

SIMULASI PENYEBARAN COVID-19 DI KOTA AMBON DENGAN MENGUNAKAN FAKTOR VAKSIN DAN KARANTINA

Rini A Sangadji¹, W. Latuny¹, J. M. Tupan¹

¹ Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

* e-mail: rinnisangadji13@gmail.com

ABSTRAK

Badan Kesehatan Dunia atau World Health Organization (WHO) telah menyatakan Covid-19 sebagai pandemik pada 11 Maret 2020 setelah virus ini menyebar ke hampir seluruh belahan dunia. Penyebaran Covid-19 di Kota Ambon sangat mengalami peningkatan yang cukup tinggi, hingga Oktober 2020 sudah mencapai 3112 jiwa sesuai data yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Ambon. Tujuan penelitian ini yaitu menetapkan tingkat penyebaran berdasarkan simulasi penyebaran Covid-19 di Kota Ambon. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu studi literatur mengenai penyebaran Covid-19 dan sistem dinamik. Hasil penelitian ini yaitu mulai dari pemodelan pendahuluan penyebaran Covid-19 di Kota Ambon diawali dengan suspek, terkonfirmasi dan sembuh serta didukung dengan parameter lainnya, seperti penyebaran dari orang terkonfirmasi, lingkungan, jumlah populasi dan tingkat efektifitas kontak. Berdasarkan simulasi yang dijalankan terdapat tiga skenario yang dipilih untuk menentukan tingkat penyebaran Covid-19 di Kota Ambon, yaitu skenario I berlakukan vaksin dan karantina, skenario II berlakukan vaksin tetapi tanpa adanya karantina dan skenario III berlakukan karantina tanpa vaksin. Simulasi menghasilkan bahwa skenario yang dipilih yaitu skenario I, yang mampu menurunkan tingkat penyebaran Covid-19 di Kota Ambon dengan memberlakukan Vaksin dan Karantina.

Kata kunci: Simulasi, Penyebaran, Covid - 19, Vaksin, Karantina

ABSTRACT

The World Health Organization (WHO) has declared Covid-19 a pandemic on March 11, 2020 after the virus has spread to almost all parts of the world. The spread of Covid-19 in Ambon City has experienced a fairly high increase, until October 2020 it has reached 3112 people according to data obtained from the Ambon City Health Office. The purpose of this study is to determine the level of spread based on the simulation of the spread of Covid-19 in Ambon City. The method used in this research is a literature study on the spread of Covid-19 and system dynamics. The results of this study are starting from preliminary modeling of the spread of Covid-19 in Ambon City starting with suspects, confirmed and cured and supported by other parameters, such as spread from confirmed people, environment, population size and contact effectiveness. Based on the simulations that were run, there were three scenarios selected to determine the level of spread of Covid-19 in Ambon City, namely scenario I applying vaccine and quarantine, scenario II applying vaccine but without quarantine, and scenario III applying quarantine without vaccine. The simulation results that the selected scenario is scenario I, which is able to reduce the spread of Covid-19 in Ambon City by implementing vaccines and quarantine.

Keywords: Simulation, Spread, Covid - 19, Vaccine, Quarantine.

1. PENDAHULUAN

Badan Kesehatan Dunia atau World Health Organization (WHO) telah menyatakan Covid-19 sebagai pandemik pada 11 Maret 2020 setelah virus ini menyebar ke hampir seluruh belahan

dunia. Sampai dengan Mei 2020 virus ini telah menyebar ke 212 negara, dan wilayah yang paling terdampak adalah Amerika Serikat dan sebagian besar negara-negara di Benua Eropa seperti, Itali, Prancis, Spanyol, dan Inggris. Indonesia sendiri menjadi wilayah bagian Asia Tenggara dengan jumlah kasus tertinggi dengan total positif Covid-19 per Oktober 2020 sebanyak 410.088 jiwa serta korban meninggal sebanyak 13.869 jiwa. Pemerintah Kota Ambon menetapkan sesuai dengan Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, status Kejadian Luar Biasa (KLB) pasca penemuan kasus positif Covid-19 di Kota Ambon pada Minggu, 22 Maret 2020. Pasien yang dikatakan positif Covid-19 pertama di Kota Ambon itu sempat menyandang status Pasien dalam pengawasan (PDP) tetapi karena kondisi pasien semakin membaik maka statusnya di turunkan menjadi Orang Dalam Pemantauan. Sesuai data yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Ambon semakin meningkat status terkonfirmasi Covid-19 sejak bulan Maret-Oktober 2020 sebanyak 3112 jiwa.

