

PEMODELANDAN SIMULASI ENYEBARAN PENYAKIT TUBERKULOSIS BERBASIS SISTEM AGEN

MODELING AND SIMULATION THE SPREAD OF TUBERCULOSIS BASED ON AGENT SYSTEM

¹Gema Wahyu Saputra, ²Budhi Irawan, ³Purba Daru Kusuma

¹²³Program Studi S1 Sistem Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹gemaws27@gmail.com, ²budhiirawan@telkomuniversity.ac.id, ³purbodaru@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Indonesia sebagai salah satu negara yang masuk dalam kategori negara beban tinggi terhadap Tuberkulosis, berada pada peringkat kelima setelah India, Cina, Afrika Selatan, dan Nigeria. Berbagai faktor mempengaruhi penyebaran penyakit ini diantaranya adalah kontak dengan orang yang terinfeksi, jarak antar orang sehat dan orang yang terinfeksi, faktor lingkungan, suhu ruangan, serta daya tahan tubuh manusia itu sendiri. Pemodelan dan simulasi penyebaran penyakit dengan menggunakan Agent Based Model (ABM) adalah salah satu cara agar dapat mengetahui bagaimana penyakit tuberkulosis menyebar melalui orang yang terinfeksi penyakit kepada orang lain. Simulasikan perkembangan penyakit Tuberkulosis ini dikembangkan melalui beberapa faktor yaitu lingkungan, manusia sehat dan manusia yang terinfeksi. Penelitian ini diimplementasikan menggunakan framework NetLogo.

Kata kunci : Sistem Agen, NetLogo, Simulasi.

Abstract

Indonesia as one of the countries that fall into the category of high-load countries against Tuberculosis, is ranked fifth after India, China, South Africa, and Nigeria. Various factors affect the spread of this disease include contact with infected people, the distance between healthy people and people who are infected, environmental factors, room temperature, and human immune itself. Modeling and simulating the spread of disease using Agent Based Model (ABM) is one way to know how tuberculosis disease spreads through people infected with diseases to others. Simulate the development of Tuberculosis disease is developed through several factors namely the environment, healthy humans and humans are infected. This research is implemented using NetLogo framework.

Keywords : Agent System, NetLogo, Simulation.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Tuberkulosis (TB) adalah suatu penyakit infeksi menular yang disebabkan bakteri Mycobacterium tuberculosis, penyakit ini menyerang berbagai organ, terutama paru-paru [1] [5]. Penularan tuberkulosis biasanya disebabkan melalui pelantara udara, bakteri akan masuk ke tubuh orang lain melalui udara sekitar yang dihirup [2]. Penyakit ini bila tidak diobati atau pengobatan tidak tuntas dapat menimbulkan komplikasi berbahaya hingga kematian [3].

Berbagai upaya pengendalian telah dilakukan, sehingga insidens rate dan kematian akibat TB telah menurun, namun penyakit TB masih menjadi salah satu dari 10 penyebab kematian di dunia [2]. Diperkirakan sekitar sepertiga penduduk dunia telah terinfeksi oleh Mycobacterium tuberculosis [5]. Pada tahun 1995, diperkirakan ada 9 juta pasien TB baru dan 3 juta kematian akibat TB diseluruh dunia. Diperkirakan 95% kasus TB dan 98% kematian akibat TB didunia, terjadi pada negara-negara berkembang. Demikian juga, kematian wanita akibat TB lebih banyak dari pada kematian karena kehamilan, persalinan dan nifas.

Maka berdasarkan latar belakang di atas, peneliti ingin mensimulasikan perkembangan penyakit tuberkulosis melalui beberapa faktor yaitu lingkungan, manusia sehat dan manusia yang terkena infeksi

penyakit tuberkulosis. Bagaimana pergerakan tuberkulosis menyebar dalam sebuah simulasi yang dibuat berdasarkan parameter yang ditetapkan. Penelitian ini diimplementasikan menggunakan perangkat lunak NetLogo.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan yang akan dicapai pada Tugas Akhir ini :

- 1 Mengidentifikasi penyebaran penyeakit tuberkulosis yang disebabkan oleh agen manusia.
- 2 Membangun dan menganalisis pemodelan simulasi berbasis agen pada penyebaran penyakit tuberkulosis melalui faktor lingkungan dan manusia.
- 3 Mengimplementasikan pemodelan dan simulasi dalam framework NetLogo.

