

## **Analisis Kes Aktif Covid-19 Di Malaysia Menggunakan Permodelan Matematik S-I-R; Kajian Perintah Kawalan Pergerakan Fasa 1**

Azrul Azim Mohd Yunus\*<sup>1</sup>, Arif Asraf Mohd Yunus<sup>1</sup>, Muhammad Safwan Ibrahim<sup>1</sup>, Shahrina Ismail<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Matematik Kewangan, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Sains Islam Malaysia, Bandar Baru Nilai, 71800 Nilai, Negeri Sembilan, Malaysia

\* Corresponding author: azrulazim@usim.edu.my

### **Abstract**

Dalam konteks penyebaran COVID-19, permodelan matematik telah menjadi satu komponen penting dalam merangka strategi bagi mengambil langkah awal dalam menangani penularan wabak. Dalam kajian ini, model SIR (“Susceptible” – “Infected” – “Removed”) digunakan bagi meramalkan tindak balas wabak COVID-19 di Malaysia. Menggunakan data rasmi daripada Kementerian Kesihatan Malaysia, didapati kes puncak Ketika PKP 1.0 berlaku pada  $t=21$  hari (8 April 2020) dengan kadar jangkitan  $a = 0.19$ . Hasil kajian mendapati bahawa wujud perbezaan yang ketara sekiranya bilangan penduduk yang berpotensi dijangkiti  $S(0)$  dikurangkan, di mana puncak kes aktif dapat dikurangkan dengan begitu ketara (kes aktif puncak berlaku pada  $t=81$ , dengan peratusan kes berjumlah  $S(81) = 8.7\%$ ). Jadi, adalah amat penting bagi mematuhi arahan – arahan serta SOP yang digariskan oleh pihak kerajaan bagi menghentikan jangkitan pandemik COVID-19.

**Keywords:** *Model SIR, COVID-19, Perintah Kawalan Pergerakan, Malaysia.*

### **1.0 Pendahuluan**

Permodelan Matematik adalah satu cabang di mana sesuatu masalah diterjemahkan kepada formula matematik hasilnya dapat memberi sudut pandang, jawapan, serta ramalan kepada masalah yang dikaji (Pathak, Maiti, & Samanta, 2010). Para pengkaji telah menerbitkan

Manuscript Received Date: 08/10/21

Manuscript Acceptance Date: 5/12/21

Manuscript Published Date: 25/12/21

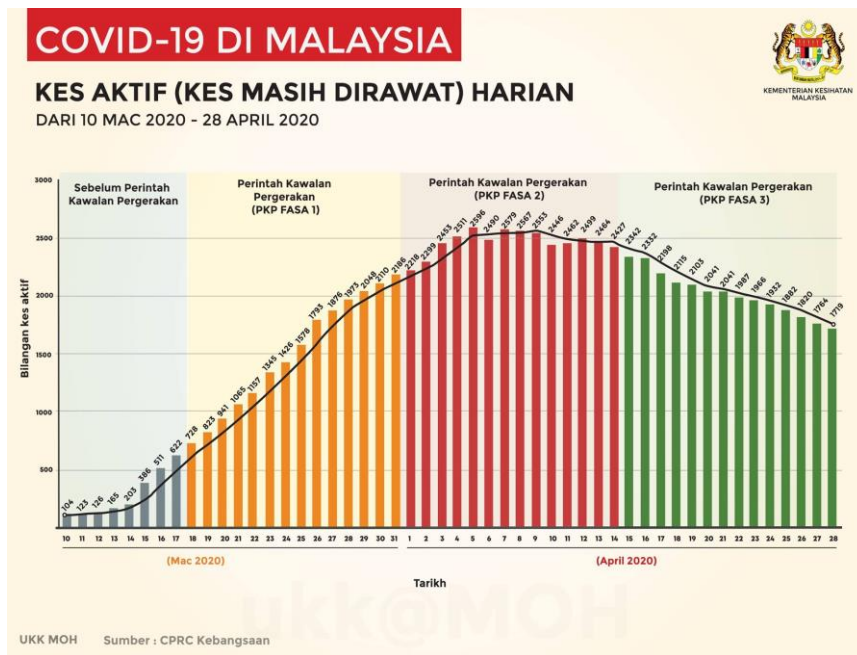
©The Author(s) (2020). Published by USIM Press on behalf of the Universiti Sains Islam Malaysia. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits non-commercial re-use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. For commercial re-use, please contact: [usimpress@usim.edu.my](mailto:usimpress@usim.edu.my)

DOI: 10.33102/uij.vol33noS4.425



satu formula matematik yang dapat menceritakan sesuatu kejadian serta menceritakan sifat masalah tersebut, dan mempersiapkan akan langkah – langkah yang patut diambil untuk mengatasi masalah tersebut (Scarf, 1997).

