

SIMULASI PENYEBARAN PENYAKIT ISPA (INFEKSI SALURAN PERNAFASAN AKUT) PADA BALITA DI KOTA SURAKARTA MENGGUNAKAN GAME OF LIFE

Sarngadi Palgunadi^{1*}, Totok Herlambang^{2*}

Jurusan Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36A, Surakarta

*¹ palgunadi@uns.ac.id

*² totok.herlambang@student.uns.ac.id

Abstrak

Simulasi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis penyebaran penyakit yang mungkin terjadi. Salah satu penyakit yang sering mengakibatkan kematian pada balita di dunia adalah Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA). Penelitian ini akan memperkenalkan model dan simulasi baru untuk penyakit ISPA dengan menggunakan nilai indeks kesehatan sebagai indikator tingkat kesehatan daerah dan mempertimbangkan arah angin. Indeks kesehatan merupakan gabungan dari faktor sosial ekonomi, lingkungan fisik, penduduk, angka kesakitan ISPA, dan layanan kesehatan. Metode simulasi yang digunakan adalah Game of life karena memiliki karakteristik yang sama dengan kehidupan sosial. Data simulasi didapatkan dari Dinas Kesehatan dan Badan Pusat Statistik Surakarta pada tahun 2012. Simulasi dilakukan dengan data kondisi awal sebesar 5% dari total data di Surakarta. Hasil simulasi selama 20 generasi menunjukkan bahwa penyakit mengalami peningkatan kasus sebesar 14,57%, penderita terinfeksi mengalami peningkatan 28,67%, penderita meninggal mengalami penurunan sebesar 26,09% dan penderita kembali sehat mengalami penurunan sebesar 30,77% dari kondisi awal. node negatif (penurunan nilai indeks kesehatan) tertinggi terjadi pada generasi ke-7 dan node positif (peningkatan indeks kesehatan) tertinggi terjadi pada generasi ke-19. Generasi ke-7 merupakan generasi terburuk, dengan 37 penderita meninggal (tertinggi), 132 node negatif (tertinggi), 152 penderita terinfeksi, dan 16 penderita kembali sehat.

Kata kunci: *Game of life, Indeks Kesehatan, Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA), Simulasi.*

1. PENDAHULUAN

Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) merupakan penyakit yang menyerang saluran pernafasan dari atas sampai bawah, dengan rentang waktu sampai dengan 14 hari (Depkes, 2006) (Simoes dkk, 2006). ISPA meliputi pneumonia, influenza, dan *Respiratory Syncytial Virus* (RSV) yang mengakibatkan 4.25 juta kasus kematian di dunia setiap tahun (Lung Foundation, 2010). World Health Organization (WHO) memperkirakan 2 juta balita meninggal karena pneumonia setiap tahun (Bryce, 2005). Selain itu, ISPA merupakan penyebab utama kematian balita di kawasan negara berkembang (Vandini, 2013). Indonesia merupakan salah satu contoh negara berkembang, di Indonesia terdapat 152 kasus dari 1000 balita yang meninggal karena ISPA (WHO, Pedoman Interim WHO, 2007). Simulasi akan mempermudah analisis penyebaran penyakit sehingga dapat dilakukan tindakan pencegahan perluasan penyebaran penyakit ISPA.

Simulasi dan kasus permodelan penyakit pernafasan telah banyak dilakukan. Pemodelan simulasi meliputi konsep homogen dan heterogen. Pemodelan dengan konsep homogen dengan *rule* yang sama dan nilai sel yang sama telah dilakukan oleh Fathichah & Rahman B.S (2011), Martínez M. J. Fresnadillo (2011), White S (2009). Konsep heterogen yang menggunakan *rule* yang berbeda, dengan beberapa nilai sel juga telah dilakukan oleh Athithan S (2014). Siklus daur hidup penyakit menciptakan konsep daur hidup penyakit, meliputi SIS dan SIR. SIS menggunakan 2 fase yaitu terinfeksi dan rawan terinfeksi, konsep baru tentang SIS telah dibuat oleh Martínez M. J. Fresnadillo (2011) dalam simulasi tentang penyakit SARS. SIR menggunakan 3 fase yaitu rawan terinfeksi, terinfeksi dan sembuh/mati. Konsep SIR telah digunakan oleh Fathichah & Rahman B.S (2011), Martínez M. J. Fresnadillo (2011). Salah satu metode *cellular automata* adalah *Game of life*. *Game of life* juga memiliki model automata biner yang sangat sederhana, namun sangat populer (Adamatzky, 2002). *Game of life* telah digunakan sebagai metode dalam enkripsi gambar (Awwad, 2013).