1.3 Identifikasi Masalah

Beberapa identifikasi masalah yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- 1 Bagaimana mengimplementasikan penyebaran penyakit tuberkulosis menyebar ke agen manusia ?
- 2 Bagaimana membangun dan menganalisis pemodelan simulasi berbasis agen pada penyebaran penyakit tuberkulosis melalui faktor lingkungan dan manusia ?
- 3 Bagaimana mengimplementasikan pemodelan simulasi berbasis agen dalam framework NetLogo ?

2. Dasar Teori

Bagian ini berisi tentang dasar teori yang digunakan untuk merancang pemodelan dan simulasi berbasis agen penyebaran penyakit tuberkulosis. Adapun teori-teori yang digunakan adalah sebagai berikut.

2.1 Tuberkulosis

Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit menular langsung yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis* [1] [5]. Kuman aerob yang dapat hidup terutama di paru atau di berbagai organ tubuh lainnya yang mempunyai tekanan parsial oksigen yang tinggi [4]. Kuman ini juga mempunyai kandungan lemak yang tinggi pada membran selnya sehingga menyebabkan bakteri ini menjadi tahan terhadap asam dan pertumbuhan kumannya berlangsung dengan lambat [4]. *Mycobacterium tuberculosis* tidak tahan terhadap ultraviolet [4]. Penyakit tuberkulosis bila tidak diobati dapat menyebabkan kematian [3].

2.2 Simulasi

Simulasi sebagai cara untuk menghasilkan kondisi dari situasi dengan model untuk studi menguji atau training, dan lain-lain atau mendefinisikan simulasi sebagai pendekatan eksperimen [7]. Simulasi juga merupakan kumpulan metode dan aplikasi yang digunakan untuk meniru perilaku suatu sistem, kadang dilakukan menggunakan komputer dengan software yang sesuai [7].

2.3 Pemodelan Berbasis Agen

Menurut Borshchev & Filippov (2004) Agent Based Model (ABM) adalah suatu metode yang digunakan untuk eksperimen dengan melihat pendekatan dari bawah ke atas (bottom-up) bagaimana interaksi perilaku-perilaku individu dapat mempengaruhi perilaku sistem, dengan simulasi berbasis komputer untuk memodelkan semua perilaku entitas (agen) yang terlibat dalam dunia nyata dengan harapan interaksi antar entitas dapat menghasilkan atau menggambarkan sifat utama yang dapat digunakan lagi sebagai alat bantu untuk eksplanatori, eksplanatori atau prediksi dalam mengambil keputusan di dunia nyata [6].

Agen merupakan komponen pengambil keputusan dalam suatu sistem kompleks. Agen memiliki satu set aturan atau perilaku yang memungkinkan untuk menerima informasi, memproses input, dan mempengaruhi lingkungan luar [6]. Pemodelan berbasis agen adalah salah satu bentuk pemodelan yang saat ini selain *cellular automata*. *Agent-based simulation (ABS)* adalah pendekatan terhadap sistem pemodelan yang terdiri dari agen individual, otonom, dan interaksi [7]. Pemodelan berbasis agen dapat dibangun dari dinamika sistem yang ada atau kejadian diskrit untuk menggambarkan perilaku yang dan interaksi yang kompleks [8]. Berbagai aplikasi dapat dibuat dengan ABM diantaranya aplikasi untuk penyebaran penyakit.

