

Bidang Ilmu : Teknik Industri

LAPORAN PENELITIAN DASAR

PEMODELAN DAN SIMULASI BERBASIS *AGENT BASED MODELLING AND SIMULATION (ABMS)* UNTUK MENGETAHUI PENYEBARAN *COVID-19* BERDASARKAN PERILAKU MANUSIA



Disusun Oleh :

Eko Nursubiyantoro, ST., MT	NIDN/SINTA ID : 0021096807/6022570
Ismianti, ST., M.Sc	NIDN/SINTA ID : 0029108903/6723430
Astrid Wahyu Adventri W., ST., M.Sc	NIDN/SINTA ID : 0018129102/6724441

Dibiayai oleh UPN "Veteran" Yogyakarta sesuai Surat Perjanjian Penelitian
Nomor : B/105/UN.62/PT/VII/2020
tanggal 6 Juli 2020

**FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI / JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian	:	Pemodelan dan Simulasi Berbasis <i>Agent Based Modelling and Simulation (ABMS)</i> untuk Mengetahui Penyebaran Covid-19 Berdasarkan Perilaku Manusia
Cakupan Bidang Ilmu	:	Teknik Industri
Arah Riset	:	Pemodelan sistem
Ketua Peneliti	:	
a. Nama	:	Eko Nursubiyantoro, S.T., M.T.
b. NIP	:	196809211991031001
c. NIDN/ID Sinta	:	0021096807 / 6022570
d. Jenis Kelamin	:	Laki-laki
e. Jabatan Fungsional	:	Lektor
f. Fakultas/Jurusan	:	Teknik Industri/Teknik Industri
Jumlah Anggota Peneliti	:	2 Orang
a. Nama Anggota 1	:	Ismianti, S.T., M.Sc.
b. NIP	:	198910292019032006
c. NIDN/ID Sinta	:	0029108903 / 6723430
d. Jenis Kelamin	:	Perempuan
e. Jabatan Fungsional	:	Tenaga Pengajar
f. Fakultas/Jurusan	:	Teknik Industri/Teknik Industri
a. Nama Anggota 2	:	Astrid Wahyu Adventri Wibowo, S.T., M.Sc.
b. NIP	:	199112182019032016
c. NIDN/ID Sinta	:	0018129102 / 6724441
d. Jenis Kelamin	:	Perempuan
e. Jabatan Fungsional	:	Tenaga Pengajar
f. Fakultas/Jurusan	:	Teknik Industri/Teknik Industri
Lokasi Penelitian	:	DI Yogyakarta
Lama Penelitian	:	8 Bulan
Biaya Penelitian	:	
a. Sumber UPN	:	Rp 35.000.000,00
b. Sumber Lain	:	-



Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik Industri

Ir. Mahreni, M.T., Ph.D.
NIP 196107031993032001

Yogyakarta, 27 November 2020

Ketua Peneliti

Eko Nursubiyantoro, S.T., M.T.
NIP 196809211991031001

Mengetahui,
Kepala LPPM

Dr. Hendro Widjanarko, S.E., M.M.
NIK 270079902081

ABSTRAK

Di awal tahun 2020, dunia dikejutkan dengan munculnya penyakit menular *Coronavirus Disease-2019 (COVID-19)*. Kecepatan penyebaran virus berbeda-beda di berbagai wilayah atau negara bergantung pada berbagai faktor seperti lingkungan, perilaku manusia, dan kebijakan pemerintah. Banyak penelitian telah dilakukan untuk memprediksi penyebaran *COVID-19*. Penelitian yang telah dilakukan biasanya untuk mengetahui kecepatan, puncak, dan prediksi penyelesaian pandemi ini. Namun, penelitian tentang penyebaran *COVID-19* dengan pendekatan perilaku individu yang berbeda masih sangat terbatas. Pemodelan dengan perilaku individu yang berbeda dalam penyebaran *COVID-19* dapat memberikan hasil yang lebih realistis.

Penelitian ini ingin mengetahui hubungan antara perilaku individu dengan penyebaran *COVID-19* di Indonesia dengan menggunakan Agent-Based Modeling and Simulation, dimana pemodelan ini menekankan pengaruh perilaku individu terhadap penyebaran *COVID-19*. Perangkat lunak yang digunakan dalam pemodelan ini adalah Netlogo 6.0. Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari 65 responden yang tersebar dari berbagai daerah di Indonesia dan data sekunder dari Satgas *Covid-19*, website pemerintah maupun sumber lainnya. Penelitian ini menyajikan simulasi dan informasi tentang berbagai kondisi penyebaran *COVID-19* akibat perbedaan perilaku individu. Dari penelitian ini diketahui bahwa penerapan protokol kesehatan oleh masing-masing individu dan kebijakan yang dilaksanakan oleh pemerintah berdampak pada penyebaran *COVID-19*.

Kata kunci : *aget-based, covid-19, model, penyebaran, simulasi*

KATA PENGANTAR

Laporan Penelitian Dasar dengan judul "Pemodelan dan Simulasi Berbasis *Agent Based Modelling And Simulation (ABMS)* untuk Mengetahui Penyebaran Covid-19 Berdasarkan Perilaku Manusia" ini disusun berdasarkan pada hasil kajian akademik pada pelaksanaan kegiatan Penelitian Dosen Jurusan Teknik Industri UPN "Veteran" Yogyakarta yang dibiayai dengan dana hibah internal Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) UPN "Veteran" Yogyakarta. Laporan Penelitian ini sebagai tindak lanjut pertanggungjawaban peneliti atas Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian nomor: B/105/UN.62/PT/VII/2020 tanggal 6 Juli 2020.

Model penyebaran Covid-19 dengan Agent-Based Modelling ini dibangun berdasarkan kajian literatur, pencarian data primer dan data sekunder yang ada di Indonesia. Dengan adanya model ini diharapkan dapat membantu menganalisis variable-variabel yang berdampak pada penyebaran Covid-19 sehingga penularannya dapat dicegah atau diminimalisasi dengan peran masing-masing baik individu maupun pemerintah.

