, ternyata tidak efektif menurunkan *level* puncak, melainkan hanya "menggeser waktu" atau menunda kejadiannya, seperti mengatur ulang *setting*-an bom waktu. Bom-nya tetap akan meledak pada waktunya. Memang bisa dilakukan seperti terlihat pada Gambar 8, yaitu menunda selama mungkin durasi "*lock-down*", istilahnya "*buying time*" sampai nanti (semoga.....) ditemukan obat-obatan untuk mengatasi virus ini.



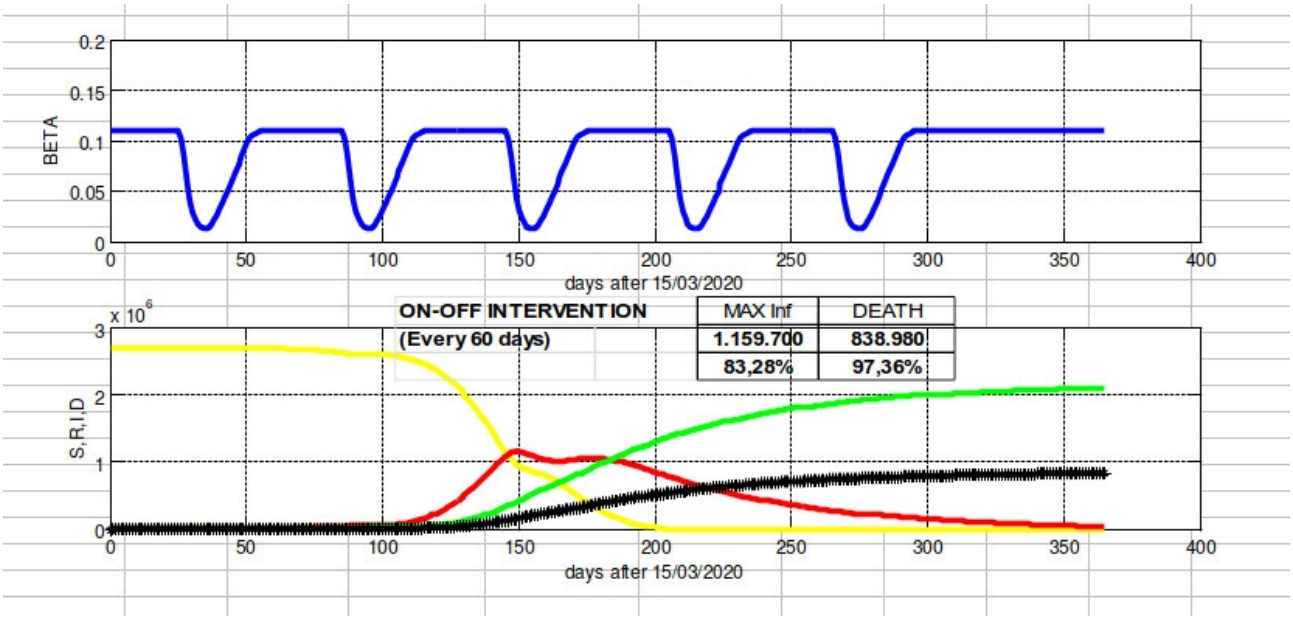
Gambar 7 *One-time LONG Lock-Down*



Gambar 8
One-time VEEEEERY LOOOOOONG Lock-Down

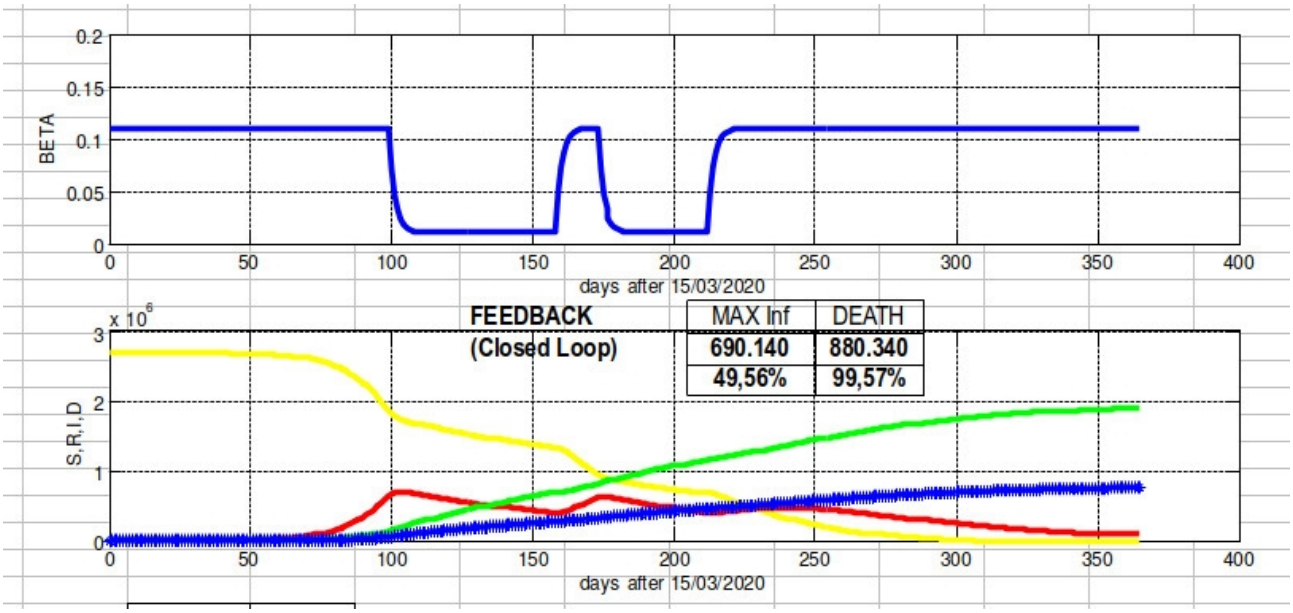
Upaya "*lock-down*" bisa juga dilakukan secara periodik berulang-ulang BUKA-TUTUP, *ON-OFF*, setiap dua bulan sekali selama dua pekan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9. Hasilnya lumayan efektif, bisa menurunkan level jumlah maksimum orang ter-infeksi sekitar **16-17%** dari puncak. Tapi tentunya ini sangat sulit (hampir tidak mungkin) diterapkan pada masyarakat yang sesungguhnya. Kecuali tentunya dilakukan kebijakan

ala "*draconian*" yang "kejam", sehingga mungkin lebih banyak orang jadi korban kekejaman penguasa daripada jadi korban virus.



Gambar 9