Penelitian ini menggunakan pemodelan dengan konsep homogen dan konsep SIR. Penelitian ini akan memperkenalkan model pembentukan nilai indeks kesehatan. Indeks kesehatan merupakan nilai yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan tingkat kesehatan. Nilai indeks kesehatan akan dimiliki oleh setiap sel. Selain menggunakan indeks kesehatan, faktor arah angin juga digunakan dalam simulasi penyebaran penyakit. Metode *Game of life* akan digunakan untuk simulasi penyebaran penyakit. Metode memiliki analogi seperti kehidupan sosial yaitu memiliki fase hidup, mati dan perubahan yang mungkin terjadi (Gardner, 1970). Simulasi diharapkan dapat membantu mengidentifikasi pola penyebaran penyakit ISPA, sehingga jika terjadi suatu kasus ISPA pada satu orang atau satu wilayah, dapat dilakukan suatu tindakan antisipatif untuk mengurangi penyebaran yang terjadi pada wilayah lainnya.

2 METODOLOGI

2.1 Penentuan Faktor, Indeks, dan Parameter Pembentuk Indeks Kesehatan

Determinan kesehatan merupakan faktor – faktor yang sangat mempengaruhi kesehatan (Sulaeman, 2013). Berdasarkan determinan kesehatan menurut Evans dan Stoddart (1990) maka dapat ditentukan 5 faktor yang akan digunakan dalam penelitian ini. Faktor yang digunakan antara lain Lingkungan Sosial dan Ekonomi, Lingkungan Fisik, Pelayanan Kesehatan, Penduduk, Kesakitan ISPA. Faktor diatas digunakan sebagai indeks (X) untuk menentukan Indeks Kesehatan (F). Indeks dibentuk oleh beberapa data parameter (p). Parameter merupakan data spesifik pembentuk indeks.

Indeks Lingkungan Sosial dan Ekonomi (X=1) dibentuk oleh beberapa parameter, meliputi. Lingkungan sosial meliputi pendidikan (p=1), keluarga, dan kemiskinan (Lewis, 2008) (House, 2000). Jumlah Penduduk Miskin/JPM (Adisasmito, 2008) (p=2).

Indeks Lingkungan Fisik (X=2) dibentuk oleh beberapa parameter, lingkungan fisik meliputi lingkungan rumah kumuh /kondisi rumah (p=3), daerah konflik, daerah pembuangan, dan daerah dekat bahaya (Lewis, 2008). Luas Penggunaan Lahan (p=4) akan memberikan informasi pemetaan daerah, dan implikasinya terhadap lingkungan fisik. Jumlah Industri (Premaratna, 2002). (p=5)

Indeks Pelayanan Kesehatan (X=3) dibentuk oleh parameter data jumlah tempat (p=6) dan tenaga pelayanan kesehatan (p=7). Pelayanan kesehatan yang baik akan mempermudah masyarakat untuk mendapatkan akses kesehatan secara optimal, sehingga tingkat kesehatan masyarakat dapat ditingkatkan.

Indeks Kasus ISPA /Angka Kesakitan ISPA (X=4) adalah perbandingan jumlah kasus ISPA pada balita (p=8) dengan jumlah penduduk (p=9) di Kota Surakarta.