Sistem dinamis di definisikan sebagai sebuah bidang untuk memahami bagaimana sesuatu berubah menurut waktu (Buntuan, 2010). Metodologi sistem dinamik ini telah dan sedang dikembangkan sejak diperkenalkan pertama kali oleh Jay W. Forrester pada tahun 1950-an sebagai suatu metode pemecahan masalah-masalah kompleks yang timbul karena ketergantungan sebab akibat dari berbagai macam variabel di dalam sistem. Sistem dinamik dititik beratkan pada penentuan kebijakan dan bagaimana kebijakan tersebut menentukan tingkah laku masalah-masalah yang dapat dimodelkan dengan menggunakan sistem dinamik. Dalam metodologi sistem dinamik yang dimodelkan adalah struktur informasi sistem yang didalamnya terdapat sumber informasi dan jaringan aliran informasi yang saling terhubung. Model dinamik merupakan suatu metode pendekatan eksperimental yang mendasari kenyataan-kenyataan yang ada dalam suatu sistem untuk mengamati tingkah laku sistem tersebut (Buntuan, 2010).

2. TINJAUAN PUSTAKA

a. *Pemodelan Epidemic (Wabah)*

Pemodelan penyakit menular merupakan sebuah alat yang telah digunakan untuk mempelajari mekanisme penyebaran penyakit, untuk memprediksi masa depan wabah dan untuk mengevaluasi strategi untuk mengendalikan epidemi (Forrester, 1994).

Untuk mencegah dan mengendalikan penyakit menular secara lebih efektif, penting untuk sepenuhnya memahami mekanisme penyebaran dan dinamika transmisi penyakit, dan kemudian memberikan prediksi dan panduan yang berguna sehingga strategi yang lebih baik dalam penanggulangan penyebaran dapat ditetapkan.

b. *Kermack dan McKendrick SIR Kompartemen Model*

Dalam model kompartemen yang dipelajari oleh Kermack dan McKendrick pada tahun 1927, populasi dibagi menjadi tiga kompartemen: kompartemen rentan, diberi label S (*Susceptible*), di mana semua individu rentan jika mereka kontak dengan suatu penyakit; kompartemen yang terinfeksi, berlabel I (*Infectious*), di mana semua individu terinfeksi oleh penyakit dan infeksi; dan kompartemen yang dihapus, berlabel R (*Removed/Recovered*), di mana semua individu dikeluarkan atau pulih dari infeksi. Jumlah individu dalam kompartemen S, I, dan R, pada waktu t, masing-masing dinyatakan sebagai S (t), I (t), dan R (t) (Aminudin, et.al, 2014). Tiga asumsi berikut kemudian dirumuskan:

1. Penyakit ini menyebar di lingkungan tertutup; yaitu, tidak ada emigrasi atau imigrasi, dan tidak ada kelahiran atau kematian dalam populasi, sehingga total populasi tetap menjadi K konstan untuk semua t, yaitu

$$S(t) + I(t) + R(t) \equiv K.$$

Keterangan:

S = Suspek

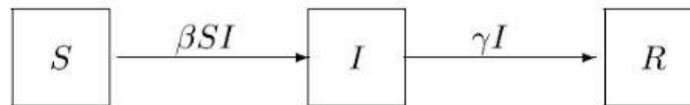
I = *Infectious*

R = *Recovered*

T = Waktu

K = Konstan

2. Jumlah kerentanan yang terinfeksi oleh individu yang terinfeksi per unit waktu, pada waktu t , sebanding dengan jumlah total kerentanan dengan koefisien proporsional (koefisien transmisi) β , sehingga jumlah total infeksi baru, pada waktu t , adalah $\beta S(t) I(t)$.
3. Jumlah yang dihapus (pulihan) yaitu individu dari kompartemen yang terinfeksi per satuan waktu adalah $\gamma I(t)$ pada waktu t , di mana γ adalah koefisien tingkat pemulihan, dan individu yang dipulihkan memperoleh kekebalan permanen.



Gambar 1. Flowchart Model SIR (Aminudin et al., 2014)

c. *Corona Virus Disease-19 (Covid-19)*

Virus corona berbentuk bulat dengan diameter sekitar 125 nm seperti yang digambarkan dalam penelitian menggunakan *cryo-electron microscopy*. Partikel virus corona mengandung empat protein struktural utama, yaitu protein S (*spike protein*) yang berbentuk seperti paku, protein M (*membrane protein*), protein E (*envelope protein*) dan protein N (*nucleocapside protein*). Virus corona termasuk *superdomain biota, kingdom virus*. Virus corona adalah kelompok virus terbesar dalam ordo *Nidovirales*.

d. *Penyebaran Penyakit*

Penyebaran atau transmisi adalah perpindahan patogen yang menyebabkan penyakit menular dari individu atau kelompok inang yang terinfeksi ke individu atau kelompok tertentu lainnya. Perpindahan ini memungkinkan suatu penyakit tersebar secara luas. Proses perpindahan patogen dapat terjadi dengan berbagai cara, baik melalui penularan langsung ketika individu terinfeksi bertemu dengan individu peka di suatu tempat, maupun secara tidak langsung dengan perantara benda atau organisme lainnya. Pemahaman mengenai cara transmisi suatu penyakit dimanfaatkan untuk mencegah dan mengendalikan penyakit tersebut.

e. *Sistem Dinamis*

Sistem dinamis didefinisikan sebagai sebuah bidang untuk memahami bagaimana sesuatu berubah menurut waktu (Buntuan, 2010). Metodologi sistem dinamis ini telah dan sedang dikembangkan sejak diperkenalkan pertama kali oleh Jay W. Forester pada tahun 1950-an sebagai suatu metoda pemecahan masalah-masalah kompleks yang timbul karena ketergantungan sebab akibat dari berbagai macam variabel di dalam sistem.

