

Analisis Jenis-Jenis Kanker Terbesar di Indonesia dengan Model SIR

Gita Sakinah*, Widya Afriani, Syipa Arista Widya, Fajar Faturrahman

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia

Email: sakinahgita42@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis dinamika penyebaran dan pemulihan tiga jenis kanker terbesar di Indonesia—kanker payudara, paru-paru, dan serviks—menggunakan Model SIR (Susceptible-Infected-Recovered). Model ini memetakan populasi menjadi tiga kompartemen: rentan, terinfeksi, dan pulih, dengan parameter utama laju infeksi dan laju pemulihan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kanker payudara memiliki laju infeksi rendah, dengan penurunan kasus aktif dan peningkatan pemulihan secara bertahap. Sebaliknya, kanker paru-paru menunjukkan laju infeksi yang lebih tinggi dan durasi infeksi lebih lama, namun pemulihan tetap meningkat secara progresif. Kanker serviks, dengan laju infeksi rendah dan periode infeksi singkat, menunjukkan pengurangan infeksi dan peningkatan pemulihan yang stabil. Temuan ini menegaskan pentingnya deteksi dini dan intervensi cepat dalam pengendalian kanker. Model SIR menawarkan kerangka kerja strategis untuk perencanaan layanan kesehatan, alokasi sumber daya berbasis data, dan pengembangan kebijakan kesehatan di Indonesia, sekaligus memberikan wawasan untuk mengoptimalkan pengendalian penyakit dan memperkirakan kebutuhan sumber daya kesehatan di masa depan.

Kata kunci: dinamika penyebaran kanker; kanker di Indonesia; model SIR; pemulihan kanker

ABSTRACT

This study analyzes the dynamics of the spread and recovery of the three largest cancer types in Indonesia—breast, lung, and cervical cancers—using the SIR (Susceptible-Infected-Recovered) Model. The model maps the population into three compartments: susceptible, infected, and recovered, with the main parameters of infection rate and recovery rate. The simulation results show that breast cancer has a low infection rate, with a decrease in active cases and a gradual increase in recovery. In contrast, lung cancer shows a higher infection rate and longer duration of infection, but recovery still increases progressively. Cervical cancer, with a low infection rate and short infection period, showed a reduction in infection and a steady increase in recovery. These findings emphasize the importance of early detection and rapid intervention in cancer control. The SIR model offers a strategic framework for health service planning, data-driven resource allocation, and health policy development in Indonesia, while providing insights to optimize disease control and forecast future health resource requirements.

Keywords: cancer spread dynamics; cancer in Indonesia; SIR model; cancer recovery

Copyright © 2025 by Authors, Published by JRMM Group. This is an open access article under the CC BY-SA License (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

PENDAHULUAN

Penyakit kanker terjadi ketika sel-sel tubuh berkembang secara tidak terkendali dan menyebar ke bagian tubuh lainnya. Kanker dapat bermula hampir di seluruh bagian tubuh yang terdiri atas triliunan sel. Dalam kondisi normal, sel tubuh mengalami pembelahan secara teratur, mati ketika rusak atau tua, dan digantikan oleh sel baru. Namun, pada kanker, proses ini terganggu, menghasilkan pertumbuhan sel abnormal yang membentuk tumor, baik bersifat jinak maupun ganas [1].

Di Indonesia, kanker menjadi penyebab kematian ketujuh dan secara global menempati urutan kedua. Berdasarkan data WHO, lebih dari 70% kasus kanker terjadi di negara berkembang, termasuk Indonesia [2], [3]. Pada tahun 2012 saja, tercatat 8,2 juta kematian akibat kanker di seluruh dunia [4]. WHO juga mencatat bahwa 1 dari 5 pria dan 1 dari 6 wanita akan menderita kanker sepanjang hidup mereka, dengan kanker payudara, paru-paru, dan serviks menjadi jenis paling umum di Indonesia [5], [6].