Indeks Penduduk (X=5) dibentuk oleh beberapa parameter, meliputi jumlah penduduk (p=9), jumlah balita (p=10), dan tingkat kepadatan penduduk (p=11).

2.2 Perhitungan Nilai Indeks Kesehatan

Data pembentuk indeks kesehatan berasal dari Dinas Kesehatan Surakarta dan Badan Pusat Statistik Surakarta pada tahun 2012. Indeks kesehatan didapatkan melalui beberapa tahapan. Tahapan pertama adalah normalisasi data. Data dinormalisasi menjadi nilai $\in [0,1]$ agar dapat dibandingkan (Jain & Bhandare, 2011). Normalisasi disesuaikan dengan pengaruh terhadap indeks kesehatan. Tahap kedua adalah menentukan indeks kesehatan. Menghitung nilai indeks dengan menggunakan nilai dari parameter dan bobot dari masing-masing parameter. Parameter mempunyai komponen penyusun dan bobot dari penyusun parameter. Bobot ditentukan berdasarkan pengaruh terhadap pembentukan nilai indeks.

$$P_m = \frac{1}{\sum W_k} \sum_{k=0}^k W_k P_{0k} \quad (1)$$

Nilai indeks dihitung dengan menggunakan formula dibawah ini:

$$X_n = \frac{1}{\sum W_m} \sum_{m=0}^m W_m P_m \quad (2)$$

Dengan, m (jumlah parameter), k (jumlah penyusun parameter), P_m (Nilai parameter ke- m), Po_k (Nilai penyusun parameter ke- k), X_n (Nilai Indeks ke- n), W_m (Bobot pada parameter ke- m), W_k (Bobot pada penyusun parameter ke- k).

Nilai indeks kesehatan dihitung dengan menggunakan formula dibawah ini:

$$F_{ij}^{(0)} = \frac{1}{5} (\sum_{p=1}^5 X_{i,j,p}) \quad (3)$$

dengan $F_{ij}^{(0)}$ (Indeks kesehatan awal), dan $X_{i,j,p}$ (Indeks dari parameter p pada lokasi i, j)

2.3 Simulasi dan Perubahan Nilai Indeks Kesehatan

Simulasi menggunakan metode *Game of life* (Moler, 2011) yang menggunakan kondisi 8 tetangga yang lain dan faktor angin yang mempengaruhi penyebaran penyakit. Untuk kondisi awal, sel berada di posisi $F_{i-1,j-1}$ maka Indeks kesehatan baru dihitung menggunakan formula:

$$F_{i,j}^{(k+1)} = \frac{1}{\sum N} \left(NW F_{i-1,j-1}^{(k)} + NW F_{i,j-1}^{(k)} + NW F_{i+1,j-1}^{(k)} + NW F_{i-1,j}^{(k)} + NW F_{i,j}^{(k)} \right. \\ \left. + NW F_{i+1,j}^{(k)} + NW F_{i-1,j+1}^{(k)} + NW F_{i,j+1}^{(k)} + NW F_{i+1,j+1}^{(k)} + NW F_{i,j}^{(k)} \right) \quad (4)$$

Untuk kondisi sel berada di posisi $F_{i,j-1}$, karena nilai $F_{i-1,j-1}$ sudah diperbarui maka nilai yang digunakan maka nilai Indeks kesehatan baru dihitung menggunakan formula:

$$F_{i,j}^{(k+1)} = \frac{1}{\sum N} \left(NW F_{i-1,j-1}^{(k+1)} + NW F_{i,j-1}^{(k)} + NW F_{i+1,j-1}^{(k)} + NW F_{i-1,j}^{(k)} + NW F_{i,j}^{(k)} + NW F_{i+1,j}^{(k)} \right. \\ \left. + NW F_{i-1,j+1}^{(k)} + NW F_{i,j+1}^{(k)} + NW F_{i+1,j+1}^{(k)} + NW F_{i,j}^{(k)} \right) \quad (5)$$

dengan :

N = kondisi tetangga (0/1)

W = bobot karena faktor angin.

i, j = posisi piksel pada kolom i dan baris j

k = periode ke - k

$F_{ij}^{(0)}$ = merupakan indeks awal kesehatan.