Sistem dinamis dititikberatkan pada penentuan kebijakan dan bagaimana kebijakan tersebut menentukan tingkah laku masalah-masalah yang dapat dimodelkan dengan menggunakan sistem dinamis. Dalam metodologi sistem dinamis yang dimodelkan adalah struktur informasi sistem yang didalamnya terdapat sumber informasi dan jaringan aliran informasi yang saling terhubung. Model dinamis merupakan suatu metode pendekatan eksperimental yang mendasari kenyataan-kenyataan yang ada dalam suatu sistem untuk mengamati tingkah laku sistem tersebut.

Tujuan metodologi sistem dinamis berdasarkan filosofi sebab akibat adalah mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang cara kerja suatu sistem. Tahapan dalam pendekatan sistem dinamis adalah:

1. Identifikasi dan definisi masalah
2. Konseptualisasi sistem
3. Formulasi model
4. Simulasi model
5. Analisa kebijakan

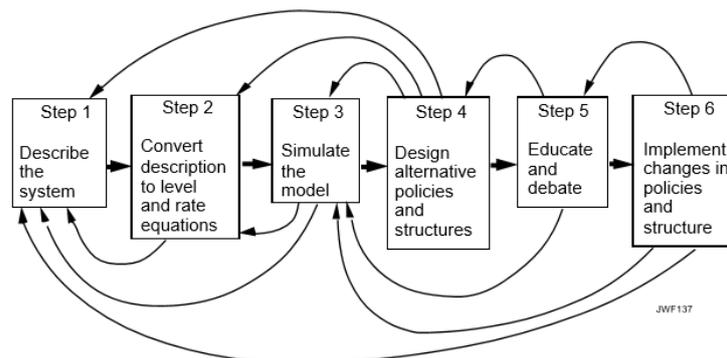
6. Implementasi kebijakan Tahapan dalam pendekatan sistem dinamik ini diawali dan diakhiri dengan pemahaman sistem dan permasalahannya sehingga membentuk suatu lingkaran tertutup.

Diagram pendekatan metoda sistem dinamis dapat dilihat pada Gambar 2. Dalam konteks sistem dinamik terdapat tiga komponen utama, yaitu:

1. Pengambilan keputusan, adalah suatu usaha untuk menyelesaikan masalah dan melakukan sesuatu.
2. Analisis sistem umpan balik, berhubungan dengan penggunaan informasi secara tepat untuk mengambil keputusan tersebut.
3. Simulasi, memberikan representasi kepada para pengambil keputusan terhadap hasil dari keputusan di masa mendatang

f. *Pemodelan Sistem Dinamis*

Tujuan model sistem dinamis adalah untuk mempelajari, mengenal, dan memahami struktur, kebijakan, dan delay suatu keputusan yang mempengaruhi perilaku sistem itu sendiri. Dalam kerangka berpikir sistem dinamis, permasalahan dalam suatu sistem dilihat tidak disebabkan oleh pengaruh luar (*exogenous explanation*). Fokus utama dari metodologi sistem dinamis adalah memperoleh pemahaman atas suatu sistem, sehingga langkah-langkah pemecahan pemecahan masalah memberikan umpan balik pada pemahaman sistem. Pada Gambar 2.3 ditunjukkan rangkaian proses dalam sistem dinamis yang dijelaskan oleh Jay Forrester dalam jurnalnya, "System Dynamics, System Thinking and Soft OR" (Forrester, 1994).



Gambar 2. Proses dalam Sistem Dinamik (Forrester, 1994)

Langkah pertama merupakan investigasi yang termotivasi oleh perilaku sistem yang tidak diinginkan yang ingin dimengerti dan diperbaiki. Langkah awal adalah mengerti, tetapi tujuan akhirnya adalah perbaikan. Pertama-tama adalah mendeskripsikan sistem yang relevan kemudian menghasilkan suatu hipotesis bagaimana sistem tersebut menghasilkan perilaku.

Langkah kedua adalah memulai memformulasikan suatu model simulasi. Deskripsi sistem dari langkah pertama diubah menjadi persamaan level dan rate dari suatu model sistem dinamik. Penulisan persamaan bisa memperlihatkan adanya gap dan ketidakkonsistenan yang harus di perbaiki di tahap sebelumnya (tahap deskripsi).