Semoga apa yang sudah peneliti laporkan dalam laporan penelitian ini bermanfaat bagi banyak pihak baik akademisi, pemerintah, maupun masyarakat serta mampu memberikan inspirasi serta motivasi. Peneliti terbuka terhadap kritik maupun saran yang diberikan demi perbaikan dan penyempurnaan Laporan ini. Akhir kata kami ucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

Yogyakarta, November 2020

Peneliti

Eko Nursubiyantoro

Ismianti

Astrid Wahyu Adventri Wibowo

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Rumusan Masalah.....	2
1.4. Manfaat Hasil Penelitian.....	3
1.5. Sistematika Penulisan Laporan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>Corona Virus Disease (Covid-19)</i>	6
2.2. Pemodelan Berbasis Perilaku.....	7
2.3. Pemodelan Penyebaran Penyakit	10
BAB III KONTRIBUSI HASIL PENELITIAN	15
3.1. Kontribusi Hasil Penelitian	15
3.2. Peta Kontribusi.....	15
BAB IV METODE PENELITIAN	18
4.1. Obyek Penelitian	18
4.2. Pengumpulan Data	18
4.3. Kerangka Penelitian	18
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
5.1. ODD Protokol	21
5.2. Model	25
5.3. Simulasi Model	30
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	38
6.1. Kesimpulan	38
6.2. Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	42

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Peta Penelitian	16
Tabel 5.1. Elemen dalam ODD Protokol	21
Tabel 5.2. Entitas dalam penelitian ini	22
Tabel 5.3. Hasil isian kuesioner responden	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Kecepatan persebaran COVID-19 di berbagai negara (Roser et al., 2020)	1
Gambar 2.1. Negara dengan Kasus Covid-19 yang Telah Dikonfirmasi pada 22 April 2020	7
Gambar 2.2. Pemodelan penyebaran penyakit AIDS menggunakan Agent Based Modelling	10
Gambar 2.3. Komponen Model Penyakit.....	12
Gambar 4.1. Diagram Alir Penelitian	18
Gambar 5.1. Gambaran model yang dibangun.....	25
Gambar 5.2. Simulasi Kondisi 1	30
Gambar 5.3. Simulasi Kondisi 2	32
Gambar 5.4. Simulasi Kondisi 3	33
Gambar 5.5. Domisili responden	34
Gambar 5.6. Persebaran Usia Responden	34
Gambar 5.7. Tes Covid-19 Responden	35
Gambar 5.8. Simulasi kondisi 4	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian	L1
Lampiran 2	Artikel ilmiah	L2

BAB I

PENDAHULUAN

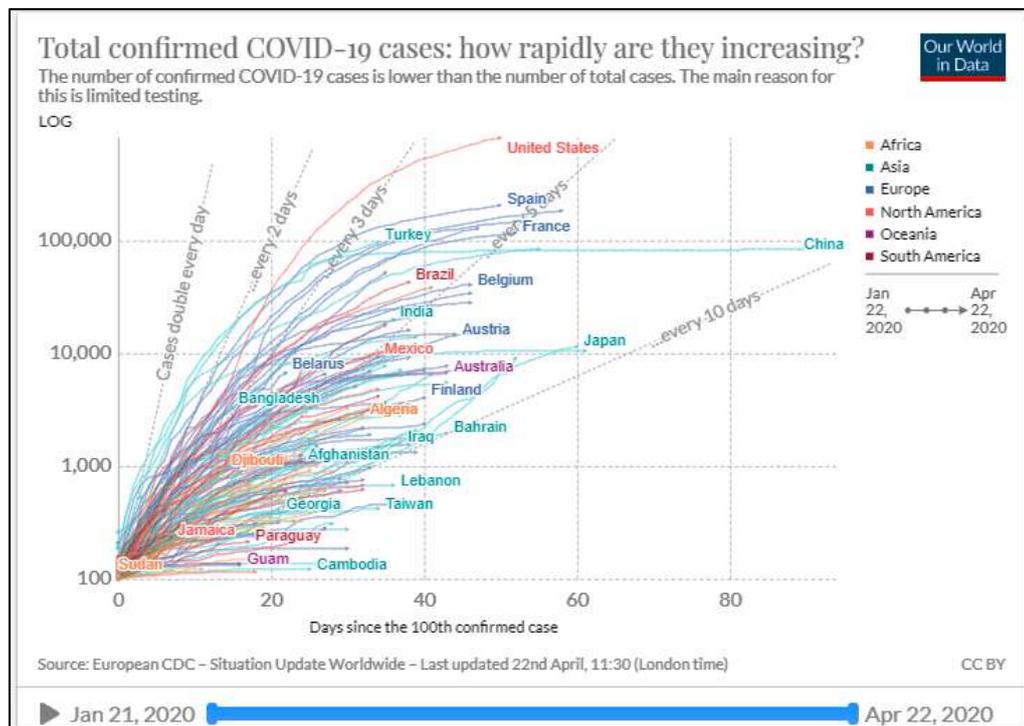
1.1 Latar Belakang

Di awal tahun 2020, dunia digemparkan dengan munculnya penyakit menular yang mengubah tatanan kehidupan. Penyakit ini dinamai Coronavirus Disease-2019 (COVID-19) oleh WHO pada 11 Februari 2020 (Y. C. Wu et al., 2020). Penyakit coronavirus 19 (COVID-19) adalah infeksi virus yang sangat menular dan disebabkan oleh sindrom pernafasan akut parah coronavirus 2 (SARS-CoV-2), yang muncul di Wuhan, Cina (Shereen et al., 2020). COVID-19 ini mulai diketahui kemunculannya pada Desember 2019 dan pada pertengahan April 2020 virus telah menyebar ke lebih dari 200 negara, dengan lebih dari 2,5 juta kasus positif, dan lebih dari 180ribu orang meninggal. COVID-19 telah ditetapkan sebagai pandemi oleh World Health Organization (WHO) pada 11 Maret 2020. Penularan virus ini yang begitu mudah membuat penyebaran virus ini juga sangat cepat. Penularan virus ini dapat terjadi melalui droplet maupun kontak langsung (Y. C. Wu et al., 2020).

Kecepatan penyebaran virus ini berbeda-beda di berbagai daerah atau negara. Di China, tempat asal virus ini, sampai 23 April 2020 terdapat sekitar 82.798 kasus positif dengan angka kematian 4.632 jiwa, sedangkan di negara lain seperti Amerika Serikat terdapat 849.092 kasus positif dengan angka kematian mencapai 47.681 jiwa. Angka ini jauh melebihi negara asal tempat COVID-19 bermula. Begitu juga dengan Spanyol dan Italia, di kedua negara tersebut kasus positif mencapai lebih dari 180ribu. Gambar 1 berikut menjelaskan kecepatan persebaran COVID-19 di berbagai negara di dunia pada periode 21 Januari – 22 April 2020.