ABM mensimulasikan tindakan dan interaksi dari agen, dengan tujuan untuk meniru perilaku dan untuk memprediksi pola yang terjadi. Agen bereaksi terhadap lingkungan, serta bereaksi terhadap agen lainnya. Model berbasis agen merupakan metode komputasional yang memungkinkan peneliti untuk menciptakan, menganalisa, melakukan eksperimen dan model yang terdiri dari agen-agen yang saling berinteraksi dengan lingkungan [9].

2.4 NetLogo

NetLogo adalah bahasa pemrograman multi agent dan model lingkungan untuk simulasi fenomena yang kompleks. Pemodel dapat memberikan instruksi kepada ratusan atau ribuan agen independen, memberikan intruksi operasi secara bersamaan. NetLogo merupakan tool untuk pemodelan berbasis agen yang dibangun oleh *Northwestern University for Connected Learning (CCL)* dan *Computer Based Modeling* [10]. Untuk mengontrol model, NetLogo memiliki button, sedangkan untuk mengontrol parameter memiliki slider..

Library model berisi simulasi yang telah dibangun pada NetLogo dan bias di kembangkan dan di modifikasi. Area library model diantaranya sosial, biologi, matematik, kimia, ilmu komputer, epidemi, game dan lain-lain. NetLogo memiliki kurang lebih 150 model yang sudah dibangun dan bisa dimodifikasi [10].

3. Perancangan

3.1 Pembahasan Nilai Parameter

Dari hasil wawancara dari beberapa narasumber serta analisis yang dilakukan ada beberapa hal yang mempengaruhi penyebaran tuberkulosis yaitu suhu ruangan, kondisi ruangan, kedekatan dengan orang yang berpenyakit tuberkulosis dan kontak dengan orang yang terkena tuberkulosis.

1 Parameter Suhu Ruangan

Suhu ruangan adalah salah satu hal yang berpengaruh dalam penyebaran penyakit tuberkulosis. Suhu ruangan mempengaruhi penyebaran dari manusia sakit ke manusia sehat. Suhu yang berpengaruh adalah 20 sampai 35 dalam derajat celcius.

2 Parameter Kondisi Ruangan

Kondisi ruangan dibagi menjadi 3 bagian yaitu bagus, sedang, dan buruk. Kondisi bagus adalah kondisi dimana ventilasi udara baik, cahaya yang masuk baik serta kebersihan ruangan yang bersih atau dalam kondisi yang baik. Kondisi ruangan yang sedang adalah dimana salah satu dari ventilasi udara, cahaya masuk, dan kebersihan ruangan salah satunya buruk dan yang lainnya baik. Yang terakhir adalah kondisi buruk dimana ada dua atau tiga dari ventilasi udara, cahaya masuk, dan kebersihan ruangan bernilai buruk dalam program baik bernilai 1, sedang bernilai 2, dan buruk bernilai 3.

Berdasarkan data dari badan pusat statistik 2011 sampai 2015, Indonesia memiliki suhu minimal tertinggi yaitu 14 derajat celcius dan maksimal tertinggi pada angka 38 derajat celcius. Maka dari data tersebut dalam program suhu minimal di bulatkan menjadi 10 derajat celcius dan suhu maksimal menjadi 40 derajat celcius. Dalam tabel 2.1 dijelaskan hubungan antara kondisi suhu dan kondisi ruangan terhadap penyebaran penyakit tuberkulosis.

Tabel 3.1 Parameter Penyebaran Penyakit Tuberkulosis

No	Suhu (Celcius)	Kondisi Ruang	Persentase Kemungkinan Penyebaran
1	20 - 30	Buruk	40 %
2	20 - 30	Sedang	20 %
3	20 - 30	Baik	10 %