Langkah ketiga dapat dimulai jika persamaan di langkah kedua telah memenuhi kriteria logis untuk sebuah model yang dapat dijalankan. Software sistem dinamik biasanya menyediakan cek logis untuk memenuhi kriteria logis tersebut. Tahap simulasi ini juga mengarahkan pada deskripsi masalah dan perbaikan persamaan kembali. Langkah ketiga ini harus menyesuaikan dengan elemen penting dalam praktek sistem dinamik yang baik, simulasi harus menggambarkan bagaimana pertimbangan kesulitan yang dicoba dilakukan di sistem yang nyata. Berbeda dengan metodologi yang berfokus pada kondisi masa depan ideal untuk suatu sistem, sistem dinamik hanya menyatakan bagaimana kondisi saat ini dan bagaimana mengarahkannya ke suatu perbaikan. Simulasi pertama akan mengarahkan pada pertanyaan-pertanyaan dan pengulangan

langkah pertama dan kedua, hingga model benar-benar dikatakan cukup untuk mencapai tujuan. Tidak ada cara untuk membuktikan validasi dari isi suatu teori yang merepresentasikan perilaku dunia nyata. Yang mungkin dicapai hanyalah tingkat kepercayaan dari sebuah model yang terhadap kecukupan, waktu, serta biaya untuk melakukan perbaikan

Langkah keempat adalah mengidentifikasi alternatif skenario atau policy option untuk pengujian. Uji simulasi digunakan untuk mencari skenario yang akan memberikan peluang penerapan terbaik. Alternatif tersebut dapat berupa pengetahuan intuitif selama tiga langkah pertama, analisis yang berpengalaman, permintaan orang-orang yang berada dalam sistem, atau berupa uji perubahan parameter secara otomatis yang lebih mendalam. Pencarian parameter secara otomatis akan sangat berguna.

Langkah kelima melalui suatu konsensus untuk proses implementasi. Langkah kelima merepresentasikan tantangan terbesar terhadap kemampuan memimpin dan mengkoordinasi. Tidak masalah berapa orang yang ikut andil dalam langkah pertama hingga keempat, karena semuanya akan terlibat dalam proses implementasi. Model akan memperlihatkan bagaimana sistem menyebabkan masalah yang sedang mereka hadapi.

Langkah keenam adalah implementasi kebijakan baru. Kesulitan dari langkah ini kebanyakan berasal dari ketidakcukupan langkah sebelumnya. Jika modelnya relevan dan persuasif, dan pendidikan di langkah kelima telah cukup, maka langkah keenam akan berjalan dengan baik. Walaupun demikian, implementasi memerlukan waktu yang sangat panjang. Kebijakan lama harus benar-benar dihilangkan, dan kebijakan baru akan memerlukan sumber informasi baru dan training.

g. Umpan Balik (Feedback)

Sistem dinamis memandang bahwa suatu sistem memiliki *loop* tertutup, konsep dasar sistem dinamis adalah mengenai umpan balik, sehingga setiap variabel yang ada pada sistem dapat memiliki dua peran yaitu sebagai penyebab dan sebagai akibat. Dalam sistem tertutup, perubahan pada suatu variabel dapat mempengaruhi perubahan pada keseluruhan lingkungan dalam sistem, termasuk variabel itu sendiri.

h. Struktur dan Perilaku Sistem Dinamis

Perilaku dari sebuah sistem muncul dari strukturnya. Di mana sebuah struktur terdiri dari *loop* umpan balik, stok dan aliran, serta kenonlinieran yang diciptakan oleh interaksi dari struktur fisik dan instutisional sistem dengan proses pengambilan keputusan dari agen-agen yang bertindak di dalamnya.

Tiga bentuk dasar dari perilaku sistem dinamik adalah pertumbuhan eksponensial (*exponential growth*), pencapaian tujuan (*goal seeking*), dan isolasi (*oscillation*). masing-masing dari ketiga perilaku ini dibentuk oleh struktur umpan balik yang sederhana, yaitu: pertumbuhan muncul dari umpan balik positif, pencapaian tujuan muncul dari umpan balik negatif, dan osilasi muncul dari umpan balik negatif dengan penundaan waktu dalam *loop*.

i. Causal loop diagram (Diagram Sebab Akibat)

Causal Loop Diagram adalah ekspresi hubungan kausal ke dalam gambar tertentu. Unsur sebab dan akibat salah satu diantaranya merejuk keadaan terukur kualitatif (didasarkan) atau kuantitatif (*actual*). Proses (*rate*) atau informasi tentang keadaan sebagai sebab yang menghasilkan keadaan (*level*) atau pengaruh pada proses sebagai akibat atau sebaliknya (Muhammadi et al., 2009). *Causal loop diagram* adalah alat yang penting untuk mempresentasikan stuktur umpan balik dari sistem.