Kecepatan penyebaran virus yang berbeda-beda ini dipengaruhi oleh banyak hal seperti faktor lingkungan (Daryono, 2020), perilaku manusia, dan intervensi pemerintah. Misalnya, penyebaran di China cepat pada awal kemunculan tapi kemudian lambat bahkan sampai tidak ada kasus baru lagi pada awal April 2020, hal ini salah satunya karena di Wuhan, China menerapkan *lockdown* total. Di negara

lain, tidak banyak yang menerapkan *lockdown* total sehingga penyebaran virus cenderung mengalami peningkatan yang pesat.



Gambar 1.1 Kecepatan persebaran COVID-19 di berbagai Negara (Roser et al., 2020)

Di Indonesia sendiri, Pemerintah telah mengeluarkan status darurat bencana terhitung mulai tanggal 29 Februari 2020 hingga 29 Mei 2020 terkait pandemi virus ini dan menghimbau masyarakat untuk melakukan *social distancing* serta himbuan tidak keluar rumah (Buana, 2020). Namun, tidak semua masyarakat mematuhi himbuan ini. Ada masyarakat yang sangat patuh dengan sama sekali tidak keluar rumah, ada yang keluar saat agenda penting saja misalnya belanja, ada yang sama sekali tidak mengindahkan himbuan tersebut dan tetap beraktivitas seperti biasanya. Penelitian ini ingin melihat pengaruh perilaku individu terhadap penyebaran COVID-19. Dengan mengetahui pengaruh perilaku individu ini, pengambil kebijakan bisa mempertimbangkan adanya intervensi dalam pembatasan perilaku individu.

Penelitian penyebaran COVID-19 dilihat dari sisi perilaku individu belum pernah dilakukan, tetapi penelitian penyebaran penyakit lain seperti HIV

(Teweldemedhin et al., 2005), influenza (Laskowski et al., 2011), maupun penyakit lainnya sudah pernah dilakukan dengan Agent Based Modelling. Agent Based Modelling merupakan sebuah metode pemodelan dengan *computational* yang memungkinkan untuk mendeskripsikan bagaimana *behavior* atau perilaku dari agen/ individu. Melalui penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh dari perilaku individu terhadap penyebaran dari COVID-19.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan pengetahuan baru terkait dengan hubungan antara perilaku individu terhadap penyebaran COVID-19. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui langkah yang perlu diambil dalam upaya pencegahan penyebaran Covid-19.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut,

- a. Bagaimanakah dampak perilaku individu terhadap penyebaran *COVID-19*?
- b. Bagaimanakah dampak intervensi dalam mengatur perilaku individu terhadap penyebaran COVID-19?

1.4 Manfaat Hasil Penelitian

Penelitian ini dapat bermanfaat baik bagi peneliti, institusi, maupun masyarakat atau pemerintah. Berikut adalah manfaat dari penelitian ini:

Bagi peneliti :

Memperdalam ilmu pemodelan dan simulasi yang dipelajari dalam Teknik Industri, terutama pemodelan dan simulasi berbasis agen yang sebelumnya belum dipelajari di Teknik Industri UPN Veteran Yogyakarta, yaitu dengan menggunakan Agent Based Modelling and Simulation.

Bagi institusi :

- a. Adanya kebaruan temuan pengetahuan mengenai dampak perilaku individu terhadap penyebaran *COVID-19* yang bermanfaat bagi akademisi, praktisi medis, masyarakat, dan pemerintah.
- b. Publikasi hasil penelitian pada jurnal yang bereputasi sehingga akan menaikkan posisi institusi UPN "Veteran" Yogyakarta.

Bagi pemerintah dan masyarakat :

Menghasilkan pengetahuan baru terkait dampak perilaku individu terhadap penyebaran *Covid-19* sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan

1.5 Sistematika Penulisan Laporan

Seperti yang telah diuraikan sebagaimana sebelumnya maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan perilaku individu dengan *penyebaran Covid-19*.

Sistematika penulisan Laporan Penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang secara singkat yang mengulas alasan mengapa penelitian dilakukan, tujuan. Alasan kuat untuk melakukan penelitian dengan tema ini, rumusan masalah yang jelas, serta metode yang digunakan, dan manfaat hasil penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan pustaka yang memuat tinjauan, ulasan singkat dan jelas atas pustaka yang menimbulkan gagasan serta mendasari penelitian

BAB III KONTRIBUSI HASIL PENELITIAN

Bab ini memuat kontribusi penelitian pada pengembangan ilmu pengetahuan, yang menunjukkan kemutakhiran *state-of-the-art* pada peta ilmu pengetahuan

BAB IV METODE PENELITIAN

Bab ini memuat kerangka dan metode yang digunakan dalam penelitian. Uraian terperinci dari metode yang dipakai berupa sumber data, rancangan penelitian, teknik pengumpulan data dan analisis data..

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat data hasil penelitian, pengolahan data dan analisis, rancangan dan uji coba, serta interpretasi data dan pembahasan hasil untuk dapat menjawab tujuan penelitian. .

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan dari tujuan penelitian serta saran rekomendasi agar dapat menyempurnakan penelitian ini.

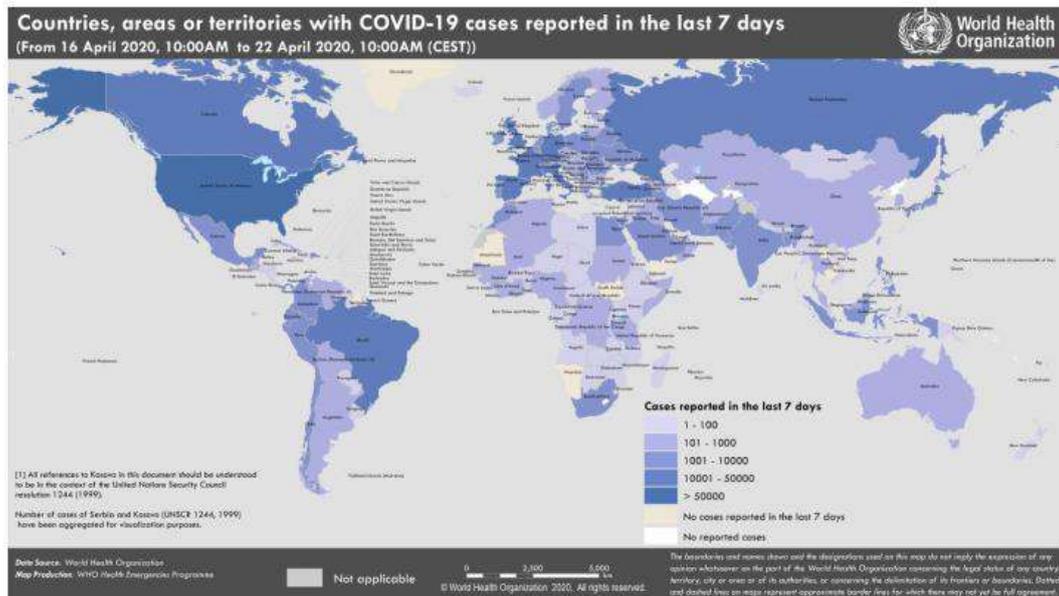
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Corona Virus Disease (Covid-19)