Lock-down Secara Periodik (Berkala), Dua Bulan Sekali @2 pekan

Skenario yang paling efektif, secara teoritis, adalah dengan menerapkan prinsip kendali umpan-balik (*closed-loop feedback control*). Dalam hal ini, penerapan BUKA-TUTUP *lock-down* dilakukan berdasarkan hasil pengamatan di lapangan.



Gambar 10
Hasil Penerapan Sistem Kendali dengan Umpan Balik (*Closed-loop Feedback Control*)

Skenario (yang disebut *control-algorthm*) untuk kapan mem-BUKA dan kapan men-TUTUP *lock-down* ditentukan oleh kriteria tertentu. Misalnya pada Gambar 10 diperlihatkan bagaimana hasil suatu penerapan *control-algorthm* yang paling sederhana, yang disebut sebagai "*bang-bang control*". Pertama ditetapkan suatu angka acuan untuk membatasi jumlah orang yang ter-infeksi, misalnya sekitar 500.000 orang. Kemudian dibuatlah "aturan", misalnya:

(1) Jika jumlah orang yang ter-infeksi bertambah hingga hampir melewati 600.000 orang, maka TUTUP, *lock-down* diberlakukan, sehingga parameter β pada saat itu turun sampai tinggal sepersepuluhnya, artinya kalau sebelum *lock-down* ada rata-rata 10 orang yang tertular oleh 100 orang penyandang virus setiap harinya, maka setelah *lock-down*, tinggal 1 orang saja.