Pandemik COVID-19 adalah pandemik penyakit koronavirus 2019 yang berpunca daripada koronavirus sindrom pernafasan akut teruk 2 (SARS-CoV-2) yang sedang berlaku diseluruh dunia pada masa kini. Kes ini bermula di Wuhan, China pada bulan Disember 2019 dan kes pertama di Malaysia dikesan pada akhir bulan Januari 2020 (Sipalan & Holmes, 2020). **Rajah 1** menunjukkan jumlah kes aktif COVID-19 di Malaysia bermula dari 10 Mac 2020 hingga 28 April 2020. Dalam konteks penyebaran COVID-19, permodelan matematik telah menjadi satu komponen penting dalam merangka strategi bagi mengambil langkah awal dalam menangani penularan wabak. Melalui ramalan yang diterbitkan, kerajaan boleh mengambil langkah persediaan awal seperti pelaksanaan perintah kawalan pergerakan, penjarakan sosial, mewajibkan pemakaian pelitup muka dan sebagainya (Rhodes & Lancaster, 2020).



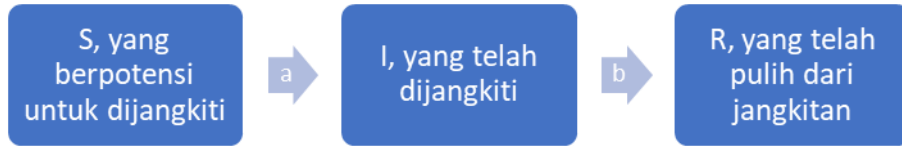
**Rajah 1.** Jumlah kes aktif di Malaysia. Data dari 10 Mac 2020 sehingga 28 April 2020 (Sumber KKM).

**2.0 Permodelan Matematik S-I-R**

Model SIR (*Susceptible – Infected – Recovered*) adalah satu bentuk permodelan matematik yang sering digunakan bagi meramalkan tindak balas sesuatu wabak (Hethcote, 2000).

Model ini terdiri daripada 3 komponen, **Susceptible** – orang yang berkemungkinan dijangkiti, **Infected** – orang yang telah dijangkiti, dan **Recovered/Removed** – Pesakit yang

telah pulih atau meninggal dunia. Daripada jangkitan awal, satu persamaan terbitan dapat diterbitkan bagi menentukan jumlah penduduk yang akan dijangkiti (Weiss, 2013).



## 2.1 Terbitan Persamaan Matematik

### a) Asumsi Pertama

Terdapat sebanyak  $n$  bilangan penduduk yang berkemungkinan untuk dijangkiti di sesuatu kawasan dan mereka ini diklasifikasikan sebagai kategori yang berpotensi untuk dijangkiti,  $S(t)$ . Bilangan ini akan sentiasa berkurangan daripada sehari ke sehari kerana telah dijangkiti. Maka persamaan yang boleh diterbitkan adalah

$$\frac{dS}{dt} = -aS(t)I(t)$$

dimana nilai pemalar  $a$  adalah kadar keberjangkitan dan  $t$  adalah indeks bagi masa;  $t = 0, 1, 2, \dots, T$ .