Kanker payudara merupakan jenis kanker yang paling banyak ditemukan pada perempuan Indonesia. Faktor-faktor seperti kurangnya deteksi dini, keterlambatan pengobatan, dan keterbatasan fasilitas kesehatan menjadi penyebab tingginya angka kematian akibat kanker payudara [7], [8]. Berbagai studi menunjukkan bahwa intervensi dini dapat menurunkan angka mortalitas secara signifikan [9], [10].

Masalah penanganan kanker di Indonesia semakin kompleks akibat tantangan geografis, sosial ekonomi, dan variasi akses terhadap layanan kesehatan. Di berbagai wilayah, prevalensi kanker bervariasi tergantung faktor budaya, gaya hidup, serta kebiasaan lokal [11]. Oleh karena itu, pemahaman terhadap penyebaran kanker memerlukan pendekatan yang berbasis data dan analisis kuantitatif yang memadai.

Pemodelan matematika telah menjadi alat penting dalam analisis epidemiologi penyakit, termasuk kanker [12]. Salah satu model yang telah diadaptasi untuk analisis kanker adalah model SIR (Susceptible, Infected, Recovered), yang awalnya digunakan untuk memodelkan penyebaran penyakit menular [13], [14]. Model ini memungkinkan visualisasi dan prediksi terhadap dinamika penyebaran kanker melalui tiga kompartemen populasi: individu rentan (S), penderita (I), dan individu sembuh atau meninggal (R).

Model SIR dapat dimodifikasi untuk penyakit tidak menular dengan menyesuaikan parameter seperti laju infeksi dan pemulihan berdasarkan data kanker yang relevan. Penelitian oleh Azirah Amri dan Yuliani [15] serta Nunuvero et al. [16] menunjukkan efektivitas model ini dalam menganalisis prevalensi kanker serviks dan peran deteksi dini.

METODE

Untuk menyelesaikan berbagai persoalan dalam bidang sains, teknik, kedokteran, dan ekonomi, pemodelan matematika telah menjadi alat bantu yang efektif. Pemodelan ini dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis: memahami fenomena nyata, menyusunnya menjadi model matematika, membuat asumsi yang relevan, menyusun sistem persamaan atau ketaksamaan, menyelesaikannya secara analitik atau numerik, serta menginterpretasikan solusi untuk diaplikasikan kembali ke dalam konteks nyata [6].

Salah satu bidang yang banyak menggunakan pendekatan ini adalah epidemiologi kanker. Penelitian ini secara khusus menganalisis dinamika tiga jenis kanker yang paling umum di Indonesia, yaitu kanker payudara, kanker paru-paru, dan kanker serviks, dengan menggunakan pendekatan Model SIR (Susceptible, Infected, Recovered) yang

dimodifikasi. Meskipun awalnya dirancang untuk memodelkan penyakit menular, model ini telah terbukti dapat diadaptasi untuk menganalisis penyakit tidak menular seperti kanker [5], [13].

Model SIR membagi populasi menjadi tiga kelompok kompartemen utama:

- 1) S (Susceptible): individu yang rentan terhadap kanker,
- 2) I (Infected): individu yang telah terdiagnosis menderita kanker, dan
- 3) R (Recovered): individu yang telah sembuh atau meninggal akibat kanker.

Model ini direpresentasikan dalam bentuk sistem persamaan diferensial biasa:

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI, \quad \frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I, \quad \frac{dR}{dt} = \gamma I$$

dengan β adalah laju infeksi atau laju individu yang didiagnosis kanker, γ adalah laju pemulihan atau mortalitas akibat kanker.

Parameter β dan γ dikalibrasi berdasarkan data epidemiologi yang diperoleh dari Kementerian Kesehatan RI, WHO, serta laporan dari Globocan [8]. Data mencakup informasi tahunan mengenai insidensi, prevalensi, dan kematian akibat kanker berdasarkan jenis dan wilayah. Kalibrasi parameter dilakukan dengan pendekatan regresi nonlinier terhadap data aktual.