3 Parameter Radius Infeksi

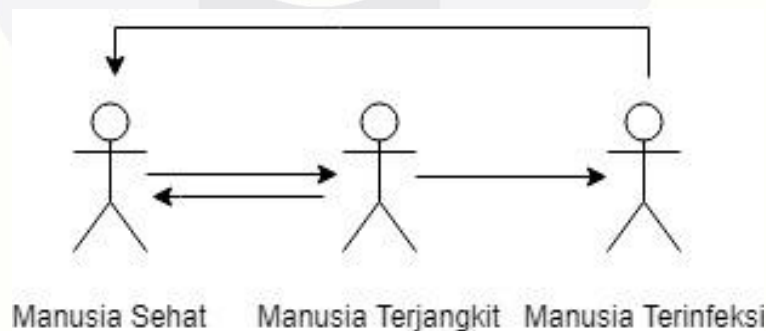
Radius infeksi adalah radius dimana seseorang dapat melakukan penyebaran penyakit. Dalam penyebaran penyakit tuberkulosis, penyebaran dapat terjadi dari orang yang sakit ke orang dalam kondisi sehat dengan radius yang dekat.

4 Parameter Kontak

Penyebaran tuberkulosis sangat dipengaruhi oleh kontak penderita dengan orang dalam kondisi sehat. Jika penderita bertemu dengan orang yang sehat jika suhu dan kondisi ruangan memungkinkan maka penyebaran tuberkulosis akan terjadi .

3.2 Perancangan Sistem Secara Umum

Setelah melakukan wawancara pakar dan literature review dari beberapa narasumber penyebaran tuberkulosis manusia dapat digolongkan menjadi tiga tahap yang pertama adalah manusia sehat, manusia terjangkit, dan manusia terinfeksi. Manusia sehat adalah manusia dalam keadaan sehat namun jika bertemu dengan manusia yang terinfeksi jika dalam keadaan lingkungan yang memungkinkan maka manusia sehat tersebut dapat menjadi manusia terjangkit. Pada perancangan sistem ini menjelaskan secara umum mengenai tahapan sistem yang akan diteliti lebih lanjut. Berikut merupakan perancangan sistem secara umum yang ditujukan pada gambar 3.1.



Program Gambar 3.2 Proses Penyebaran Tuberkulosis

Manusia terjangkit adalah manusia yang sedang inkubasi penyakit tuberkulosis yang suatu saat dimana waktu inkubasi telah selesai maka penyakit tuberkulosis akan muncul atau kembali menjadi sehat tergantung oleh daya tahan tubuh dan suhu ruangan. Yang terakhir adalah manusia yang terinfeksi adalah manusia yang telah terinfeksi oleh penyakit tuberkulosis. Secara umum akan terlihat seperti pada gambar 3.2.

4. Pengujian

4.1 Pengujian CNR Kasus Kabupaten Bandung

Pengujian pertama bertempat di Kabupaten Bandung dan dapat dilihat pada tabel 4.3 pada tahun 2012. Menurut data yang didapat dari situs web Dinas Kesehatan Pemerintah Provinsi Jawa Barat total jumlah penduduk di Jawa Barat adalah 3.372.275 jiwa pada tahun 2012 dengan orang yang telah lama terkena penyakit tuberkulosis sebesar 156 jiwa akan digunakan sebagai acuan awal masukan untuk di bandingkan dengan data grafik Case Notification Rate (CNR) TBC Paru dalam 100.000 Penduduk di Provinsi Jawa Barat Tahun 2010 – 2016. . Data yang di jumlah populasi yang di ambil adalah 500 manusia atau setara dengan 0,00015 persen dari data asli seperti dalam tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Penduduk Kabupaten Bandung Tahun 2012

	Data Asli	0,00015 Persen Dari Data Asli
Jumlah Penduduk	3.372.275	500
Kasus lama	156	1

Pengujian pertama dilakukan dengan kondisi ruangan di Kabupaten Bandung dalam kondisi yang baik. Dari tiga kali pengujian didapatkan tiga data kenaikan atau penurunan orang yang terjangkit tuberkulosis dan di bandingkan dengan grafik CNR. Dari sepuluh data tahun terdapat tiga kesalahan jika dibandingkan dengan data aktual atau 70 % data benar dan 30 % data salah untuk kenaikan dan penurunan orang yang terjangkit tuberkulosis pada program.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian di Kabupaten Bandung Dengan Kondisi Ruang Baik