Pada akhir Desember 2019, wabah pneumonia misterius dengan gejala demam, batuk kering, kelelahan, dan sesekali gejala gastrointestinal terjadi pada pasar basah grosir makanan laut, Pasar Grosir Makanan Laut Huanan, di Wuhan, Hubei, Cina (Huang et al., 2020). Wabah awal dilaporkan di pasar pada Desember 2019 dan melibatkan sekitar 66% pekerja yang ada di sana (Y. Wu et al., 2019). Kemudian pasar tersebut ditutup pada 1 Januari 2020, setelahnya pengumuman peringatan epidemiologis oleh pihak kesehatan setempat pada 31 Desember 2019. Patogen wabah ini kemudian diidentifikasi sebagai novel beta-coronavirus, bernama 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) dan serupa dengan sindrom pernafasan akut yang parah (SARS-2003, disebabkan oleh beta-coronavirus lain) yang terjadi 17 tahun yang lalu (Y. Wu et al., 2019). COVID-19 (Infeksi 2019-nCoV) digolongkan sebagai kategori kelima penyakit menular di Taiwan pada 15 Januari 2020. Penyakit ini berasal dari subfamili Orthocoronavirinae, dengan ciri seperti paku pada permukaannya (Perlman, 2020), dapat menyerang sistem pernapasan. COVID-19 memiliki masa inkubasi rata-rata 5,2 hari (Y. Wu et al., 2019) yang dapat menyebabkan gangguan ringan pada sistem pernapasan, infeksi paru-paru yang berat, hingga kematian.

Penyakit tersebut saat ini sudah tersebar ke berbagai negara, seperti Thailand, Jepang, Korea, Vietnam, Jerman, Amerika Serikat, dan Singapura (Y. Wu et al., 2020). Pada 22 April 2020, total 2.471.136 kasus positif Covid-19 dengan 169.006 kasus kematian secara global didokumentasikan oleh WHO; di Asia Tenggara sendiri jumlah kasus positif Covid-19 mencapai 33.912 dengan kasus kematian sejumlah 1427 (World Health Organization, 2020).



Gambar 1. Negara dengan Kasus Covid-19 yang Telah Dikonfirmasi pada 22 April 2020

WHO, pada tanggal 11 Maret 2020, secara resmi telah menetapkan bahwa kasus corona yang menyebabkan Covid-19 adalah pandemi. Pandemi berarti epidemi penyakit yang menyebar di wilayah yang luas, misalnya beberapa benua atau bahkan di seluruh dunia. Covid-19 dapat menyerang siapa saja, mulai dari bayi, anak-anak, hingga orang dewasa dan lansia, termasuk ibu hamil dan ibu menyusui. Karena penyebarannya yang sangat cepat dan belum ditemukannya vaksin atas penyakit tersebut, maka membuat beberapa negara menerapkan kebijakan untuk memberlakukan *lockdown* atau *self quarantine* dalam rangka mencegah penyebaran virus corona. Di Indonesia sendiri, diberlakukan kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) untuk menekan penyebaran virus ini.

2.2 Pemodelan Berbasis Perilaku

Memodelkan perilaku manusia sama sekali tidak jelas karena manusia tidak random, manusia memiliki pengetahuan dan kemampuan yang beragam, manusia dikendalikan oleh pengambilan keputusan yang rasional, serta perilaku manusia yang emosional (Kennedy, 2011). Penanggulangan bencana juga membutuhkan

pengambilan keputusan yang rasional dan cepat. Fase respon atau fase tanggap darurat merupakan fase penting dalam penanggulangan bencana. Fase ini membutuhkan suatu sistem koordinasi relawan dan sistem yang terintegritasi dengan baik dalam pengelolaannya. Setiap kesalahan dalam sistem pada fase ini akan berimbas pada peningkatan signifikan dari jumlah korban maupun kerugian materil yang ditimbulkan. Oleh karena itu, Khair (no date) membuat sebuah penelitian yang bertujuan untuk mengevaluasi sistem koordinasi sentralisasi dan desentralisasi penanggulangan bencana erupsi Merapi. Penelitian ini mengintegrasikan pendekatan *Agent Based Modeling (ABM)* dan *Geographic Information System (GIS)* dalam memodelkan simulasi evaluasi sistem koordinasi relawan dengan beberapa skenario. ABM bertujuan untuk menggambarkan perilaku *agents* (pengungsi dan relawan) saat terjadi bencana dengan karakteristik masing-masing. Sedangkan data spasial GIS berguna untuk menggambarkan kondisi jalanan secara nyata untuk kawasan Kabupaten Sleman. Hasil simulasi menunjukkan skenario alternatif desentralisasi yang mengkombinasikan 4 Posko koordinasi menunjukkan penanganan dan penyaluran bantuan menuju barak pengungsian lebih baik dibandingkan dengan skenario awal (sentralisasi).