Perubahan Indeks Kesehatan (F) dilakukan pada semua sel, sampai dengan $F_{i+1,j+1}$ apabila nilai sel tetangga sudah berubah maka F^{k+1} digunakan, apabila nilai sel tetangga belum berubah maka nilai F^k digunakan. Tanda panah menunjukkan arah angin, nilai bobot $F_{i-1,j-1}$ dan $F_{i+1,j+1}$ memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai F yang lain, karena memiliki pengaruh yang besar bagi perubahan nilai F_{ij} .

3 HASIL INDEKS KESEHATAN

Hasil dari perhitungan nilai Indeks Kesehatan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Indeks Kesehatan Surakarta

Kecamatan	Kelurahan	IKS	Kecamatan	Kelurahan	IKS	Kecamatan	Kelurahan	IKS
Laweyan	Pajang	0.44	Jebres	Kedung Lumbu	0.32	Serengan	Jayengan	0.34
	Laweyan	0.27		Sangkrah	0.34		Kemlayan	0.29
	Bumi	0.29		Kepatihan Kulon	0.27	Banjarsari	Mangkubumen	0.35
	Panularan	0.35		Kepatihan Wetan	0.28		Timuran	0.29
	Sriwedari	0.31		Sudiropujan	0.28		Keprabon	0.28
	Penumping	0.37		Gandekan	0.26		Ketelan	0.28
	Purwosari	0.45		Sewu	0.25		Punggawan	0.34
	Sondakan	0.32		Pucangsawit	0.28		Kestalan	0.28
	Kerten	0.42		Jagalan	0.28		Setabelan	0.31
	Jajar	0.44		Purwodiningratan	0.32		Gilingan	0.34
	Karangasem	0.37		Tegalharjo	0.33		Manahan	0.37
	Joyosuran	0.35		Jebres	0.37		Sumber	0.42
	Semanggi	0.41		Mojosongo	0.51		Nusukan	0.40

Pasar Kliwon	Pasar Kliwon	0.43	Serengan	Joyotakan	0.32		Kadipiro	0.41
	Baluwanti	0.31		Danukusuman	0.39		Banyuanyar	0.32
	Gajahan	0.35		Serengan	0.35		Maksimal	0.51
	Kauman	0.30		Tipes	0.50		Minimal	0.25
	Kampung Baru	0.34		Kratonan	0.36			

Berdasarkan Tabel 1, nilai indeks kesehatan paling tinggi diperoleh Kelurahan Mojosongo dengan nilai 0.51, sedangkan indeks kesehatan paling rendah diperoleh Kelurahan Sewu dengan nilai 0.25.