j. Validasi Model

Validasi model simulasi dilakukan dengan mengecek akurasi hasil program simulasi dan worksheet aplikasi simulasi yang lolos verifikasi. Validasi model tidak sama dengan verifikasi model tetapi berkaitan berdasarkan berlakunya validasi atas model yang sudah lolos verifikasi. Validasi dalam pemodelan sistem dinamik dapat dilakukan dengan beberapa cara meliputi uji

struktur secara langsung (*direct structure tests*) tanpa memproses model, uji struktur tingkah laku model (*structure oriented behaviour test*) dengan proses model, dan perbandingan tingkah laku model dengan sistem nyata (*quantitative behaviour pattern comparison*), yaitu dengan uji nilai tengah persentase kesalahan absolut (*mean absolute percentage error*) adalah salah satu ukuran relatif yang menyangkut kesalahan persentase. Uji ini dapat digunakan untuk mengetahui kesesuaian data hasil prakiraan dengan data aktual (Aminudin et al., 2014)

$$\text{MAPE} = \frac{\sum \left| \frac{A-S}{A} \right|}{N} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

A= Data Aktual

S= Data Hasil Simulasi

n =Period/Banyak Data

Dengan kriteria ketepatan model dengan Uji MAPE sebagai berikut :

- MAPE <5% : Sangat Tepat
- 5% < MAPE < 10% : Tepat
- MAPE > 10% : Tidak Tepat

k. Istilah-Istilah Dalam Pemodelan Pandemi Covid-19.

Ada berbagai istilah pandemic dalam model matematika yang dimana dikenal berdasarkan sifat-sifat ataupun ciri-cirinya. Misalnya *S*, *E*, *I* dan *R* menunjukkan *Susceptible* (Kelas populasi yang rentan), *Exposed* (kelas populasi yang laten), *Infectious* (kelas populasi yang infeksi) dan *Recovered* (kelas populasi yang sembuh).

1. Suspek atau *Susceptible*, adalah populasi rentan yang dapat tertular wabah dalam suatu wilayah.
2. Terinfeksi atau *Infected*, adalah jumlah populasi yang telah terinfeksi dan dinyatakan positif berdasarkan hasil test yang telah dilakukan. Populasi ini memiliki kemampuan untuk menularkan penyakit ke individu lain dan dapat menjadi *spreader*.
3. Sembuh atau *Recovered*, adalah jumlah populasi yang mengalami kesembuhan setelah dinyatakan positif tertular. Dimana pasien dikatakan sembuh dari Covid-19 apabila mendapatkan dua kali hasil negatif dari tes *real-time-polymerase chain reaction* (RT-PCR).
4. Jumlah Populasi, merupakan total populasi suatu wilayah, yang dimana penduduknya rentan terhadap suatu penyakit/wabah tertular.
5. Lingkungan, adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia, dan perilakunya, yang memengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain dan dapat mempengaruhi hidupnya.
6. Tingkat Efektivitas Kontak, merupakan salah satu hal yang mempermudah penyakit untuk menular dalam suatu lingkungan.
7. Penyebaran dari Orang Terkonfirmasi, dalam hal ini merupakan komunikasi antara orang yang rentan dan orang yang sudah terinfeksi sehingga menimbulkan penyebaran penyakit/wabah.
8. Masa Penyembuhan, adalah hari dimana orang yang terinfeksi mendapatkan perawatan entah itu dari pemerintah maupun perawatan mandiri.
9. Dikantina, merupakan proses mengurangi risiko penularan dan identifikasi dini COVID-19 melalui upaya memisahkan individu yang sehat atau belum memiliki gejala COVID-19 tetapi memiliki riwayat kontak dengan pasien konfirmasi COVID-19 atau memiliki riwayat bepergian ke wilayah yang sudah terjadi transmisi lokal.
10. Divaksin, merupakan kegiatan pemberian vaksin kepada seseorang dimana vaksin tersebut berisi satu atau dua antigen.
11. ODP adalah orang yang memiliki Riwayat sempat bepergian ke daerah yang terinfeksi Covid-19 atau melakukan kontak langsung dengan orang terinfeksi Covid-19, namun belum menunjukkan adanya gejala-gejala telah terinfeksi.

12. PDP adalah orang yang menunjukkan gejala terinfeksi Covid-19.

3. METODE PENELITIAN

a. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kota Ambon, pada Dinas Kesehatan Kota Ambon. Penelitian ini berlangsung dari bulan Agustus 2020 sampai selesai.

b. Variabel Penelitian

Variabel Penelitian adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh seorang peneliti dengan tujuan untuk dipelajari sehingga didapatkan informasi mengenai hal tersebut dan ditariklah sebuah kesimpulan. Simulasi menggunakan *software* vensim pada penelitian ini, memiliki variable model dari simulasi yakni disebut sebagai parameter *variable* yang diinput untuk mendukung variable penelitian ini, sedangkan parameter *rate*, yaitu variable-variabel dalam penelitian ini. Berikut adalah variabel-variabel dari penelitian ini:

1. Variabel Terikat (y)

Variabel terikat adalah variabel independen yang dipengaruhi karena adanya variabel bebas. Variabel ini merupakan hasil yang timbul sebagai akibat langsung dari pengaruh variabel bebas. Variabel terikat dari penelitian ini yaitu y = tingkat penyebaran Covid-19.