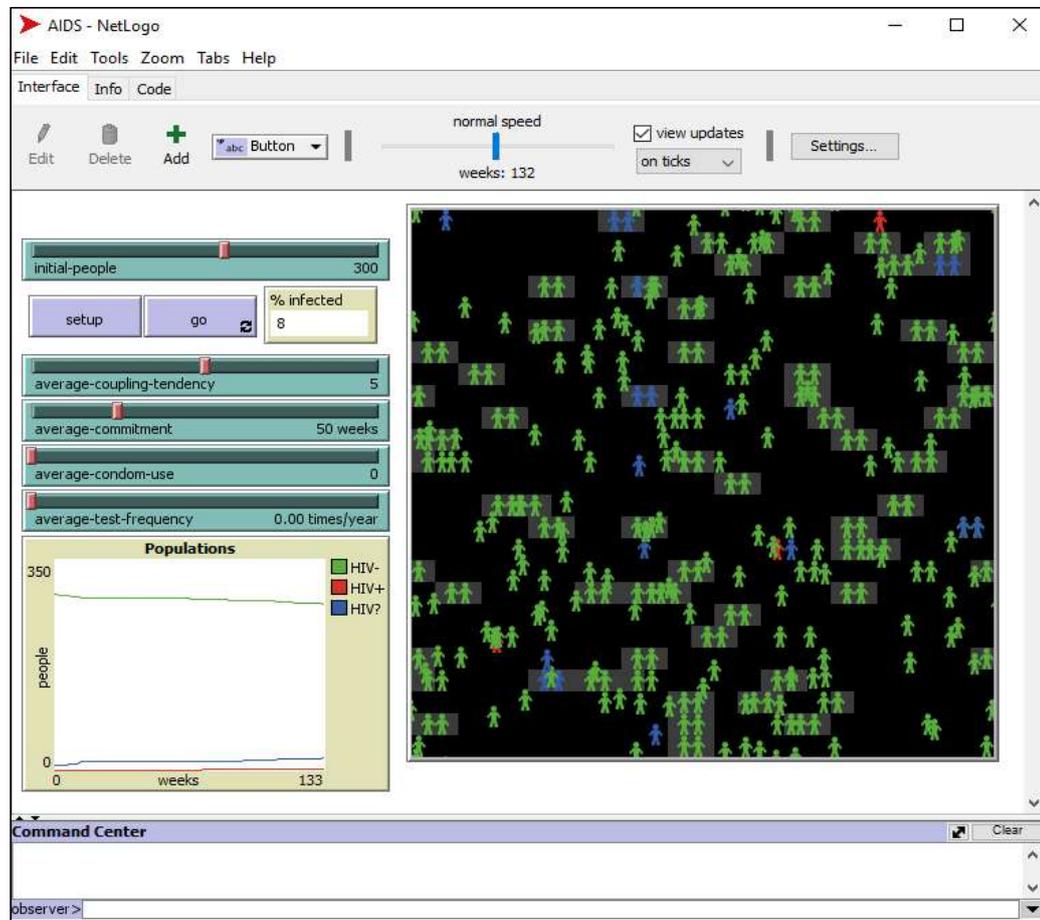
Penelitian yang dilakukan oleh Ramadhan and Nugraha (2014) terkait industri makanan yang memiliki kompleksitas, berupa banyaknya komponen yang terlibat, interdependensi antar komponen yang rumit termasuk pengaruh umpan balik komponen, adanya unsur ketidakpastian, dan proses yang dinamis, telah dilakukan. Kompleksitas ini mengindikasikan diperlukannya suatu model yang komprehensif untuk digunakan dalam menganalisis kebijakan. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam menganalisis permasalahan sistem yang kompleks adalah pemodelan dan simulasi berbasis agen. Metode ini dapat memperlihatkan karakteristik dan perilaku dari setiap pelaku sistem yang berdampak pada sistem secara keseluruhan. Setelah dilakukan verifikasi dan beberapa pengujian (validasi), dapat disimpulkan bahwa model yang dibuat valid dan dapat menggambarkan perilaku yang sesuai dengan kondisi nyata. Model ini bermanfaat dan dapat digunakan oleh pihak-pihak yang memiliki kepentingan dalam pengembangan

suatu kawasan industri kuliner seperti pemerintah dan pelaku usaha kuliner dalam menganalisis suatu kebijakan yang berkaitan dengan aktivitas sistem industri kuliner.

Susiloningtyas *et al.* (2015) telah mengembangkan pemodelan berbasis perilaku di bidang perikanan. Perikanan cumi-cumi di Pulau Salura dibentuk oleh adanya agen nelayan andon, penduduk lokal, serta sumberdaya cumi-cumi. Kehadiran nelayan andon yang melakukan migrasi musiman dari Tanjung Luar di Pulau Lombok sampai ke Pulau Salura dengan aktivitas penangkapan cumi-cumi menjadikan sistem perikanan cumi-cumi ini menjadi berbeda dengan daerah lain. Intensitas migrasi dari nelayan andon yang tinggi berpengaruh terhadap perilaku penduduk lokal, serta kelimpahan sumberdaya cumi-cumi yang ada. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji model pengelolaan aktivitas migrasi musiman dengan pengaturan alat tangkap yang dibawa. Metode yang digunakan adalah dengan pemodelan berbasis agen (*ABM/Agent Base Model*) melalui perangkat lunak Netlogo 6.2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaturan jumlah unit kapal yang terlibat dalam penangkapan cumi-cumi dalam waktu satu tahun harus diatur.

Pemodelan berbasis perilaku dibidang ekonomi juga telah kembangkan oleh Worldailmi and Ismianti (2020). Faktor kebijakan ekonomi negara, yang ketersediaan berbagai pembayaran non tunai, dan penjualan dan pembelian *online* dapat mendorong kecenderungan untuk menggunakan transaksi non tunai (*e-payment*). Salah satu cara untuk mengetahui tren ini adalah dengan menggunakan model. Model dapat membantu memahami dan menjelaskan fenomena nyata lebih mudah dan efisien daripada mengamati langsung. Dalam penelitian tersebut, faktor-faktor yang mempengaruhi tren untuk menggunakan *e-payment* diperoleh dari berbagai referensi. Dari hasil simulasi, jumlah pengguna *e-payment* mengikuti pola Scurve. Polanya naik dan turun terus, lalu naik tajam, dan kemudian naik dan turun secara stabil lagi. Dari analisis sensitivitas, keamanan yang dirasakan, harapan kinerja, dan harapan usaha miliki peran penting dalam tren ini. Contoh pemodelan

dengan Agent Based Modelling menggunakan software NetLogo dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 2.2. Pemodelan penyebaran penyakit AIDS menggunakan Agent Based Modelling

2.3 Pemodelan Penyebaran Penyakit

Model merupakan suatu representasi dari sebuah sistem nyata atau sistem yang sedang berlangsung dalam kehidupan. Sedangkan pemodelan adalah proses pembentukan sebuah model dari suatu sistem nyata. Pemodelan dapat digunakan untuk menentukan tujuan dan fungsi utama dari sebuah sistem, untuk memahami karakteristik dari pemodelan sistem yang digunakan, supaya dapat menentukan model sistem yang akan digunakan dalam membangun sebuah sistem, dan supaya dapat menganalisa kebutuhan *user* dalam membuat sebuah model sistem. Banyak