### b) Asumsi Kedua

Apabila terdapat penduduk yang dijangkiti, ianya akan menjangkiti mereka yang belum dijangkiti (susceptible). Bilangan mereka yang dijangkiti  $I(t)$ , akan terus meningkat. Walau bagaimanapun, nilai  $I(t)$  berkurang apabila ada di kalangan mereka yang diisytiharkan sembuh dan bebas dari jangkitan. Mereka kemudiannya akan diklasifikasikan sebagai  $R(t)$ . Persamaan yang boleh diterbitkan adalah

$$\frac{dI}{dt} = aI(t)S(t) - bI(t).$$

### c) Asumsi Ketiga

Asumsi ini mengambil kira bahawa mereka yang pulih mestilah daripada kalangan mereka yang dijangkiti. Bilangan mereka yang pulih dari jangkitan, bermula dari sifar akan sentiasa meningkat, sehinggalah semua pesakit yang dijangkiti telah sembuh. Persamaan yang dapat diterbitkan adalah

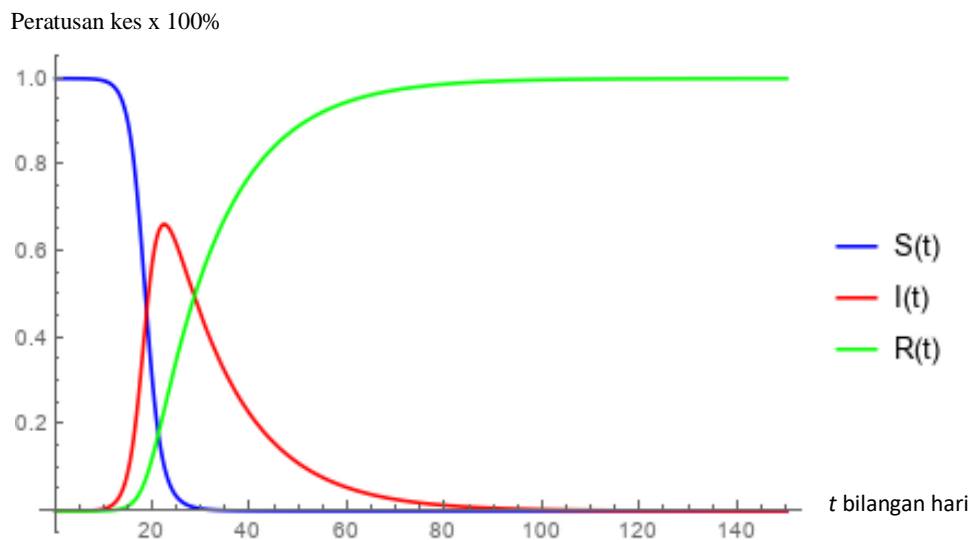
$$\frac{dR}{dt} = bI(t)$$

Ini adalah komponen-komponen penting dalam Model SIR. Pemalar  $a$  diterbitkan daripada peratusan mereka yang telah dijangkiti, manakala pemalar  $b$  boleh didapati dengan menggunakan formula  $(1/\text{tempoh inkubasi penyakit tersebut})$ . Dengan menyelesaikan

persamaan terbitan di atas, kita dapat meramalkan nilai bagi setiap *SIR* bagi sesuatu tempoh masa, seterusnya membuat ramalan bagi jumlah jangkitan *S*, jumlah yang dijangkiti *I*, dan jumlah pesakit yang sembuh *R*.

### 3.0 Analisis Data

Terdapat beberapa parameter yang perlu dikenalpasti terlebih dahulu. Sebagai contoh, anggapan yang dibuat adalah dimana sejumlah 99.999% penduduk berpotensi untuk dijangkiti, serta terdapat 0.001% kes jangkitan telah berlaku pada  $t = 0$  dan  $a = 0.69$ . Daripada data terkumpul, kita menggunakan aplikasi *Python* untuk menganalisis data tersebut.



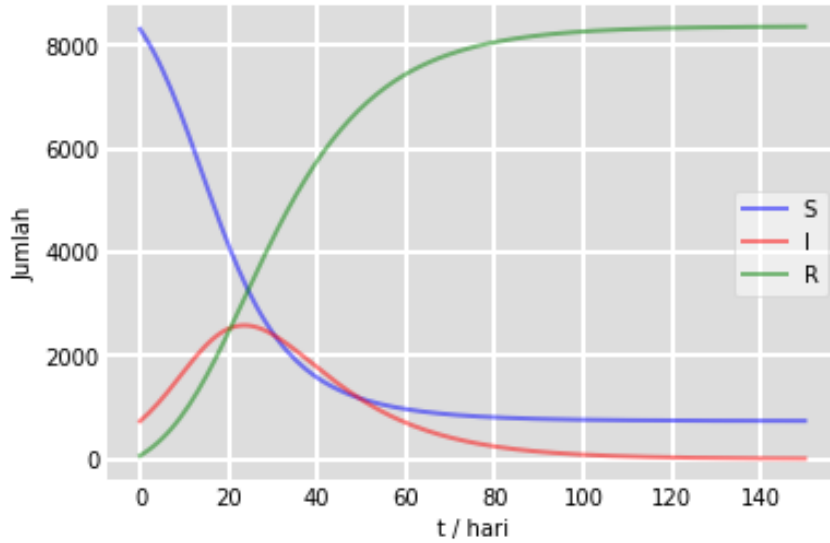
**Rajah 2.** Graf SIR yang dengan mengambil kira nilai  $a = 0.69$  dan tempoh inkubasi 14 hari,  $t=150$  hari.