Simulasi model dilakukan menggunakan perangkat lunak pemrograman seperti MATLAB atau Python, yang memungkinkan visualisasi kurva dinamika populasi S, I, dan R terhadap waktu. Hasil simulasi dianalisis untuk melihat kecenderungan peningkatan kasus, efektivitas intervensi dini, serta potensi dampak kebijakan pencegahan kanker di masa depan.

Model ini juga dianalisis sensitivitasnya terhadap variasi parameter, seperti peningkatan upaya deteksi dini (penurunan β) dan peningkatan kualitas pengobatan (peningkatan γ). Dengan pendekatan ini, diharapkan diperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai efektivitas intervensi kebijakan dalam menekan angka prevalensi dan mortalitas kanker di Indonesia [10], [15].

Selain dari sumber data utama, penelitian ini juga merujuk pada beberapa literatur terkait pemodelan kanker yang telah digunakan di berbagai negara untuk pembandingan dan validasi model [14].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan data sebagai berikut:

1. Data yang digunakan

Ada beberapa jenis kanker yang dianalisis dari banyaknya kasus kanker yang ada, diantaranya yaitu, kanker payudara, kanker paru-paru, dan kanker serviks. Berdasarkan ketiga jenis kanker tersebut, didapatkan data terdiagnosis sebanyak 142.139.

Tabel 1. Data Statistik Tiga Jenis Kanker di Indonesia

Jenis Kanker	Kasus Baru	Populasi Rentan	Jumlah Kematian	Jumlah Sembuh
Kanker Payudara	66.271	209.748	22.598	43.673
Kanker Paru-paru	38.904	51.194	34.339	4.565
Kanker Serviks	36.964	120.940	20.708	16.256

2. Estimasi Parameter

a. Kanker payudara

1. Menentukan laju infeksi (β)

$$\beta = \frac{\text{kasus baru}}{\text{populasi rentan} \times \text{terdiagnosis kanker}} \beta = \frac{66.271}{209.748 \times 142.139} = 0,00000223$$

2. Menentukan laju pemulihan (γ)

$$\gamma = \frac{\text{jumlah sembuh}}{\text{terdiagnosis kanker}} \\ \gamma = \frac{43.673}{142.139} = 0,3$$

- b. Kanker paru-paru

1. Menentukan laju infeksi (β)

$$\beta = \frac{\text{kasus baru}}{\text{populasi rentan} \times \text{terdiagnosis kanker}} \beta = \frac{38.904}{51.194 \times 142.139} = 0,00000534$$

2. Menentukan laju pemulihan (γ)

$$\gamma = \frac{\text{jumlah sembuh}}{\text{terdiagnosis kanker}} \\ \gamma = \frac{4.565}{142.139} = 0,032$$

- c. Kanker serviks

1. Menentukan laju infeksi (β)

$$\beta = \frac{\text{kasus baru}}{\text{populasi rentan} \times \text{terdiagnosis kanker}} \beta = \frac{36.964}{120.940 \times 142.139} = 0,00000215$$

2. Menentukan laju pemulihan (γ)

$$\gamma = \frac{\text{jumlah sembuh}}{\text{terdiagnosis kanker}} \\ \gamma = \frac{16.256}{142.139} = 0,11$$

3. Model SIR

Tabel 2. Model SIR Kanker Payudara

waktu (t)	S (t)	I (t)	R (t)
0	143.477	66.271	0
1	143476,8989	44180,76776	22090,33333
2	143476,8315	29453,91257	36817,25592
3	143476,7866	19635,98664	46635,22677
4	143476,7566	13090,68771	53180,55565
5	143476,7367	8727,145111	57544,11823
6	143476,7234	5818,110053	60453,1666
7	143476,7145	3878,74891	62392,53661
8	143476,7086	2585,838524	63685,45292
9	143476,7046	1723,896294	64547,39909
10	143476,702	1149,266825	65122,03119
11	143476,7002	766,1796367	65505,12013
12	143476,6991	510,7875932	65760,51334
13	143476,6983	340,5258413	65930,77587
14	143476,6978	227,017747	66044,28449
15	143476,6974	151,345511	66119,95707
16	143476,6972	100,8972382	66170,40557