(2) Jika jumlah orang yang ter-infeksi berkurang hingga hampir melewati 400.000 orang, maka *lock-down* di-BUKA, sehingga parameter β pada saat itu kembali "normal".

Dengan skenario seperti di atas, seperti terlihat pada Gambar 10, sempat diberlakukan *lock-down* dua kali masing-masing selama 50 hari dan 30 hari. Dan hasilnya, *level* maksimum jumlah orang yang ter-infeksi bisa turun sampai lebih setengahnya. Jumlah orang ter-infeksi yang tadinya naik dan turun dengan tajam, bisa dibuat landai sesuai dengan kapasitas fasilitas kesehatan yang tersedia.

Tentu saja cara ini memerlukan **REKAYASA SOSIAL** yang canggih, karena yang mau dikendalikan adalah perilaku masyarakat manusia, baik perilaku individual, mau pun perilaku sebagai kumpulan (*crowd*), yang bisa berbeda sama-sekali dengan perilaku sebagai individu. Dan harus pula diperhatikan, bahwa yang dikatakan di sini sebagai BUKA-TUTUP *lock-down*, itu SAMA-SEKALI BERBEDA pada kenyataannya dengan sekedar BUKA-TUTUP KATUP pada sistem kendali proses. SEKIAN.

Makassar, 18 Mei 2020.

Catatan Tambahan:

Seorang sahabat melaporkan dari kota Makassar (*Telegram*, 23 Mei 2020):

"*Mengamati kegiatan masyarakat yg sudah beberapa hari normal kembali, no physical distancing, pasar sudah penuh, berdesak-desakan. Semua "eksperimen sosial" ini telah berjalan hampir 2 minggu dan ternyata menunjukkan FAKTA: TIDAK ADA lonjakan kasus korban Covid-19 DENGAN GEJALA. Secara matematis, eksperimen sosial yg terjadi alamiah selama hampir 2 minggu ini = covid-19 telah menyebar sangat luas ke seluruh kelompok umur ==> dan fakta nya hampir semua TANPA GEJALA. Saya jadi berpikir ulang, kayaknya Covid-19 ini sebenarnya tidak terlalu berbahaya amat.....jadi sudah waktunya kita hidup normal saja. Saya hampir 2 minggu ini keliling makassar, mengantar istri membagi bantuan ke banyak sudut kota Makassar yg paling kumuh....dan mendapati situasi "eksperimen sosial" alami dimana masyarakat bergaul rapat, intens, no physical distancing, no masker.....dan mereka aman-aman saja sampai sekarang, tanpa gejala apapun*".

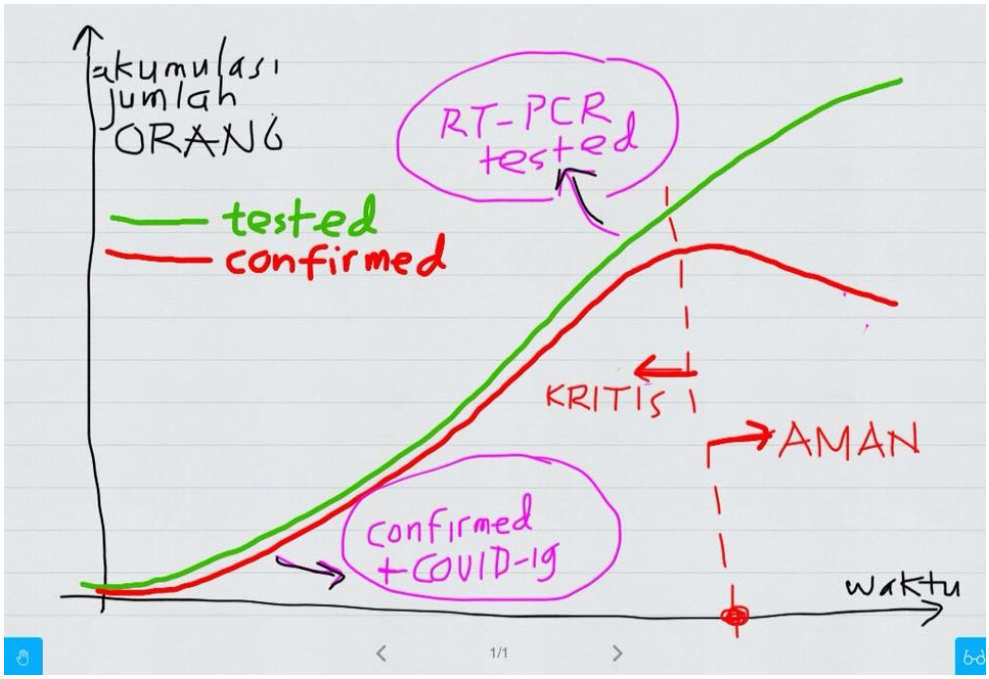
Saya menanggapi dengan 3 pokok catatan:

(1) Meminta BPS untuk memeriksa data mortalitas kependudukan Kota Makassar tahun lalu pada periode Januari-Juni 2019, lalu bandingkan dengan tahun ini, apakah ada peningkatan jumlah yang signifikan akibat COVID-19. Kalau memang tidak ada peningkatan yang signifikan dari jumlah orang yang wafat tahun ini dibandingkan tahun lalu pada bulan2 yang sama, berarti insya Allah: AMAN.

(2) Meminta Dinkes Kota Makassar untuk me-release data harian dari perkembangan jumlah orang (bukan samples) yang di-test dengan RT-PCR, lalu dibuatkan kurvanya dalam satu grafik dengan kurva perkembangan jumlah yang *confirmed* positif COVID-19 (lihat Gambar 11). Kalau kurva test berpisah dengan kurva *confirmed* positif dan jarak antara kedua kurva semakin menjauh, berarti insya Allah: AMAN.

(3) Meminta kita semua sabar menunggu sampe' minimal 2-3 pekan sesudah lebaran, bagaimana situasinya, kalau "biasa2" saja, rumah-sakit-rumah-sakit tidak kewalahan menerima pasien (*overloaded*), tempat-tempat pemakaman tidak kewalahan menerima jenazah-jenazah positif COVID-19, berarti insya Allah: AMAN.

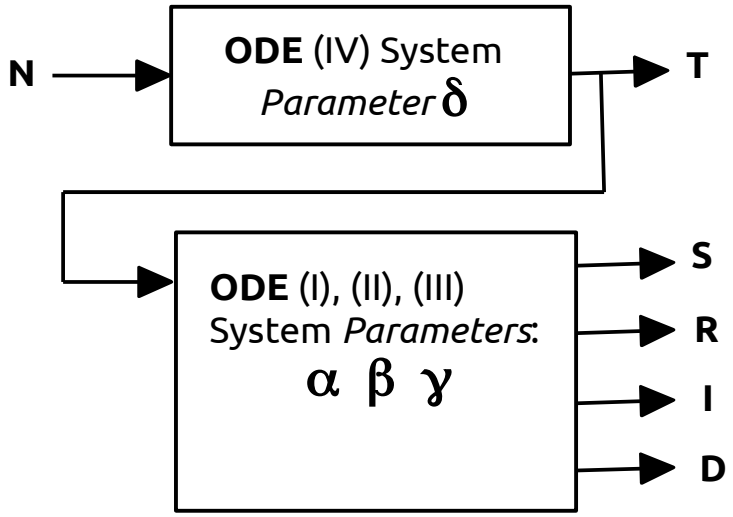
Jika ketiga permintaan itu menghasilkan jawaban AMAN, maka insya Allah Kota Makassar terhindar dari pandemi COVID-19, dan kita bolehlah kembali hidup "normal", walau pun mungkin "normal"-nya akan berbeda, menjadi *the "new normal"*.....