#### 3.1 Perintah Kawalan Pergerakan Serta Kesannya Terhadap Kes Aktif Di Malaysia

Simulasi ini menggunakan data daripada Kementerian Kesihatan Malaysia dari tempoh 18.3.2020 sehingga 9.6.2020 (PKP – PKPB). Dengan mengambil kira Data daripada Pertubuhan Kesihatan Dunia (WHO) meletakkan tempoh inkubasi selama 14 hari bagi sesuatu jangkitan COVID-19 (Shah, et al., 2020). Bagi tujuan simulasi, kita mengambil bahawa seramai 9100 rakyat Malaysia berpotensi untuk dijangkiti, serta terdapat 728 kes jangkitan telah berlaku pada  $t = 0$  (18.3.2020). Nilai  $a$  yang diperoleh adalah **0.19**. Daripada data terkumpul, aplikasi *python* digunakan untuk menganalisis data tersebut.

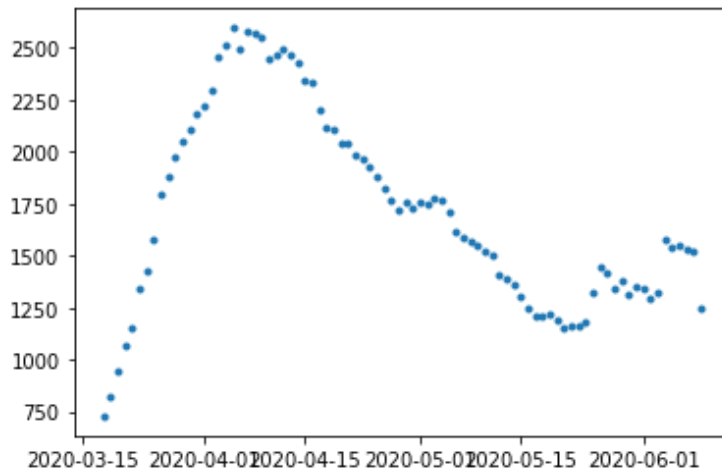
**Rajah 3** menunjukkan pola ramalan kes aktif jangkitan COVID-19. lekukan merah menunjukkan bilangan orang yang dijangkiti,  $I(t)$ , manakala lekukan hijau menunjukkan bilangan orang yang telah sembuh,  $R(t)$ . Dapat dilihat bahawa kes aktif dengan

kebolehjangkitan COVID-19 akan mencapai puncak pada  $t = 21$  hari (menjelang pertengahan April).