waktu (t)	S (t)	I (t)	R (t)
17	143476,697	67,26497935	66204,03799
18	143476,6969	44,84342218	66226,45965
19	143476,6969	29,89568319	66241,40745
20	143476,6968	19,93050106	66251,37268
21	143476,6968	13,28703111	66258,01618
22	143476,6968	8,858041009	66262,44519
23	143476,6968	5,905374185	66265,39787
24	143476,6967	3,936925131	66267,36633
25	143476,6967	2,62462276	66268,67864
26	143476,6967	1,74975251	66269,55351
27	143476,6967	1,166504342	66270,13676
28	143476,6967	0,777671341	66270,5256
29	143476,6967	0,518448747	66270,78482
30	143476,6967	0,345633289	66270,95764

Berdasarkan tabel pengolahan data, dengan laju kontak sukses (β) = 0,00000223, periode infeksi (delta) = 3 hari, dan total populasi = 209.748. menunjukkan bahwa perkembangan jumlah populasi yang rentan (S), terinfeksi (I), dan pulih (R) selama kurun waktu 1 bulan atau 30 hari. Pada hari pertama, terdapat sekitar 143.477 orang berada dalam kategori rentan (S), kemudian terdapat sekitar 66.271 orang terinfeksi (I), dan tidak ada yang pulih pada hari pertama (R=0). Dari hasil pengolahan data tersebut, terjadi penurunan jumlah yang terinfeksi (I) secara bertahap, dan juga terjadi peningkatan populasi yang pulih.

Tabel 3. Model SIR Kanker Paru-Paru

Waktu (t)	S (t)	I (t)	R (t)
0	12.290	38.904	0
1	12289,95013	37649,08213	1254,967742
2	12289,90186	36434,64388	2469,454262
3	12289,85515	35259,37949	3644,765355
4	12289,80995	34122,02535	4782,164693
5	12289,76621	33021,3586	5882,875189
6	12289,72388	31956,19581	6948,080305
7	12289,68292	30925,39175	7978,925331
8	12289,64327	29927,83812	8976,518613
9	12289,60491	28962,46235	9941,932746
10	12289,56778	28028,2265	10876,20573
11	12289,53185	27124,12609	11780,34206
12	12289,49708	26249,18905	12655,31387
13	12289,46343	25402,47466	13502,06191
14	12289,43087	24583,07256	14321,49657
15	12289,39935	23790,10173	15114,49891
16	12289,36886	23022,70959	15881,92155
17	12289,33934	22280,07105	16624,5896
18	12289,31078	21561,38765	17343,30157

Waktu (t)	S (t)	I (t)	R (t)
19	12289,28314	20865,88665	18038,83021
20	12289,2564	20192,82028	18711,92332
21	12289,23051	19541,46487	19363,30462
22	12289,20546	18911,12008	19993,67446
23	12289,18122	18301,10819	20603,71059
24	12289,15776	17710,77332	21194,06892
25	12289,13506	17139,48076	21765,38419
26	12289,11309	16586,61625	22318,27066
27	12289,09182	16051,58538	22853,3228
28	12289,07125	15533,81288	23371,11588
29	12289,05134	15032,74205	23872,20661
30	12289,03207	14547,83416	24357,13378

Berdasarkan tabel pengolahan data, dengan laju kontak sukses (β) = 0,00000534, periode infeksi (delta) = 31 hari, dan total populasi = 51.194, tabel ini melacak perubahan populasi yang rentan (S), terinfeksi (I), dan pulih (R) selama 30 hari. Hari pertama menunjukkan bahwa terdapat 12.290 orang yang rentan, dan 38.904 yang terinfeksi tanpa adanya pulih.