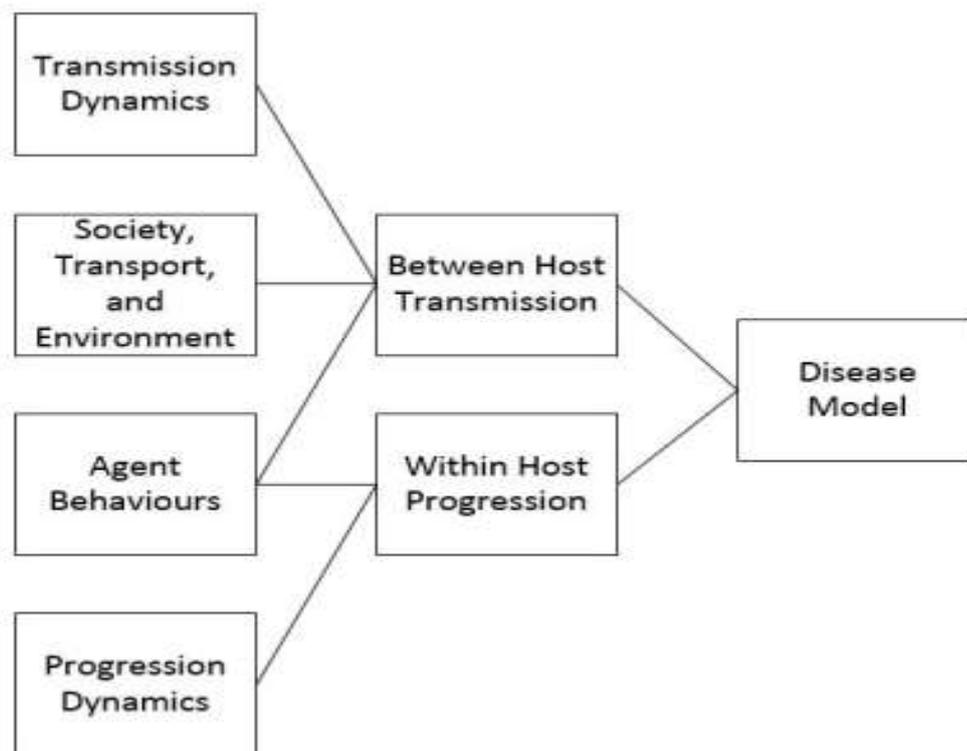
sekali kasus dalam kehidupan sehari-hari yang dapat dipecahkan dengan pemodelan, salah satunya adalah pemodelan tentang penyebaran penyakit.

Nuraini, Khairudin, and Apri (2020) telah melakukan simulasi pemodelan penyebaran Covid-19 di Indonesia berdasarkan data endemik awal. Model ini didasarkan pada Kurva Richard yang mewakili persamaan logistik yang dimodifikasi. Berdasarkan model yang telah dibangun, didapat hasil bahwa endemik Covid-19 akan berakhir pada April 2020 dengan jumlah total kasus lebih dari 8000.

Ivorra *et al.* (2020) telah mengembangkan model matematika untuk penyebaran Covid-19. Model yang dikembangkan adalah model baru dari θ -SEIHRD (bukan SIR, SEIR atau model tujuan umum lainnya), yang memperhitungkan ciri khusus penyakit ini, seperti adanya infeksi yang tidak terdeteksi dan sanitasi yang berbeda dan kondisi infeksi orang yang dirawat di rumah sakit. Model ini juga mampu memperkirakan kebutuhan tempat tidur di rumah sakit. Penelitian ini mempelajari kasus khusus Tiongkok (termasuk Cina Daratan, Makau, Hong Kong dan Taiwan, seperti yang dilakukan oleh WHO dalam laporannya tentang Covid-19), negara yang menyebarkan penyakit, dan menggunakan laporannya untuk mengidentifikasi parameter model, yang dapat digunakan untuk memperkirakan penyebaran Covid-19 negara lainnya.

Agent-Based Modelling and Simulation (ABMS) merupakan 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 atau prediksi dalam mengambil keputusan di dunia nyata (Macal & North, 2010). ABMS juga dapat dikatakan sebagai alat yang dapat digunakan untuk lebih memahami dinamika suatu wabah penyakit menular, karena dapat dipengaruhi oleh banyak faktor termasuk vaksinasi atau tingkat kekebalan, kepadatan populasi, dan struktur usia populasi (Hunter et al., 2018). Terdapat empat

komponen utama dari ABMS epidemiologi yaitu penyakit, masyarakat, transportasi, dan lingkungan (Hunter et al., 2017). Ketika membuat model berbasis agen untuk epidemiologi penyakit menular, pertimbangan tentang bagaimana penyakit menular ditularkan antara agen dan bagaimana penyakit berkembang pada agen yang terinfeksi harus dilakukan. Komponen model penyakit telah digambarkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Komponen Model Penyakit

Sebuah penelitian telah dilakukan untuk menyimulasikan wabah campak yang terjadi di Schull, Irlandia pada tahun 2012 (Hunter et al., 2018). Wabah tersebut disimulasikan di 33 kota yang berbeda dan melihat korelasi antara hasil model dan karakteristik kota (populasi, luas, tingkat vaksinasi, dan struktur umur) untuk menentukan apakah hasil model dipengaruhi oleh interaksi karakteristik kota dan keputusan tentang agen dalam model. Hasil menunjukkan bahwa wabah tidak berkorelasi kuat dengan karakteristik utama.

Mobilitas manusia adalah elemen kunci dalam pemahaman penyebaran epidemi. Hal ini berarti bahwa ketepatan dalam memodelkan mobilitas manusia sangat penting untuk mempelajari penularan penyakit menular dalam skala besar dan meningkatkan pengendalian epidemi. Penelitian yang dilakukan oleh Hackl dan Dubernet (2019) digunakan untuk mempelajari wabah influenza musiman di wilayah metropolitan Zurich, Swiss. Pengamatan model berbasis agen dibandingkan dengan hasil dari *classical SIR models*. Model ini direpresentasikan dengan prototipe yang dapat digunakan untuk menganalisis beberapa skenario pada kasus penyebaran penyakit di skala perkotaan, dengan mempertimbangkan pengaturan variasi parameter model yang berbeda. Hasil simulasi ini dapat membantu meningkatkan pemahaman tentang dinamika penyebaran penyakit dan untuk mengambil langkah-langkah yang lebih baik menuju pencegahan dan pengendalian epidemi.