Gambar 11
Sketsa Kurva Jumlah Akumulasi Orang "*RT-PCR-tested*" vs "*Confirmed Positive COVID-19*"

Kurva yang di-sketsa-kan pada Gambar 11 bisa dibuat dengan menambahkan peubah baru **T** yaitu akumulasi harian jumlah orang (**bukan** jumlah ***samples***), yang dihitung dengan menambahkan parameter baru (yang juga harus di-identifikasi bersama ketiga

parameter sebelumnya), yaitu parameter δ, yang menghasilkan rumusan masalah identifikasi parameter baru sebagaimana yang digambarkan pada Gambar 12.



Gambar 12
Pendekatan Sistem yang Baru dengan Tambahan Parameter

Dengan demikian akan dihasilkan ODE orde keempat dalam model dinamik "***SRI-Death***" ***(Modified SIR Model)*** sebagai berikut:

(I) *Death Rate:* **dD/dt** = α***I**, dengan **S = (T - D) - R - I**
(II) *Rate of Change of the Infected:* **dI/dt = + [β/(T-D)]*S*I - (α + γ)*I**
(III) *Rate of Change of the Recovered:* **dR/dt** = γ***I**
(IV) *Rate of Change of the Accumulated RT-PCR-Tested:* **dT/dt** =**[δ/N]*(N-T)*T**

Peubah **T** menggantikan masukan **N** pada model "**SRI-Death**" pada Gambar 2. Jadi dari seluruh populasi (terdampak pandemi) **N**, dalam hal ini **N** di-assumsi-kan **1%** dari keseluruhan penduduk, hanya **T** yang ter-akumulasi telah di-test dengan **PCR /TCM**. Dari **T** yang telah di-test, ada **I** orang yang ter-infeksi. Kemudian dari sejumlah **I** orang yang ada **R** orang yang sembuh, ada yang meninggal (**D**), dan sisanya tetap dalam status ter-infeksi. Pada akhir dari pandemi nantinya jumlah **T** akan mendekati **N** (semua sudah di-test), sedangkan I akan mendekati nol.

Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan hasil identifikasi parameter untuk skala nasional berdasarkan data dari tanggal **14 Maret 2020** s/d **24 Mei 2020** (hari ke-**72**), dan untuk skala Sulawesi Selatan dari tanggal **20 Maret 2020** s/d **25 Mei 2020** (hari ke-**66**). Dibandingkan dengan hasil identifikasi yang ditunjukkan Tabel 1 dan Tabel 2, perubahan paling besar hanya terjadi pada identifikasi parameter β dan γ, karena pada model terdahulu semula jumlah akumulasi penularan mengacu pada jumlah **N** (yang dianggap konstan), sekarang pada model yang baru mengacu pada **T**, yang berubah secara dinamik. Terbukti dari kurva-kurva yang terlihat pada Gambar 13 s/d Gambar 16 yang tidak berbeda secara signifikan dibandingkan dengan kurva-kurva yang dihasilkan

sebelumnya. Kurva-kurva ini juga memperlihatkan apa yang diharapkan akan dihasilkan seperti yang di-sketsa-kan pada Gambar 11, yaitu bahwa kurva **I** pada awalnya mengikuti kurva **T**, sampai melewati puncaknya, baru "berpisah", kurva **T** terus naik, sedangkan kurva **I** menurun. Jika pada akhirnya nanti kurva-kurva ini tidak sesuai dengan kenyataan, berarti "intervensi" yang diterapkan berhasil mempengaruhi (efektif) pandemi ini, bisa "*better*" atau pun "*worse*".