Tabel 4. Model SIR Kanker Serviks

Waktu (t)	S (t)	I (t)	R (t)
0	83.976	36.964	0
1	83975,94482	32856,94407	4107,111111
2	83975,89577	29206,22156	7757,882675
3	83975,85216	25961,12943	11003,0184
4	83975,81341	23076,59825	13887,58834
5	83975,77896	20512,56623	16451,65481
6	83975,74834	18233,42283	18730,82884
7	83975,72111	16207,51418	20756,76471
8	83975,69692	14406,70346	22557,59962
9	83975,67541	12805,98014	24158,34445
10	83975,65629	11383,11258	25581,23113
11	83975,6393	10118,33928	26846,02141
12	83975,6242	8994,094469	27970,28134
13	83975,61077	7994,764067	28969,62517
14	83975,59883	7106,468883	29857,93228
15	83975,58822	6316,871839	30647,53994
16	83975,57879	5615,00662	31349,41459
17	83975,57041	4991,125378	31973,30421
18	83975,56296	4436,563343	32527,8737
19	83975,55634	3943,618483	33020,82518
20	83975,55045	3505,444539	33459,00501
21	83975,54522	3115,955935	33848,49885
22	83975,54056	2769,74326	34194,71617
23	83975,53643	2461,998144	34502,46543

Waktu (t)	S (t)	I (t)	R (t)
24	83975,53275	2188,44647	34776,02078
25	83975,52949	1945,289018	35019,18149
26	83975,52658	1729,148698	35235,32472
27	83975,524	1537,023646	35427,45235
28	83975,52171	1366,245536	35598,23276
29	83975,51967	1214,442516	35750,03782
30	83975,51785	1079,506272	35884,97587

Berdasarkan tabel pengolahan data, dengan laju kontak sukses (β) = 0,00000215, periode infeksi (delta) = 9 hari, dan total populasi = 120.940, tercatat perkembangan populasi rentan (S), terinfeksi (I), dan pulih (R) selama 30 hari. Pada hari pertama menunjukkan 83.976 orang rentan dan 36.964 terinfeksi tanpa ada yang pulih.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis menggunakan Model SIR (Susceptible-Infected-Recovered) untuk tiga jenis kanker terbesar di Indonesia (kanker payudara, paru-paru, dan serviks), dapat disimpulkan bahwa model ini efektif untuk menggambarkan dinamika penyebaran dan pemulihan kanker. Kanker payudara menunjukkan laju kontak sukses yang rendah, dengan penurunan kasus aktif secara bertahap dan pemulihan yang stabil. Kanker paru-paru, dengan laju infeksi yang lebih tinggi, memiliki potensi penyebaran lebih luas dan durasi infeksi yang lebih lama, meskipun tingkat pemulihan meningkat secara bertahap. Sementara itu, kanker serviks menunjukkan penurunan infeksi dan peningkatan pemulihan yang stabil, dengan periode infeksi yang lebih singkat, mencerminkan efektivitas penanganan. Temuan ini menekankan pentingnya deteksi dini dan intervensi cepat untuk mengurangi kasus aktif dan meningkatkan pemulihan. Model SIR memberikan wawasan strategis yang dapat mendukung perencanaan layanan kesehatan, prioritas kebijakan, dan alokasi sumber daya kesehatan berbasis data di Indonesia, serta memperkirakan kebutuhan sumber daya kesehatan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Darmawan, Armaidi, and M. Epid. "Epidemiologi penyakit menular dan penyakit tidak menular." *Jambi Medical Journal: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan* 4, no. 2 (2016).
- [2] Jemal, Ahmedin, Freddie Bray, Melissa M. Center, Jacques Ferlay, Elizabeth Ward, and David Forman. "Global cancer statistics." *CA: a cancer journal for clinicians* 61, no. 2 (2011): 69-90.
- [3] International Agency for Research on Cancer, and World Health Organization. *Globocan, cancer today. Data visualization tools for exploring the global cancer burden in 2022* [Internet]. 2024 [cited on Jan 10, 2025].
- [4] McGuire, Shelley. "World cancer report 2014. Geneva, Switzerland: World Health Organization, international agency for research on cancer, WHO Press, 2015." *Advances in nutrition* 7, no. 2 (2016): 418.