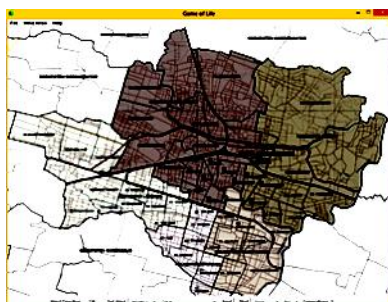
4 HASIL PERCOBAAN

4.1 Ketentuan dalam Simulasi

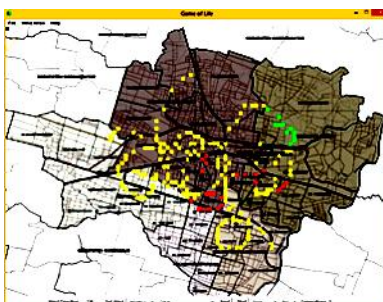
Simulasi menggunakan batas wilayah Surakarta, yang memiliki 3816 sel. Setiap sel mewakili luasan 10 x 10 piksel setara dengan luasan 1.1541 ha. Sel memiliki nilai Indeks Kesehatan (F), wilayah Surakarta memiliki nilai $F \in [0, 1]$. Nilai F_0 menentukan warna sel, pada penelitian ini digunakan 4 macam warna, yaitu merah (penderita meninggal), kuning (penderita terinfeksi), hijau (penderita kembali sehat), dan biru. Penentuan rentang nilai menggunakan distribusi normal, membagi menjadi 3 kategori. Dari data Tabel 8, dihasilkan rentang warna merah $\in [0, 0.29]$, warna kuning $\in [0.30, 0.47]$, dan warna hijau $\in [0.48, 0.51]$. Arah angin searah dengan jarum jam, dengan kondisi standar 218° (Badan Pusat Statistik, 2012).

4.2 Hasil Simulasi dan Pembahasan

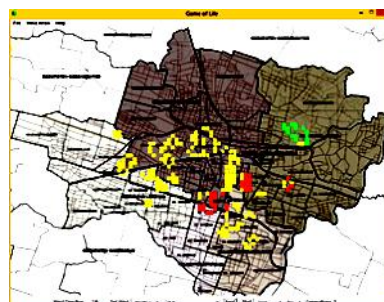
Simulasi dilakukan dengan menggunakan 5% dari total sel di wilayah Surakarta. Pola ditentukan secara acak. Simulasi dilakukan selama 20 generasi (waktu siklus penyakit) dengan rata-rata fase setiap generasi adalah 14 hari. Berikut hasil simulasi program yang ditampilkan dari gambar 2 sampai gambar 7. Tampilan simulasi terdapat pada Gambar (3,4,5,6,7).