Tabel 3 Hasil Identifikasi Parameter dengan Tambahan Parameter δ

NASIONAL	**DATA** dari **14 Mar 2020** s/d		
PARAMETER	**Selasa, Mei 05, 2020**	**Rabu, Mei 13, 2020**	**Minggu, Mei 24, 2020**
ALPHA	**0.006759980000000**	**0.005660580000000**	**0.005989380000000**
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**
*) NOT absolute (tentative)			
DEATH/MAX. INFECTED:	**57,94%**	**51,07%**	**43,75%**

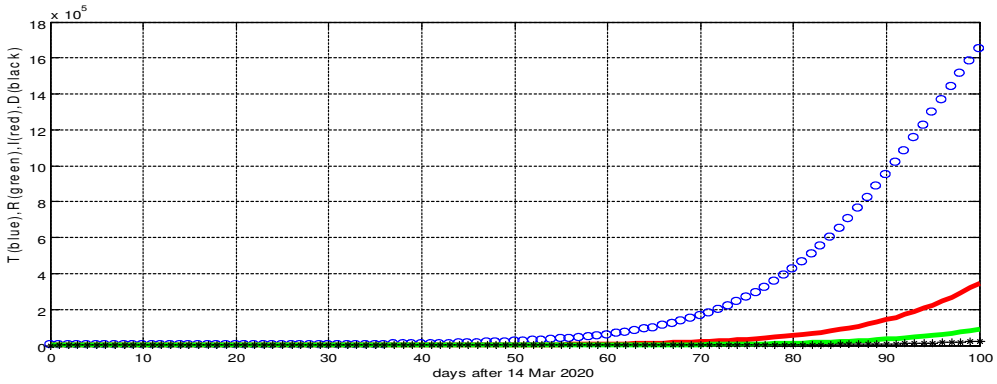
Tabel 4 Hasil Identifikasi Parameter dengan Tambahan Parameter δ

SULSEL	**DATA** dari **14 Mar 2020** s/d		
PARAMETER	**Selasa, Mei 05, 2020**	**Rabu, Mei 13, 2020**	**Senin, Mei 25, 2020**
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**
*) NOT absolute (tentative)			
DEATH/MAX. INFECTED:	**61,49%**	**38,68%**	**32,81%**

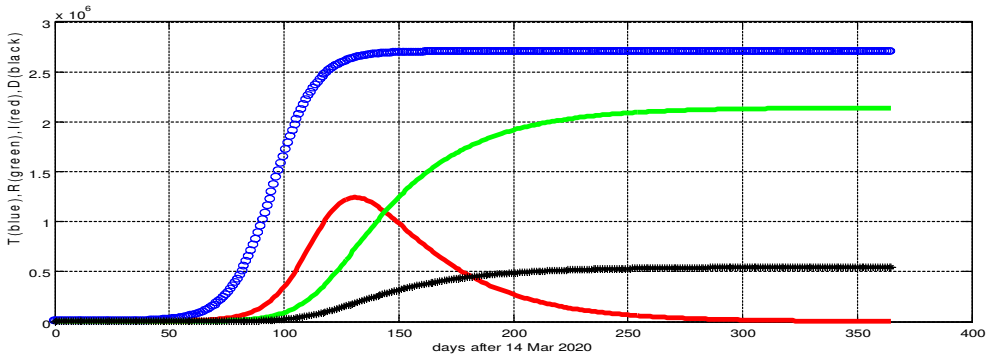
Selain parameter-parameter α, β , γ dan δ serta kurva-kurva **T**, **I**, **R** dan **D**, ada satu peubah turunan yang kurvanya bisa dijadikan rujukan untuk bahan evaluasi (dan sekali gus prediksi), yaitu perbandingan proporsional antara akumulasi jumlah orang yang positif ter-infeksi **I** terhadap jumlah orang yang telah di-test PCR/TCM, pada setiap harinya, yaitu [**I/T**] (*infected over tested*) dalam [**%**] seperti yang terlihat pada Gambar 17 s/d Gambar 20.