- [5] Amanda, Sri, Udin Rosidin, and Ryan Hara Permana. "Pengaruh pendidikan kesehatan senam diabetes melitus terhadap pengetahuan kader kesehatan." *Media Karya Kesehatan* 3, no. 2 (2020).
- [6] Kurniati, Anna, and Ferry Efendi. *Human resources for health country profile of Indonesia*. WHO South-East Asia Region, 2013.
- [7] Fikri, Elanda, Yura Witsqa Firmansyah, Muhammad Fadli Ramadhansyah, Wahyu Widyantoro, Aziz Yulianto Pratama, Ayu Widyawati, Ike Rachmawati et al. "Environmental Exposure to Breast Cancer: Study Narrative Review, How to Prevent in Indonesia?." *Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan* 6, no. 3 (2021): 713-722.
- [8] Ferlay, Jacques, Murielle Colombet, Isabelle Soerjomataram, Donald M. Parkin, Marion Piñeros, Ariana Znaor, and Freddie Bray. "Cancer statistics for the year 2020: An overview." *International journal of cancer* 149, no. 4 (2021): 778-789.
- [9] Lestari, Puji, and Wulansari Wulansari. "Pentingnya pemeriksaan payudara sendiri (sadari) sebagai upaya deteksi dini kanker payudara." *Indonesian Journal of Community Empowerment (IJCE)* 1, no. 2 (2019).
- [10] Hero, Syifa. "Faktor Risiko Kanker Payudara." *Jurnal Medika Utama* 3, no. 01 Oktober (2021): 1533-1537.
- [11] Rizqiyah, Arisa, and Rijanti Abdurrachim. "Hubungan Asupan Makanan, Status Gizi, Lama Menjalani Kemoterapi dan Dukungan Keluarga dengan Kualitas Hidup Pasien Kanker Payudara (Studi di Rumah Sakit Umum Daerah Ulin Kota Banjarmasin)." *Jurnal Kesehatan Indonesia* 13, no. 1 (2022): 6-12.
- [12] Artiono, Rudianto, Budi Priyo Prawoto, Dian Savitri, and Dimas Avian Maulana. "Pemodelan Matematika Epidemiologi." *Mitra Edukasi dan Publikasi* (2022).
- [13] Amri, Noor Azirah, and Yuliani Yuliani. "Analisis Model SIR (Susceptible Infected Recovered) dalam Penyebaran Penyakit Kanker Serviks di Kota Palopo." *Skripsi*. Palopo: Universitas Cokroaminoto Palopo (2020).
- [14] Asyabah, Zaidin, Stevanus Budi Waluya, and Muhammad Kharis. "Pemodelan SIR untuk penyebaran penyakit pertusis dengan vaksinasi pada populasi manusia konstan." *UNNES Journal of Mathematics* 7, no. 1 (2018): 96-107.
- [15] Nunuvero, Jasmin, Angelique Santiago, Moshe Cohen, and Anca Radulescu. "Modeling the effects of adherence to vaccination and health protocols in epidemic dynamics by means of an SIR model." *arXiv preprint arXiv:2308.01038* (2023).
- [16] Nurhaswinda, Nurhaswinda, Dwi Poni Egistin, M. Yahdi Rauza, Rahma Rahma, Rohanda Has Ramadhan, Sagita Ramadani, and Wahyuni Wahyuni. "Analisis regresi linier sederhana dan penerapannya." *Jurnal Cahaya Nusantara* 1, no. 2 (2025): 69-78.