Laskowski *et al.* (2011) mengembangkan kerangka kerja pemodelan berbasis agen untuk mensimulasikan penyebaran infeksi virus influenza pada tata letak berdasarkan perwakilan darurat rumah sakit di Winnipeg, Kanada. Penelitian ini melengkapi teknik pemodelan matematika untuk penyebaran penyakit, serta aplikasi pemodelan yang berfokus pada penyebaran infeksi nosokomial yang kebal antibiotik di rumah sakit. Pendekatan pemodelan berbasis agen mewakili pemodelan sistem, di mana departemen darurat dimodelkan sebagai kumpulan agen (pasien dan petugas layanan kesehatan) dan karakteristik, perilaku, dan interaksi mereka masing-masing. Hasil menunjukkan bahwa dalam konteks contoh yang diberikan, kebijakan pengendalian infeksi berorientasi pasien (pengobatan alternatif aliran, menutupi pasien yang bergejala) cenderung memiliki efek yang lebih besar daripada kebijakan yang menargetkan petugas layanan kesehatan.

Pemodelan simulasi penyebaran penyakit tuberkulosis berbasis sistem agen telah dilakukan oleh Saputra, Irawan and Kusuma (2018). 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 tuberculosis 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.

BAB III

KONTRIBUSI HASIL PENELITIAN

3.1 Kontribusi Hasil Penelitian

Penelitian ini memiliki kontribusi yang nyata bagi dunia Pendidikan, Kesehatan, pemerintah, dan masyarakat. Bagi dunia Pendidikan, penelitian ini menjadi salah satu model penyebaran covid-19 dengan pendekatan berbasis agen yang masih terbatas jumlah penelitiannya terutama di Indonesia. Bagi dunia Kesehatan, hasil penelitian ini dapat dijadikan salah satu tambahan pengetahuan mengenai efek berbagai faktor terhadap penyebaran covid-19. Sedangkan bagi pemerintah, hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan terkait pencegahan penyebaran covid-19. Bagi masyarakat, penelitian ini dapat dijadikan pengetahuan dampak sikap dan perilaku setiap individu masyarakat terhadap penyebaran covid-19.

3.2 Peta kontribusi

Penelitian terkait pemodelan ABMS efek perilaku individu terhadap penyebaran Covid-19 belum banyak dilakukan. Pemodelan berbasis ABMS merupakan *tool* yang fleksibel dan dapat dibuat untuk mencerminkan setiap lingkungan tertentu, ABMS juga merupakan alat pendukung keputusan bagi para praktisi dan pembuat kebijakan untuk menilai dampak relatif dari penyebaran Covid-19. Penelitian ini memiliki kontribusi yang nyata dibidang pendidikan, pemerintah, dan medis supaya dapat mengetahui bagaimana dampak dari perilaku individu terhadap penyebaran Covid-19 dan kebijakan pemerintah dalam mengatur perilaku individu terhadap penyebaran Covid-19.

Tabel 3.1. Peta Penelitian

		Kurva Richard	θ -SEIHRD	<i>Classical SIR Models</i>	ABMS	GIS
Penanggulangan Bencana					Memodelkan simulasi evaluasi sistem koordinasi relawan dengan beberapa skenario (Khair, no date)	
Makanan					Model simulasi yang menggambarkan tingkat pertumbuhan industri kuliner di suatu Kawasan (Ramadhan & Nugraha, 2014)	
Perikanan					Model pengelolaan aktivitas migrasi musiman dengan pengaturan alat tangkap yang dibawa (Susiloningtyas et al., 2015)	
Ekonomi					Pemodelan tren penggunaan <i>e-payment</i> (Worldailmi & Ismianti, 2020).	
Kesehatan	<i>Covid-19</i>	Simulasi pemodelan	Model matematika		Penelitian ini	

	Kurva Richard	θ-SEIHRD	<i>Classical SIR Models</i>	ABMS	GIS
	penyebaran Covid-19 di Indonesia (Nuraini et al., 2020)	untuk penyebaran Covid-19 (Ivorra et al., 2020)			
Cam-pak				Pemodelan wabah campak yang terjadi di Schull, Irlandia pada tahun 2012 (Hunter et al., 2018)	
Influ-enza			Mempelajari wabah influenza musiman di wilayah metropolitan Zurich, Swiss (Hackl & Dubernet, 2019).		
				Mensimulasikan penyebaran infeksi virus influenza pada tata letak berdasarkan perwakilan darurat rumah sakit di Winnipeg, Kanada (Laskowski et al., 2011).	
Tuber kulo-sis				Pemodelan simulasi penyebaran penyakit tuberkulosis berbasis sistem agen (Saputra, Irawan and Kusuma, 2018).	

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Obyek Penelitian

Obyek dalam penelitian ini adalah masyarakat di Indonesia. Data yang diambil adalah data primer dan sekunder.

4.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa cara, meliputi:

a. Data Primer

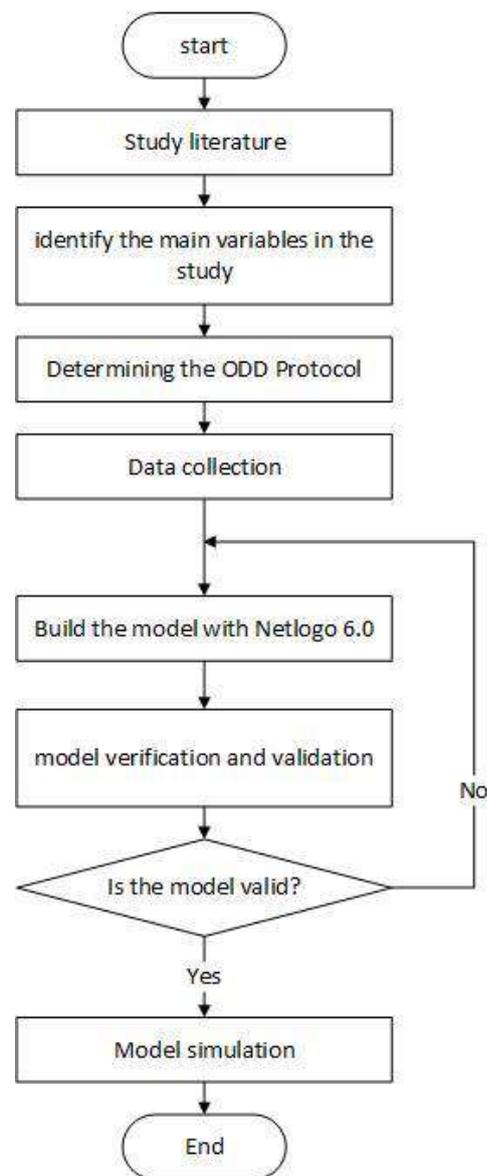
Data primer diperoleh dengan penyebaran kuesioner online melalui googleform. Pengambilan data dilakukan dengan metode *snowball sampling*. Jumlah responden dalam penelitian ini adalah 65 orang.

b. Data sekunder

Data sekunder diperoleh dari berbagai sumber seperti Satuan Tugas Penanganan Covid-19 nasional maupun daerah, Humas Jogja, dan berbagai sumber lain.