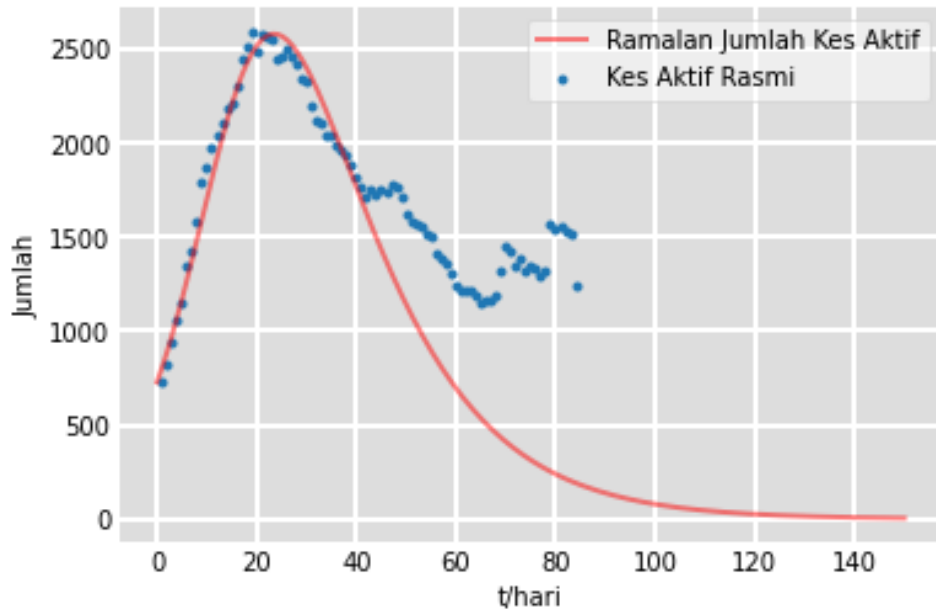


**Rajah 3.** Graf SIR yang dengan kadar jangkitan,  $a = 0.19$  dan tempoh inkubasi 14 hari, untuk  $t$  150 hari.

Taburan kes sebenar kes aktif COVID-19 boleh dilihat pada **Rajah 4**. **Rajah 5** menunjukkan perbandingan diantara data ramalan dengan data sebenar yang dilaporkan.



**Rajah 4.** Taburan kes aktif COVID-19 di Malaysia (dari 18.3.2020 hingga 9.6.2020)

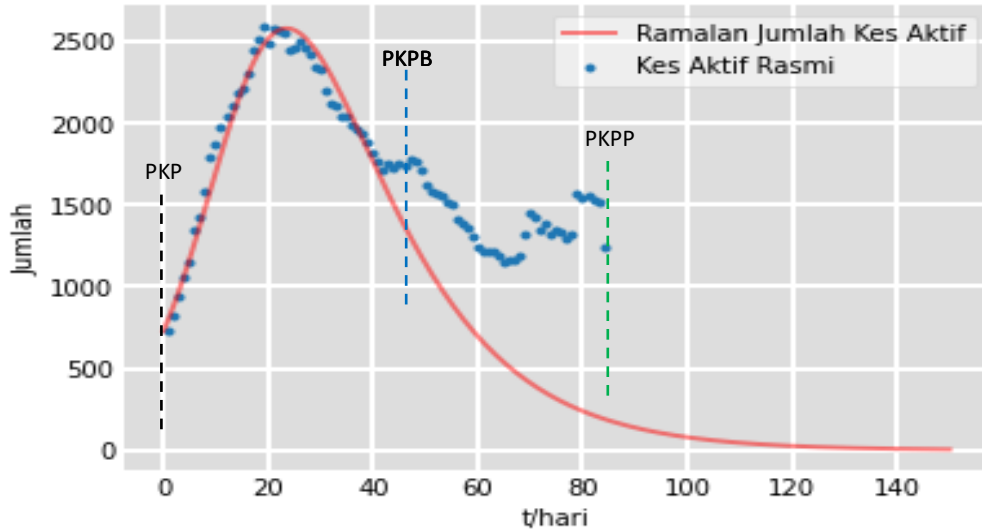


**Rajah 5.** Perbandingan Jumlah Kes Aktif Ramalan serta Kes Aktif Rasmi

#### 4.0 Perbincangan.

Merujuk kepada Rajah 5, dapat disimpulkan bahawa permodelan matematik SIR dapat meramalkan trend kes aktif jangkitan COVID-19. Walaubagaimanapun, terdapat perbezaan ketara selepas hari ke 40 ( $t > 41$  hari). Hal ini berkemungkinan berpunca daripada lambat pengesanan kes di kalangan pekerja asing (Wahab, 2020). Kes yang tidak dilaporkan ini akan menyebabkan wujudnya kes baru serta menyumbang kepada kenaikan kes aktif COVID-19 di Malaysia (Liu, et. al., 2021).

Pekerja asing merupakan golongan yang berisiko tinggi untuk dijangkiti disebabkan oleh persekitaran tempat tinggal mereka (Theng, et. al., 2020). Tindakan segera perlu diambil bagi membendung penularan sebelum mengakibatkan masalah teruk berlaku (Daniel, et. al., 2020). Perancangan bagi memberi kebenaran pembukaan aktiviti ekonomi haruslah dibuat dengan tekuti kerana ianya boleh menyumbang kepada kenaikan kes positif (Imran, et. al., 2021). seperti yang dapat dilihat pada **Rajah 6** Pembukaan beberapa aktiviti ekonomi selaras peralihan ke fasa PKPB dari PKPB secara tidak langsung menyumbang kepada peningkatan kes positif COVID-19.