Kurva [**I/T**] menunjukkan bahwa pada awalnya hingga antara hari ke **60** s/d **90** [**2** s/d **3 bulan**] terjadi penurunan karena jumlah orang yang di-test (**T**) semakin banyak (dengan meningkatnya ketersediaan sarana test), tapi setelah itu, karena jumlah orang yang positif terpapar (**I**) juga meningkat menuju puncak, maka kembali terjadi kenaikan, sampai mencapai puncaknya, baru menurun sampai tidak ada lagi yang ter-infeksi (**I --> 0**) dan hampir semua orang sudah di-test (**T --> N**).

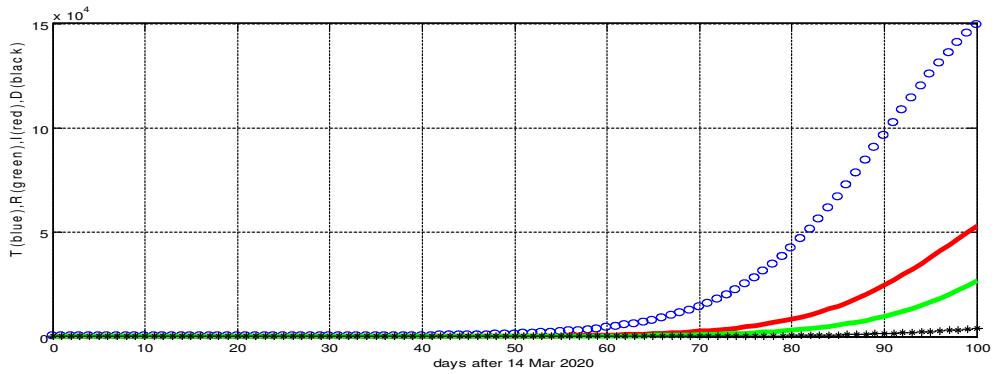
Makassar, 27 Mei 2020.



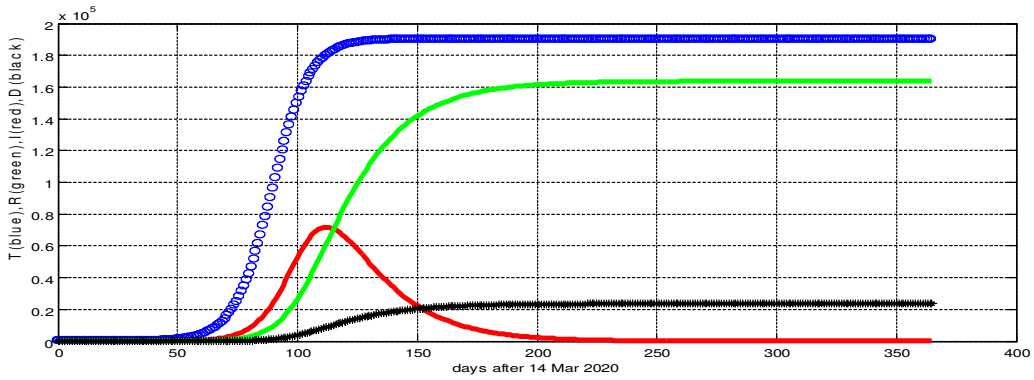
Gambar 13 Kurva **T, I, R** dan **D** untuk 100 Hari Berdasarkan Data Nasional



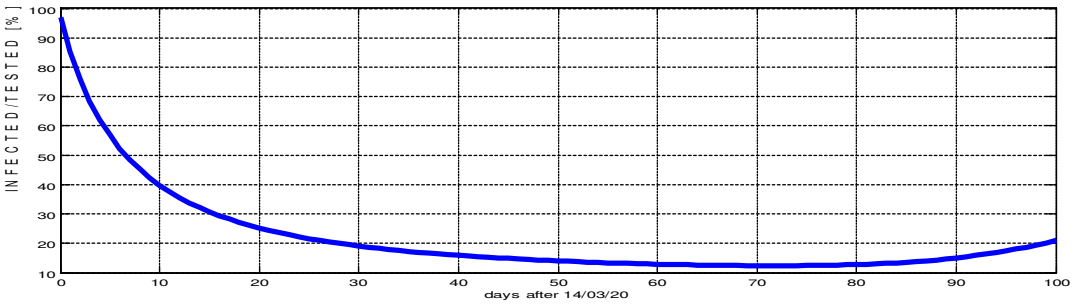
Gambar 14 Kurva **T**, **I, R** dan **D** untuk 1 Tahun Berdasarkan Data Nasional