2. Variabel Bebas (x)

Variabel bebas yaitu variabel yang menjadi sebab terjadinya atau terpengaruhnya variabel terikat. Variabel bebas dapat mempengaruhi kinerja atau menjadi penyebab perubahan atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu, x_1 = suspek, x_2 = terkonfirmasi dan x_3 = sembuh

Dengan model regresi linear yang digunakan sebagai berikut.

$$y = f(x_1, x_2, x_3)$$

Keterangan:

y = Tingkat Penyebaran Virus Covid-19 (%)

x_1 = Suspek (Jiwa)

x_2 = Terkonfirmasi (Jiwa)

x_3 = Sembuh (Jiwa)

• Suspek (x_1)

Suspek adalah populasi rentan yang dapat tertular wabah dalam suatu wilayah. Yang dimana merupakan orang yang memiliki gejala batuk pilek, demam atau sakit tenggorokkan yang memiliki riwayat perjalanan ke wilayah penyebaran Covid-19 maupun memiliki riwayat kontak dengan penderita Covid-19.

• Terkonfirmasi Covid (x_2)

Terkonfirmasi Covid adalah jumlah populasi yang telah terinfeksi dan dinyatakan positif berdasarkan hasil PCR/swab test di laboratorium secara *real time*, yang telah dilakukan. Populasi ini memiliki kemampuan untuk menularkan penyakit ke individu lain dan dapat menjadi *spreader*.

• Sembuh (x_3)

Sembuh adalah jumlah populasi yang mengalami kesembuhan setelah dinyatakan positif tertular. Dimana pasien dikatakan sembuh dari Covid-19 apabila mendapatkan dua kali hasil negatif dari tes *real-time-polymerase chain reaction* (RT-PCR).

c. Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan khususnya untuk data historis kasus Covid-19 di Kota Ambon, diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Ambon.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Perancangan Model Awal Pendahuluan Penyebaran Covid-19

Perancangan awal dilakukan dengan menentukan Variabel-variabel utama sebagai *stock* dan *flow* yang akan dirancang pada *software Vensim*, dengan menggunakan Variabel-variabel utama yaitu:

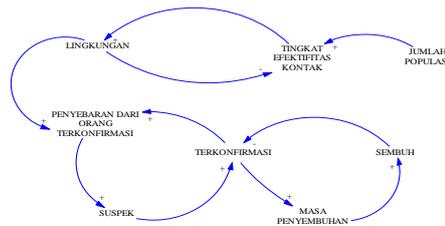
1. Suspek atau *Susceptible*, adalah populasi rentan yang dapat tertular wabah dalam suatu wilayah.
2. Terkonfirmasi, atau *Infected*, adalah jumlah populasi yang telah terinfeksi dan dinyatakan positif berdasarkan hasil test yang telah dilakukan. Populasi ini memiliki kemampuan untuk menularkan penyakit ke individu lain dan dapat menjadi *spreader*.
3. Sembuh, *Recovered*, adalah jumlah populasi yang mengalami kesembuhan setelah dinyatakan positif tertular. Dimana pasien dikatakan sembuh dari Covid-19 apabila mendapatkan dua kali hasil negatif dari tes *real-time-polymerase chain reaction (RT-PCR)*.



Gambar 3. Perancangan Awal Model

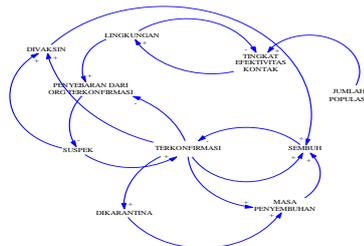
Pemodelan awal penyebaran Covid-19 pada penelitian ini menyesuaikan dengan kondisi yang terjadi di Indonesia, terkhususnya wilayah Kota Ambon. Pemodelan ini dikembangkan dengan mengikuti data-data yang dikeluarkan oleh pemerintah Kota Ambon. Pemodelan yang diawali dengan populasi rentan yang dapat tertular Covid-19 atau suspek, kemudian dengan melakukan test RT-PCR yang diajukan oleh pemerintah maka dapat diketahui seseorang yang rentan akan terkonfirmasi Covid-19 atau tidak, kemudian pemerintah akan melakukan kebijakan seperti akan di isolasi atau diberikan pelayanan di Rumah Sakit sehingga akan berada pada tahap Sembuh, atau tidak terkonfirmasi Covid-19 lagi setelah melakukan test RT-PCR. Setelah melakukan pemodelan awal maka dapat dibangun pengembangan rancangan model yang dimana terdapat variabel-variabel pendukung yang terangkum dalam sebuah *causal loop diagram*.