No	Kondisi ruangan	Tahun	Jumlah Kasus dalam CNR	Kejadian Aktual	Jumlah Kasus Baru Program	Kejadian dalam Program
1	Baik	2012	136,96	Naik	2	Naik
		2013	143,56	Naik	45	Naik
		2014	133,55	Turun	178	Naik
		2015	138,87	Naik	213	Naik
		2016	120,83	Turun	205	Turun
2	Baik	2012	136,96	Naik	11	Naik
		2013	143,56	Naik	28	Naik
		2014	133,55	Turun	61	Naik
		2015	138,87	Naik	130	Naik
		2016	120,83	Turun	197	Naik

Pengujian kedua dilakukan dengan kondisi ruangan di Kabupaten Bandung dalam kondisi sedang. Dari tiga kali pengujian didapatkan tiga data kenaikan atau penurunan orang yang terjangkit tuberkulosis dan di bandingkan dengan grafik CNR. Dari sepuluh data tahun terdapat empat kesalahan jika dibandingkan dengan data aktual atau 60 persen data benar dan 40 persen data kenaikan dan penurunan orang yang terjangkit tuberkulosis pada program salah.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian di Kabupaten Bandung Dengan Kondisi Ruang Sedang

No	Kondisi ruangan	Tahun	Jumlah Kasus dalam CNR	Kejadian Aktual	Jumlah Kasus Baru Program	Kejadian dalam Program
1	Sedang	2012	136,96	Naik	70	Naik
		2013	143,56	Naik	372	Naik
		2014	133,55	Turun	400	Naik
		2015	138,87	Naik	392	Turun
		2016	120,83	Turun	417	Naik
2	Sedang	2012	136,96	Naik	204	Naik
		2013	143,56	Naik	392	Naik
		2014	133,55	Turun	379	Turun
		2015	138,87	Naik	382	Naik
		2016	120,83	Turun	398	Naik

Pengujian ketiga dilakukan dengan kondisi ruangan di Kabupaten Bandung dalam kondisi buruk. Dari tiga kali pengujian didapatkan tiga data kenaikan atau penurunan orang yang terjangkit tuberkulosis dan di bandingkan dengan grafik CNR. Dari lima belas data tahun terdapat 5 kesalahan jika dibandingkan dengan data aktual atau 70 persen data benar dan 30 persen data kenaikan dan penurunan orang yang terjangkit tuberkulosis pada program salah.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian di Kabupaten Bandung Dengan Kondisi Ruang Buruk

No	Kondisi ruangan	Tahun	Jumlah Kasus dalam CNR	Kejadian Aktual	Jumlah Kasus Baru Program	Kejadian dalam Program
1	Buruk	2012	136,96	Naik	146	Naik
		2013	143,56	Naik	475	Naik
		2014	133,55	Turun	463	Turun
		2015	138,87	Naik	499	Naik
		2016	120,83	Turun	457	Turun
2	Buruk	2012	136,96	Naik	256	Naik
		2013	143,56	Naik	445	Naik
		2014	133,55	Turun	471	Naik
		2015	138,87	Naik	464	Turun
		2016	120,83	Turun	465	Naik

4.2 Pengujian CNR Kasus Kota Bandung

Pengujian pertama bertempat di Kota Bandung dan dapat dilihat pada tabel 4.7 pada tahun 2012. Menurut data yang didapat dari situs web Dinas Kesehatan Pemerintah Provinsi Jawa Barat total jumlah penduduk di Jawa Barat adalah 2.468.499 jiwa pada tahun 2012 dengan orang yang telah lama terkena penyakit tuberkulosis sebesar 412 jiwa akan digunakan sebagai acuan awal masukan untuk di bandingkan dengan data grafik Case Notification Rate (CNR) TBC Paru dalam 100.000 Penduduk di Provinsi Jawa Barat Tahun 2010 – 2016. Data

yang di jumlah populasi yang di ambil adalah 370 manusia atau setara dengan 0,00015 persen dari data asli seperti dalam tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data Penduduk Kota Bandung Tahun 2012