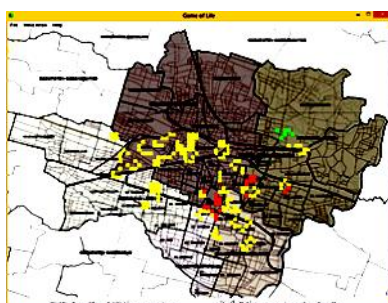
Gambar 2. Tampilan Awal



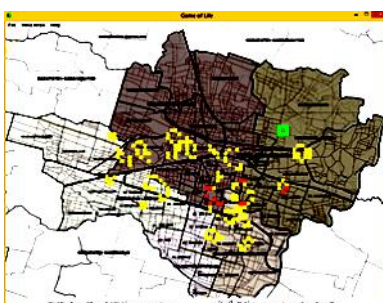
Gambar 3. Periode Awal



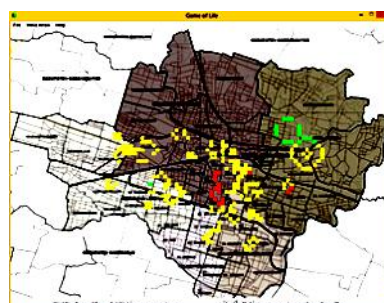
Gambar 4. Periode ke-5



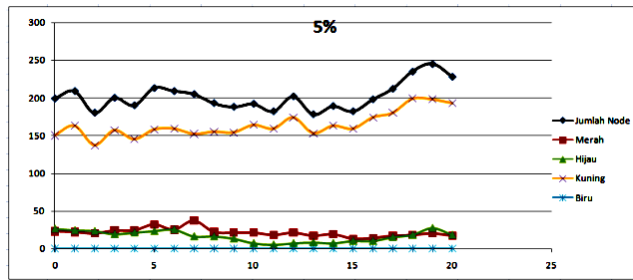
Gambar 5. Periode ke-10



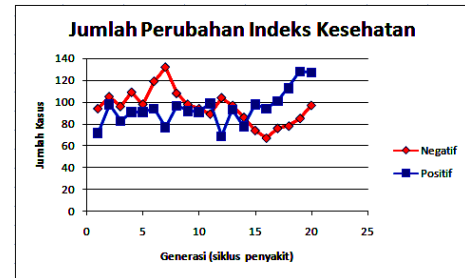
Gambar 6. Periode ke-15



Gambar 7. Periode ke-20



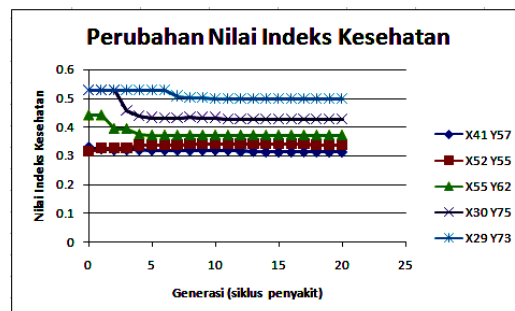
Gambar 8. Grafik Simulasi 5%



Gambar 9. Grafik Perubahan Indeks Kesehatan

Berdasarkan gambar 8, selama 20 generasi diketahui bahwa jumlah node/kasus mengalami peningkatan 14,57%, penderita terinfeksi (warna kuning) mengalami peningkatan 28,67%, penderita meninggal (warna merah) mengalami peningkatan pada generasi ke 5 sampai dengan 7 kemudian mengalami penurunan sebesar 26,09% dari kondisi awal, penderita kembali sehat (warna hijau) mengalami penurunan sebesar 30,77% dari kondisi awal. Jumlah node tertinggi terjadi pada generasi ke-19, penderita terinfeksi (warna kuning) tertinggi terjadi pada generasi ke-18, penderita meninggal (warna merah) tertinggi terjadi pada generasi ke-7, penderita kembali sehat (warna hijau) tertinggi terjadi pada generasi ke-0. Sehingga dapat diketahui bahwa penyakit mengalami perpindahan.

Berdasarkan gambar 9, selama 20 generasi menunjukkan bahwa penyakit mengalami perubahan nilai indeks kesehatan, ditunjukkan dengan jumlah penurunan nilai indeks kesehatan (negatif) dan jumlah peningkatan indeks kesehatan (positif). Nilai negatif tertinggi terjadi pada generasi ke-7 dan nilai positif tertinggi terjadi pada generasi ke-19.



Gambar 10. Grafik Perubahan Indeks Kesehatan

Berdasarkan gambar 10, selama 20 terjadi perubahan nilai indeks kesehatan. Perubahan nilai indeks kesehatan sampel sel pada Gambar 10 menandakan bahwa penyakit mengalami penyebaran.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini model penentuan indeks kesehatan telah diperkenalkan. Model indeks kesehatan yang didapatkan dari gabungan 5 indeks yaitu Indeks Lingkungan Sosial dan Ekonomi, Indeks Lingkungan Fisik, Indeks Pelayanan Kesehatan, Indeks Penduduk, Indeks Kesakitan ISPA. Model menghasilkan nilai indeks kesehatan paling tinggi diperoleh Kelurahan Mojosongo dengan nilai 0.51, sedangkan indeks kesehatan paling rendah diperoleh Kelurahan Sewu dengan nilai 0.25.

Hasil simulasi selama 20 generasi menunjukkan bahwa penyakit mengalami perpindahan dan penyebaran. Generasi ke-7 merupakan fase terburuk dari 20 generasi. Generasi ke-7 memiliki jumlah penderita meninggal (warna merah) tertinggi, dengan jumlah sebesar 37, jumlah penurunan nilai indeks kesehatan (negatif) tertinggi, dengan jumlah sebesar 132, jumlah penderita terinfeksi (warna kuning), dengan jumlah sebesar 152, penderita kembali sehat (warna hijau) dengan jumlah sebesar 16.

Penelitian selanjutnya, evaluasi penyebaran dapat dilakukan secara otomatis berdasarkan posisi sel, sehingga pola penyebaran sel dapat diketahui dengan pasti. Konsep heterogen dapat digunakan dalam simulasi karena sesuai dengan kondisi dunia nyata yang heterogen. Penggunaan peta dinamis akan membuat simulasi lebih fleksibel.