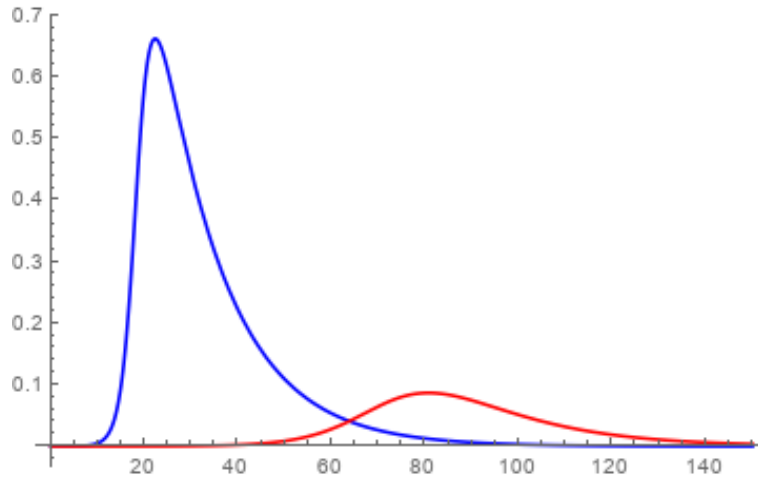
**Rajah 6.** Garis masa pelaksanaan PKP/PKPB/PKPP

### 5.0 Kaedah Menangani Wabak Menurut Islam.

*“Apabila kamu mendengar bahawa taun menimpa sesuatu tempat maka janganlah kamu masuk ke dalam kawasan tersebut. Dan apabila kamu berada dalam kawasan yang terdapat padanya taun, janganlah kamu keluar daripadanya.”*

**[Riwayat Al-Bukhari]**

Daripada hadis di atas, Rasulullah S.A.W menganjurkan untuk mengelakkan daripada memasuki kawasan berlakunya wabak. Ini selaras dengan harapan daripada pelaksanaan PKP, serta untuk melandaikan lekuk jangkitan (*flattening the curve*). Strategi pelaksanaan PKP dapat mengurangkan jumlah penduduk berisiko untuk dijangkiti serta mengelakkan jangkitan baru di komuniti baru. Malah, pelanjutan PKP adalah selaras dengan nasihat Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO) yang mengesa semua untuk tidak menarik balik PKP di negara masing-masing sehingga ancaman wabak COVID-19 dapat dibendung sepenuhnya. Meskipun penularan wabak COVID-19 di Malaysia didapati agak terkawal dengan usaha mantap yang dilaksanakan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM), penularan wabak itu masih berada dalam peringkat pertengahan dan berkemungkinan besar kebolehjangkitan terus berlaku daripada kes sporadik sekiranya SOP tidak dipatuhi oleh penduduk Malaysia.



**Rajah 7.** Graf SIR dengan mengambil kira  $a = 0.69$ , tempoh inkubasi 14 hari.  $S(0) = 100\%$  (graf biru) dan  $S(0) = 30\%$  (graf merah).