	Data Asli	0,00015 Persen Dari Data Asli
Jumlah Penduduk	2.468.499	370
Kasus lama	412	1

Pengujian pertama dilakukan dengan kondisi ruangan di Kota Bandung dalam kondisi yang baik. Dari tiga kali pengujian didapatkan tiga data kenaikan atau penurunan orang yang terjangkit tuberkulosis dan di bandingkan dengan grafik CNR. Dari sepuluh data tahun terdapat empat kesalahan jika dibandingkan dengan data aktual atau 60 % data benar dan 40 % data salah untuk kenaikan dan penrunan orang yang terjangkit tuberkulosis pada program.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian di Kota Bandung Dengan Kondisi Ruang Baik

No	Kondisi ruangan	Tahun	Jumlah Kasus dalam CNR	Kejadian Aktual	Jumlah Kasus Baru Program	Kejadian dalam Program
1	Baik	2012	136,96	Naik	42	Naik
		2013	143,56	Naik	80	Naik
		2014	133,55	Turun	64	Turun
		2015	138,87	Naik	57	Turun
		2016	120,83	Turun	81	Naik
2	Baik	2012	136,96	Naik	29	Naik
		2013	143,56	Naik	71	Naik
		2014	133,55	Turun	89	Naik
		2015	138,87	Naik	114	Naik
		2016	120,83	Turun	76	Turun

Pengujian kedua dilakukan dengan kondisi ruangan di Kabupaten Bandung dalam kondisi sedang. Dari tiga kali pengujian didapatkan tiga data kenaikan atau penurunan orang yang terjangkit tuberkulosis dan di bandingkan dengan grafik CNR. Dari sepuluh data tahun terdapat empat kesalahan jika dibandingkan dengan data aktual atau 40 persen data benar dan 60 persen data kenaikan dan penrunan orang yang terjangkit tuberkulosis pada program salah.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian di Kota Bandung Dengan Kondisi Ruang Sedang

No	Kondisi ruangan	Tahun	Jumlah Kasus dalam CNR	Kejadian Aktual	Jumlah Kasus Baru Program	Kejadian dalam Program
2	Sedang	2012	136,96	Naik	75	Naik
		2013	143,56	Naik	238	Naik
		2014	133,55	Turun	261	Naik
		2015	138,87	Naik	247	Turun

		2016	120,83	Turun	268	Naik
3	Sedang	2012	136,96	Naik	79	Naik
		2013	143,56	Naik	215	Naik
		2014	133,55	Turun	256	Naik
		2015	138,87	Naik	244	Turun
		2016	120,83	Turun	369	Naik

Pengujian ketiga dilakukan dengan kondisi ruangan di Kabupaten Bandung dalam kondisi buruk. Dari tiga kali pengujian didapatkan tiga data kenakian atau penurunan orang yang terjangkit tuberklosis dan di bandingkan dengan grafik CNR. Dari lima belas data tahun terdapat 5 kesalahan jika dibandingkan dengan data aktual atau 80 persen data benar dan 20 persen data kenaikan dan penurunan orang yang terjangkit tuberkulosis pada program salah.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian di Kota Bandung Dengan Kondisi Ruang Buruk

No	Kondisi ruangan	Tahun	Jumlah Kasus dalam CNR	Kejadian Aktual	Jumlah Kasus Baru Program	Kejadian dalam Program
1	Buruk	2012	136,96	Naik	109	Naik
		2013	143,56	Naik	336	Naik
		2014	133,55	Turun	305	Turun
		2015	138,87	Naik	318	Naik
		2016	120,83	Turun	303	Turun
2	Buruk	2012	136,96	Naik	54	Naik
		2013	143,56	Naik	267	Naik
		2014	133,55	Turun	331	Naik
		2015	138,87	Naik	331	Tetap
		2016	120,83	Turun	316	Turun