b. Pengembangan Rancangan Model



Gambar 4. Pengembangan Rancangan Model Pendahuluan

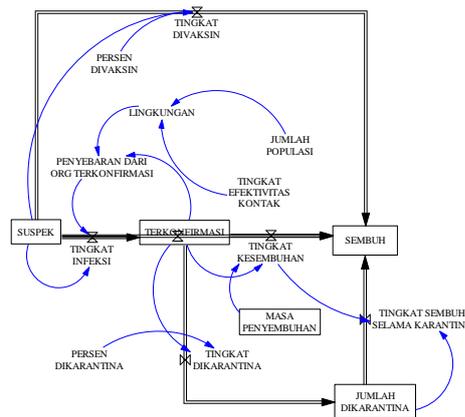
c. Perancangan Model Pendahuluan dengan Menambahkan Alternatif



Gambar 5. Perancangan Model Pendahuluan dengan Menambahkan Alternatif

d. Stock and Flow Diagram

Tampilan model simulasi pandemik Covid-19 di Kota Ambon yang telah digambarkan dan disusun menggunakan *software Vensim* berdasarkan rancangan awal dari *Causal Loop Diagram*. Model simulasi *stock and flow* digambarkan dengan model awal yaitu Suspek, Terkonfirmasi dan Sembuh. Selanjutnya variable-variabel pendukung seperti penyebaran dari orang terkonfirmasi, lingkungan, tingkat efektifitas kontak dan jumlah populasi jiwa yang ada di Kota Ambon. Adapun variable-variabel lainnya yang mendukung untuk mengetahui tingkat penyebaran Covid-19 di Kota Ambon yakni Vaksin dan Karantina, yang dilihat dari persentasi vaksin dan karantina serta tingkatan vaksin, tingkat di karantina, masa penyembuhan, tingkat sembuh selama karantina dan jumlah yang di karantina. Dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Model Simulasi Pemodelan Awal

• **Formulasi Model**

Tabel 1. Formulasi Pemodelan

No	Variabel	Unit	Model	Formulasi
1	Suspek	Jiwa	Level	Integ(-Tingkat Divaksin-Tingkat Infeksi), Initial Value = sisa jumlah populasi yang rentan
2	Terkonfirmasi	Jiwa	Level	Integ(Tingkat Infeksi-Tingkat Karantina-Tingkat Kesembuhan), Initial Value = jumlah kasus terkonfirmasi
3	Sembuh	Jiwa	Level	Integ(Tingkat Divaksin+Tingkat Kesembuhan-Tingkat Sembuh Selama Karantina), Initial Value = sisa jumlah kasus terkonfirmasi dari kasus sembuh
4	Jumlah Populasi	Jiwa	Variabel	Intial Value = Jumlah Populasi di Kota Ambon
5	Lingkungan	1/Day	Variabel	Tingkat Efektifitas Kontak/Jumlah Populasi
6	Penyebaran Dari Orang Terkonfirmasi	Day	Variabel	Lingkungan*Terkonfirmasi
7	Tingkat Efektivitas Kontak	Dmnl	Variabel	0,5
8	Masa Penyembuhan	Day	Variabel	14 Hari
9	Jumlah Dikarantina	Jiwa	Variabel	Integ (Tingkat Dikarantina+Tingkat Kesembuhan Selama Karantina), Intial Value = Jumlah kasus terkonfirmasi
10	Persen Dikarantina	Persen	Variabel	0,12
11	Persen Divaksin	Persen	Variabel	0,24
12	Tingkat Infeksi	Jiwa	Rate	Penyebaran Dari Orang Terkonfirmasi*Suspek
13	Tingkat Divaksin	Jiwa*Perse Rate		Suspek*Persen Divaksin
14	Tingkat Dikarantina	Jiwa*Perse Rate		Terkonfirmasi*Persen Dikarantina
15	Tingkat Sembuh Selama Karantina	Jiwa/Day	Rate	Tingkat Kesembuhan*Jumlah Dikarantina
16	Tingkat Kesembuhan	Jiwa/Day	Rate	Terkonfirmasi/Masa Penyembuhan

e. **Validasi Model**

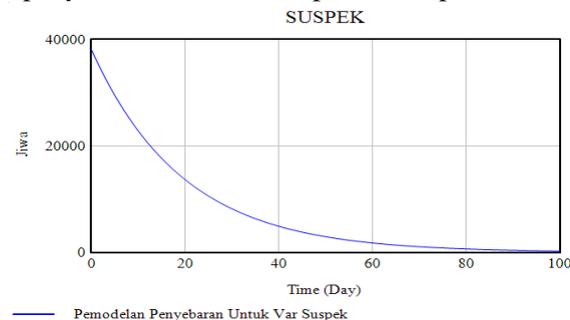
• **Validasi Model Variabel Suspek**

Validasi model adalah proses menentukan apakah model simulasi yang dibuat dapat mempresentasikan sistem nyata dengan tepat. Model dikatakan *valid* apabila hasil perbandingan menunjukkan bahwa model dan *real system* tidak berbeda secara signifikan. Validasi model Suspek ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Validasi model variabel Suspek

Bulan	Jumlah data Aktual	Jumlah Data Simulasi	MAPE
November	376.400	2.393.314	5,24%
Desember	370.646	130.179	0,6%
Januari	364.174	27.941	0,9%