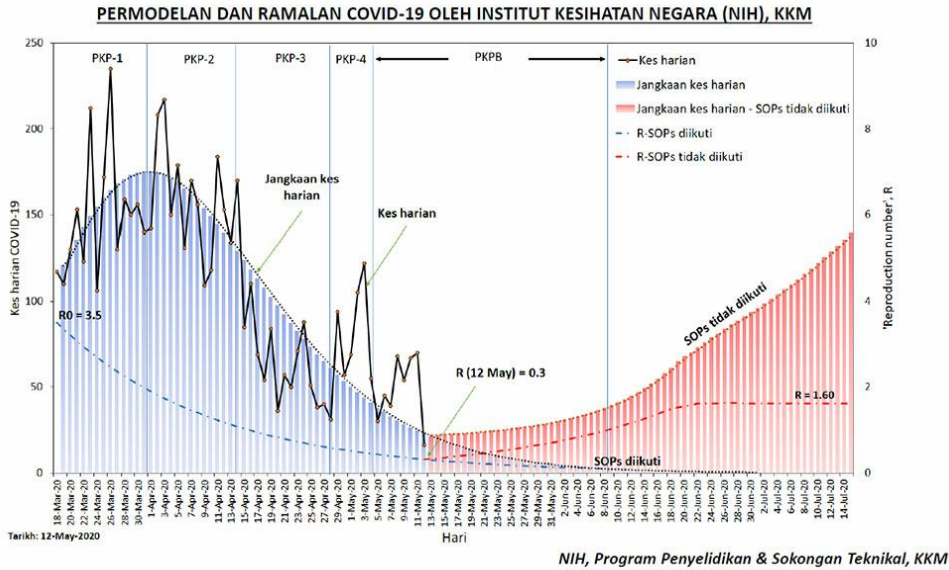
Daripada **Rajah 7**, terdapat perbezaan yang ketara sekiranya bilangan penduduk yang berpotensi dijangkiti  $S(0)$  dikurangkan, di mana puncak kes aktif dapat dikurangkan dengan begitu ketara (kes aktif puncak berlaku pada  $t=81$ , dengan peratusan kes berjumlah  $S(81) = 8.7\%$ ). Strategi ini penting bagi memastikan semua hospital di Malaysia mempunyai kapasiti yang cukup bagi merawat pesakit COVID-19.

## 7.0 Penutup

Model matematik SIR bukan lah suatu model yang tepat kerana kelemahan di peringkat asumsi awal serta keadaan yang berlaku pada persekitaran sebenar (Adamu, Muhammad, M.Jingi, & Usman, 2019). Banyak kajian yang telah dilakukan dengan mengambil kira faktor – faktor lain seperti kadar pertumbuhan penduduk, kadar pendedahan kepada mereka yang dijangkiti serta kadar kematian. Walaubagaimanapun, model ini dapat menggambarkan sifat jangkitan sesuatu wabak.

**Rajah 8** memaparkan ramalan dan statistik kes harian yang diperolehi daripada Institut Kesihatan Negara, Kementerian Kesihatan Malaysia yang telah menjalankan permodelan SEIR. Permodelan ini membantu pihak Kementerian Kesihatan Malaysia untuk memastikan sektor kesihatan tidak lumpuh apabila gelombang COVID-19 melanda. Gambaran awal ini juga telah digunakan oleh Kerajaan Malaysia dalam mengisytiharkan perintah kawalan pergerakan diperketatkan atau perintah kawalan pergerakan bersyarat. Walaupun permodelan SEIR ini tidak mempunyai ketepatan yang jitu oleh kerana sifat COVID-19 yang amat dinamik, namun ianya masih dapat digunakan bagi mempersiapkan siagakan keupayaan pertahanan kesihatan.





**Rajah 8.** Jumlah kes harian di Malaysia (Sumber KKM).

COVID-19 merupakan wabak baharu yang masih dikaji oleh para saintis, di mana sifat virus ini masih lagi belum diketahui sepenuhnya. Vaksin serta ubat juga masih lagi dalam peringkat ujian. Oleh sebab itu, apa yang boleh dilakukan oleh rakyat Malaysia adalah dengan mengambil langkah berjaga – jaga dengan mematuhi SOP yang telah digariskan oleh kerajaan. Salah satu indikator penting dalam meramalkan jangkitan COVID-19 adalah  $R_0$  (Baum, Pasvol, & Carter, 2020) yang diberikan oleh persamaan