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa spesifikasi model yang diperlukan untuk membangun pemodelan berbasis agen memerlukan proses analisis kebutuhan diantaranya agen yang terlibat, perilaku agen, atribut agen, proses interaksi agen, serta pengaruh lingkungan. Evaluasi telah dilakukan dengan dua cara yaitu verifikasi dan validasi. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa model berbasis agen mampu membaca input dan menampilkan monitor dengan benar. Sedangkan hasil validasi dilakukan dengan cara pengujian penemuan kasus dibandingkan dengan Case Notification Rate TBC Paru dalam 100.000 Penduduk di Provinsi Jawa Barat Tahun 2010 – 2016. Dengan hasil pengujian rata-rata kesamaan kenaikan dan penurunan orang terkena penyakit tuberkulosis diatas 50 % baik itu di Kabupaten Bandung atau juga di Kota Bandung.

Daftar Pustaka:

- [1] Nuraisya Meza, Mateus Sakundarno Adi, Lintang Dian Saraswati. 2018. GAMBARAN FAKTOR YANG TERKAIT DENGAN PENEMUAN KASUS TUBERKULOSIS PARU DI KABUPATEN BATANG BERDASARKAN KARAKTERISTIK, KINERJA PETUGAS DAN FASILITAS LABORATORIUM

- PUSKESMAS. JURNAL KESEHATAN MASYARAKAT (e-Journal) Volume 6, Nomor 2, April 2018 (ISSN: 2356-3346)
- [2] Tri Martiana, M.Atoillah Isfandiari, Muji Sulistyowati, Ira Nurmala. 2007. ANALISIS RISIKO PENULARAN TUBERCULOSIS PARU AKIBAT FAKTOR PERILAKU DAN FAKTOR LINGKUNGAN PADA TENAGA KERJA DI INDUSTRI. Berita Kedokteran Masyarakat, Vol. 23, No. 1, Maret 2007
- [3] Kementerian kesehatan RI. INFODATIN Tuberkulosis Temukan Obati Sampai Sembuh. 2015.
- [4] LILI ANITA LUBIS. TREND ANALISIS DENGAN METODE TIME SERIES UNTUK MERAMALKAN PENDERITA TUBERCULOSIS (TB) TAHUN 2017-2021 BERDASARKAN DATA PENDERITA TB TAHUN 2012-2016 DI KABUPATEN MANDAILING NATAL [Skripsi]. Medan : FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT UNIVERSITAS SUMATERA UTARA MEDAN : 2018
- [5] Depkes RI., 2011. Pedoman Nasional Penanggulangan Tuberkulosis. Jakarta
- [6] Tari Saputri, Cahyadi Nugraha, Khuria Amila. MODEL SIMULASI UNTUK PERGERAKAN KENDARAAN PADA RUANG DUA DIMENSI KONTINU DENGAN PENDEKATAN PEMODELAN BERBASIS AGEN. 2014. Jurnal Online Institut Teknologi Nasional
- [7] Macal CM, North MJ. 2011. Introductory tutorial: agent-based modeling and simulation. Di dalam: Jain S, editor. Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference (WSC); 2011 14 Dec 2011; Phoenix, Arizona, USA. Piscataway
- [8] Khalil KM, Nazmy TT, Salem AB. 2009. An Agen-Based Modeling for Pandemic Influenza in Egypt. Di dalam: Lu j, Lakhmi C. Jain, Zhang G, editor. Handbook on Decisin Making. Heidelberg. Volume 33 of the series Intelligent Systems Reference Library pp 205-218
- [9] Wilensky U, Tisue S. 2004. NetLogo: A Simple Environment for Modeling Complexity. International Conference on Complex System. Boston
- [10] Wilensky U. Tisue S. 2004. NetLogo: Design and Implementation of a Multi-Agent Modeling Environment. Proceedings of the Agent 2004 Conference on Social Dynamics: Interaction, Reflexivity and Emergence, Chicago. IL.