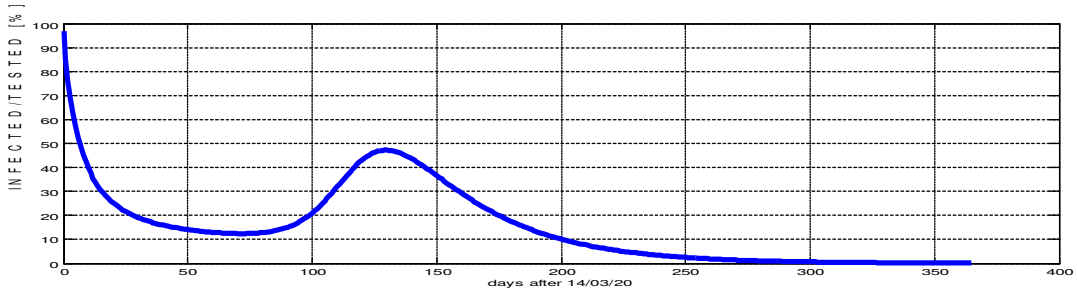
Gambar 15 Kurva **T, I, R** dan **D** untuk 100 Hari Berdasarkan Data Sulawesi Selatan



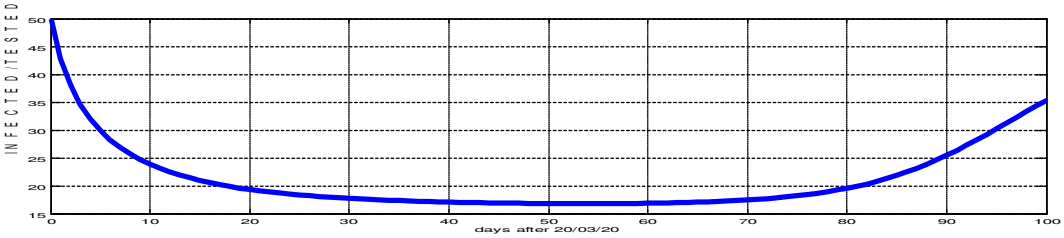
Gambar 16 Kurva **T**, **I, R** dan **D** untuk 1 Tahun Berdasarkan Data Sulawesi Selatan



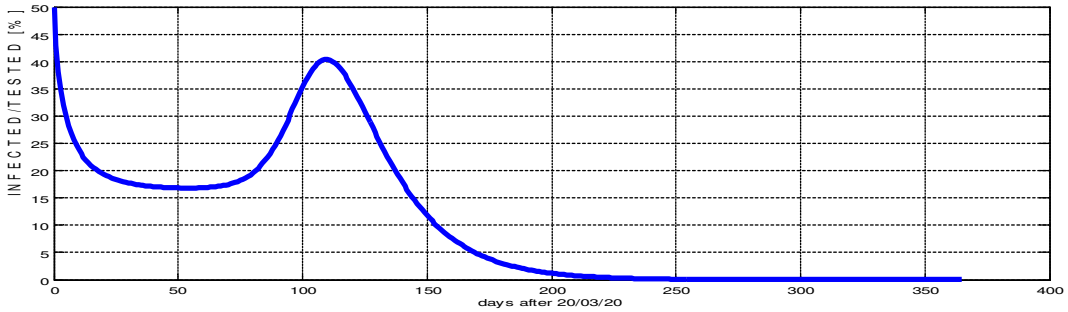
Gambar 17 Kurva **[I/T] = [*Infected over Tested*]** untuk 100 Hari Berdasarkan Data Nasional



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