$$R_0 = \frac{aS_0}{b}$$

Dengan melihat persamaan  $R_0$ , memandangkan vaksin/ubat bagi COVID-19 belum ditemui, kita hanya dapat menurunkan nilai bagi  $S_0$  serta pemalar  $a$ . Bilangan  $S_0$  dapat dikurangkan dengan melaksanakan PKP, melakukan pengesanan kontak rapat dengan aktif serta mengasingkan mereka yang berisiko tinggi. Pengesanan kontak rapat dapat dilakukan dengan mudah selepas Malaysia melancarkan aplikasi MySejahtera yang dibangunkan oleh Kerajaan Malaysia untuk membantu dalam pengawasan penularan wabak COVID-19 di dalam negara. Pada masa yang sama, ia membantu Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM) mendapat maklumat awal untuk mengambil tindakan yang cepat dan berkesan. Selain daripada itu, nilai pemalar  $a$  boleh dikurangkan sekiranya SOP dipatuhi seperti memakai pelitup muka di tempat awam, kerap mencuci tangan dengan sabun atau cecair disinfeksi dan mengamalkan penjarakan sosial. Jadi, adalah amat penting bagi mematuhi arahan – arahan serta pesanan daripada pihak kerajaan bagi memastikan nilai  $R_0 < 1$ , seterusnya menghentikan jangkitan pandemik COVID-19. Semoga Malaysia berjaya menghentikan jangkitan wabak COVID-19.

## Acknowledgement

Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada para penulis di atas input yang diberikan dalam usaha menyiapkan artikel ini.

---

## Rujukan

- Adamu, H. A., Muhammad, M., M.Jingi, A. M., & Usman, M. A. (2019). Mathematical modelling using improved SIR model with more realistic assumptions. *International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS)*, 6. doi:10.31873/ijeas.6.1.22
- Baum, J., Pasvol, G., & Carter, R. (2020). The R0 journey: from 1950s malaria to COVID-19. *Nature*, 582, 488-488. doi:10.1038/d41586-020-01882-9
- Danial, M., Arulappen, A. L., Ch'ng, A. S. H., & Looi, I. (2020). Mitigation of COVID-19 clusters in Malaysia. *Journal of Global Health*, 10(2).
- Hethcote, H. W. (2000). The Mathematics of Infectious Diseases. *SIAM Review*, 42, 599-653.
- Imran, M. K., Ariffin, W. N., Hafiz, M. M., Jamiluddin, S., Ahmad, N. A., Wee, C. X., & Bulgiba, A. (2021). Measuring time-varying effective reproduction (Rt) numbers for COVID-19 and their relationship with movement control order (MCO) in Malaysia.
- Liu, Z., Magal, P., Seydi, O., & Webb, G. (2020). Understanding unreported cases in the COVID-19 epidemic outbreak in Wuhan, China, and the importance of major public health interventions. *Biology*, 9(3), 50.
- Pathak, S., Maiti, A., & Samanta, G. P. (2010). Rich dynamics of an SIR epidemic model. *Nonlinear Analysis: Modelling and Control*, 15, 71-81. doi:10.15388/na.2010.15.1.14365
- Rhodes, T., & Lancaster, K. (2020). Mathematical models as public troubles in COVID-19 infection control: following the numbers. *Health Sociology Review*, 29, 177-194. doi:10.1080/14461242.2020.1764376
- Salim, N., Chan, W. H., Mansor, S., Bazin, N. E., Amaran, S., Faudzi, A. A., Shithil, S. M. (2020). *COVID-19 epidemic in Malaysia: Impact of lock-down on infection dynamics*. Cold Spring Harbor Laboratory [pre-print]. doi:10.1101/2020.04.08.20057463
- Scarf, P. A. (1997). On the application of mathematical models in maintenance. *European Journal of Operational Research*, 99, 493-506. doi:10.1016/s0377-2217(96)00316-5.
- Shah, A. U., Safri, S. N., Thevadas, R., Noordin, N. K., Rahman, A. A., Sekawi, Z., Sultan, M. T. (2020). COVID-19 outbreak in Malaysia: Actions taken by the Malaysian government. *International Journal of Infectious Diseases*, 97, 108-116. doi: 10.1016/j.ijid.2020.05.093
- Sipalan, J. & Holmes, S. (2020, January 25). Malaysia confirms first cases of coronavirus infection. *Reuters*. <https://www.reuters.com/article/china-health-malaysia/malaysia-confirms-first-cases-of-coronavirus-infection-idUSL4N29U03A>
- Theng, T. T., Noor, N. M., & Khalidi, J. R. (2020). Covid-19: We Must Protect Foreign Workers, *Khazanah Research Institute Discussion Paper*, 20(8).
- Wahab, A. (2020). The outbreak of Covid-19 in Malaysia: pushing migrant workers at the margin. *Social Sciences & Humanities Open*, 2(1), 100073.

Weiss, H. H. (2013). The SIR model and the Foundations of Public Health. *MATerials MATemàtics*, 3, 1-17.