Sesuai dengan keterangan yang ada maka data hasil validasi simulasi ini <10% termasuk kategori tepat. Maka dapat dilihat untuk grafik dari variabel Suspek dengan menggunakan pemodelan pendahuluan penyebaran Covid-19 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Variabel Suspek dalam Pemodelan Pendahuluan Penyebaran Covid-19

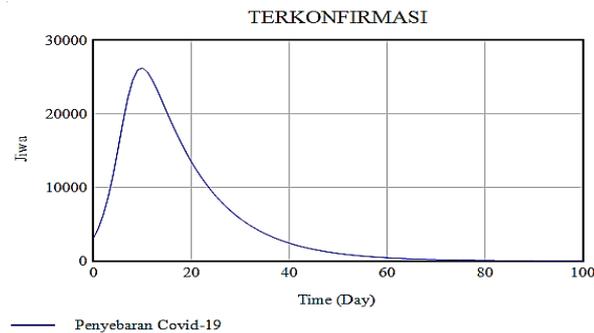
• **Validasi Model Variabel Terkonfirmasi**

Menggunakan data yang diperoleh, maka validasi model ini akan dilihat dari bulan November-Januari, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Validasi model variabel Terkonfirmasi

Bulan	Jumlah data Aktual	Jumlah Data Simulasi	MAPE
November	4.620	247.590	52%
Desember	5.754	42.638	6,4%
Januari	6,572	5.092	0,2%

Sesuai dengan keterangan yang ada maka data hasil validasi simulasi ini <10% termasuk kategori tepat, tetapi pada bulan November terdapat sedikit kesalahan. Dapat dilihat untuk grafik dari variabel Terkonfirmasi dengan menggunakan pemodelan pendahuluan penyebaran Covid-19 dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Variabel Terkonfirmasi dalam Penmodelan Pendahuluan Penyebaran Covid-19

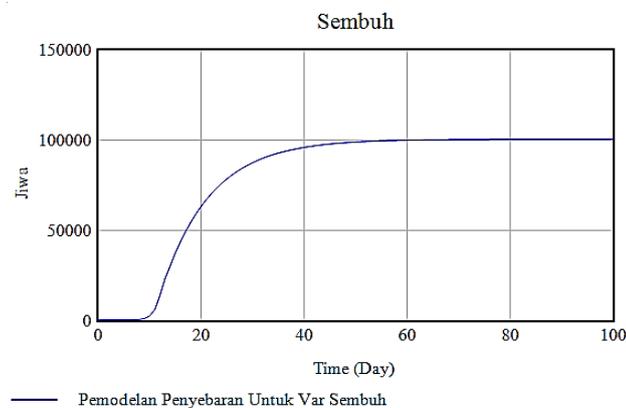
- **Validasi Model Variabel Sembuh**

Menggunakan data yang diperoleh, maka validasi model ini akan dilihat dari bulan November-Desember, dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Validasi model variabel Terkonfirmasi

Bulan	Jumlah data Aktual	Jumlah Data Simulasi	MAPE
November	3.792	25.223	5,7%
Desember	4.507	43.299	8,6%
Januari	5.437	60.616	10,1%

Sesuai dengan keterangan yang ada maka data hasil validasi simulasi ini $<10\%$ termasuk kategori tepat. Maka dapat dilihat untuk grafik dari variabel Terkonfirmasi dengan menggunakan pemodelan pendahuluan penyebaran Covid-19 dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Variabel Sembuh dalam Penmodelan Pendahuluan Penyebaran Covid-19

5. KESIMPULAN

Hasil simulasi, rancangan model konseptual yang didapatkan dari merancang model awal SIR (*Susceptible, Infected, Recovered*) atau suspek, terkonfirmasi dan sembuh serta telah melakukan validasi hasil simulasi menggunakan uji Mean Absolute Percentage Error (MAPE) yang dimana Model dikatakan valid apabila hasil perbandingan menunjukkan bahwa data aktual dan data simulasi tidak berbeda secara signifikan atau tidak $>10\%$, hasil validasi dari ketiga variabel penelitian ini yaitu $<10\%$ maka berada pada kriteria tepat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulisan ini dapat terwujud berkat adanya bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih sebesar-

besarnya disertai penghargaan yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah membantu sehingga penulisan ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminudin, M., Mahbubi, A., & Sari, R. A. P. 2014. Simulasi Model Sistem Dinamis Rantai Pasok Kentang Dalam Upaya Ketahanan Pangan Nasional. 6–10.
- Bantuan, I. F. 2010. Simulasi Model Dinamik Pada Sistem Deteksi Dini Untuk Manajemen Krisis Pangan. In Arhiv za Higijenu Rada
- Forrester, J. W. 1994. System dynamics, systems thinking, and soft OR. System Dynamics Review.
- Muhammadi, E., Aminullah, B., & Soesilo. 2009. Analisis Sistem Dinamis Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi, Manajemen, UMJ Press: Jakarta. Simulasi Sistem Pemodelan Dan Analisis.