6 UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. H. Endang Sutisna Sulaeman, dr., M.Kes. (Fakultas Kedokteran UNS) atas saran dan bantuan dalam penelitian ini dengan memberikan literatur tentang determinan kesehatan dan Dr. Prabang Setyono S.Si., M.Si. atas saran, bimbingan dan literatur tentang ilmu lingkungan.

7 DAFTAR PUSTAKA

- Adamatzky, A. (2002). *Game of life Cellular Automata*. London : Springer-Verlag.
- Adisasmito, W. (2008). *Analisis Kemiskinan, MDGs dan Kebijakan Kesehatan Nasional*. Depok.
- Athithan S, S. V. (2014). Dynamic Cellular Automata Based Epidemic Spread Model for Population in Patches with Movement. *Journal of Computational Environmental Sciences* .
- Awwad, A. M. (2013). A Color Watermarking Scheme Based on Conway Game. *International Journal of Computer Science and Telecommunications* , 4 (2), 15-19.
- Badan Pusat Statistik. (2012). *Surakarta Dalam Angka 2012*. Surakarta: BPS.
- Bryce J., B.-P. C. (2005). WHO Estimates of the Causes of Death in Children. *WHO Child Health Epidemiology Reference Group* (365), 1147–52.
- Depkes. (2006). *Glosarium Data dan Informasi Kesehatan*. Jakarta: Pusat Data dan Informasi Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Evans, R. G., & Stoddart, G. L. (1990). Producing Health, Consuming Health Care. *Journal of Social and Science Medicine* , 31 (12), 1347-1363.
- Fathichah, C., & Rahman B.S, A. (2011). *Pemodelan Epidemik Menggunakan Cellular Automata*. Surabaya.
- Gardner, M. (1970). Mathematical Games - The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game "life". *Scientific American* (223), 120-123.
- House, J. S. (2000). Understanding and reducing socioeconomic and racial/ethnic disparities in health. Promoting health: Intervention strategies from social and behavioral research , 81--124.
- Jain, Y. K., & Bhandare, S. K. (2011). Min max normalization based data perturbation method for privacy protection. *International Journal of Computer & Communication Technology (IJCCT)* , 2 (8).
- Lewis, G. H. (2008). *Mastering public health*. London: Royal Society of Medicine Press.
- Lung Foundation, W. (2010). *World Lung Foundation Acute Respiratory Infections Atlas*. New York: Bookhouse Group.
- Martínez M. J. Fresnadillo, S. E. (2011). A Model Based On Cellular Automata To Simulate A Sis Epidemic Disease. *Journal of Pure and Applied Mathematics: Advances and Applications* , 5 (2), 125--139.
- Moler, C. (2011). *Experiments with MATLAB*. MathWorks, Inc.
- Premaratna, R. P. (2002). (Abstract) Effects of pollution on health of residents in an industrial area in Sri Lanka. *Archives of Environmental Health: An International Journal* , 57 (6), 579--583.
- Schiff, J. L. (2008). *Cellular Automata: A Discrete View of the World*. Canada: Wiley & Sons, Inc.
- Simoes, E. A., Cherian, T., Chow, J., Salles, S. A., & Laxminarayan, R. (2006). Acute Respiratory Infections in Children. Dalam D. T. Jamison, J. G. Breman, A. R. Measham, G. Alleyne, M. Claeson, D. B. Evans, et al., *Disease Control Priorities in Developing Countries (2nd edn)*.
- Sulaeman, D. E. (2013). *Promosi Kesehatan : Teori dan Implementasi di Indonesia*. Surakarta: UNS Press.
- Vandini, I. S. (2013). Respiratory syncytial virus infection in infants and correlation with meteorological factors and air pollutants. *Italian journal of pediatrics* , 39 (1), 1.
- White S, M. D. (2009). Using Cellular Automata to simulate epidemic diseases. *Applied Mathematical Sciences* , 3 (20), 959--968.
- WHO. (2007). *Pedoman Interim WHO*. Jakarta.