4.3. Kerangka Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini digambarkan dalam Gambar 5.



Gambar 4.1. Diagram Alir Penelitian

1. Studi Literatur

Penelitian dimulai dengan studi literatur, studi literatur terus dilakukan untuk mendapatkan informasi terbaru mengenai penyebaran maupun penanganan *Covid-19*. Studi literatur dilakukan dari paper jurnal nasional dan internasional, prosiding, website, buku, maupun sumber informasi lainnya.

2. Identifikasi variabel utama

Setelah studi literatur dilakukan, tahapan selanjutnya adalah melakukan identifikasi variabel utama dalam penelitian. Dari studi literatur yang telah dilakukan, dua variabel utama yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah kepatuhan terhadap penerapan protokol kesehatan (meliputi penggunaan masker, cuci tangan, dan *social distancing*) serta kebijakan pemerintah terkait penanganan covid-19 (seperti pemberlakuan PSBB (Pembatasan Sosial Berskala Besar), pemberlakuan *work from home* (wfh), penutupan tempat-tempat umum, pembatasan transportasi umum, dsb).

3. Penentuan ODD (*Overview, Design Concepts, and Details*) Protokol

Penentuan ODD Protokol perlu dilakukan sebelum membangun model. ODD Protokol perlu dibuat agar model yang dibangun lebih mudah dipahami oleh pembaca, lebih terstandar, dan mudah dikembangkan lagi oleh peneliti lain.

4. Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini diperoleh dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari pengambilan data online melalui googleform dengan 65 responden yang tersebar dari berbagai daerah di Indonesia.

5. Membangun Model

Setelah data didapatkan, langkah selanjutnya mulai membangun dan merumuskan modelnya.

6. Verifikasi dan Validasi Model

Setelah model selesai dibangun, langkah yang perlu dilakukan setelahnya adalah melakukan verifikasi dan validasi model. Setelah model dinyatakan valid, maka langkah berikutnya adalah simulasi dan interpretasi hasil simulasi model tersebut.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. ODD Protokol

Langkah penting sebelum membangun model ABMs adalah menentukan ODD Protokol. ODD Protokol merupakan elemen-elemen penting yang perlu ada dalam sebuah model, khususnya model dengan Agent Based Modelling agar model lebih mudah dipahami oleh pembaca, lebih terstandar, dan dapat dikembangkan oleh peneliti lain. Tabel 5.1 menunjukkan elemen dalam ODD Protokol yang telah diperbarui (Grimm et al., 2010).

Tabel 5.1 Elemen dalam ODD Protokol

Elements	
Overview	<ol style="list-style-type: none"> 1. Purpose 2. Entities, state variables, and scales 3. Process overview and scheduling
Design Concepts	<ol style="list-style-type: none"> 4. Design concepts <ul style="list-style-type: none"> • Basic principles • Emergence • Adaptation • Objectives • Learning • Prediction • Sensing • Interaction • Stochasticity • Collectives • Observation
Details	<ol style="list-style-type: none"> 5. Initialization 6. Input Data 7. Submodels

Dalam penelitian ini, tidak semua elemen dalam ODD Protokol dimasukkan ke dalam model. Berikut adalah penjabaran elemen ODD Protokol yang ditentukan dalam model ini.

1. Purpose

Elemen pertama yang perlu ditentukan dalam membuat model adalah tujuan. Dalam ODD Protocol, tujuan harus ditentukan di awal dan harus jelas. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dan mensimulasikan penyebaran COVID-19 untuk mengetahui langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk mengurangi penyebaran penyakit tersebut.

2. Entities, State Variables, and Scales

A. Entities

Entitas dalam penelitian ini terdiri dari mobile agent dan stationary agent. Penjelasan entitas dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Entitas dalam penelitian ini

Entities	
Mobile agent	People, dengan atribut : <ul style="list-style-type: none"> - Ages - Colour: untuk mengidentifikasi orang yang positif covid-19 (merah) dan orang yang negative (hijau) - Penyakit bawaan - Shape: person
Stationary agent	Hospital, dengan atribut : <ul style="list-style-type: none"> - Kapasitas - Colour: untuk identifikasi kapasitas Rumah Sakit - Shape: house

Dalam suatu populasi, setiap orang memiliki usia yang berbeda-beda. Usia tersebut dapat mempengaruhi kesembuhan seseorang terhadap COVID-19 sehingga usia dijadikan atribut yang melekat pada setiap agen manusia. Penyakit bawaan yang diderita seseorang juga dapat mempengaruhi kesembuhan seseorang sehingga penyakit bawaan juga masuk dalam atribut agent.

Ketersediaan rumah sakit termasuk dalam model ini. Jumlah rumah sakit bisa disesuaikan dengan jumlah rumah sakit di daerah tersebut. Rumah sakit

digambarkan dalam dua warna yang menunjukkan kapasitas rumah sakit penuh atau tidak.

B. State Variables

State variable adalah identitas dari agen. Agen tetap akan memiliki identitas tertentu yang berbeda dari agen lain. State variable dalam penelitian ini adalah usia dan penyakit bawaan.

C. Scales

Skala adalah jumlah ruang dan waktu yang direpresentasikan dalam model. Skala sangat penting untuk mengetahui apa arti unit model dalam kenyataan (Grimm et al., 2010). Dalam penelitian ini skala yang digunakan adalah satu tick yang mewakili satu pekan.

3. Process Overview and Scheduling

Process overview and scheduling menggambarkan apa yang dilakukan entitas, dalam urutan apa, dan kapan variabel status berubah. Dalam penelitian ini process overview and scheduling meliputi perpindahan (move), menginfeksi (infect), mati (die), kebal (immune), dan pelayanan (service).

Agen dapat bergerak secara acak (random), setiap orang yang bergerak memiliki kesempatan untuk bertemu orang lain. Ketika seseorang yang positif COVID-19 bertemu dengan orang yang sehat, maka orang yang positif dapat menularkan orang yang ditemuinya. Seseorang yang positif COVID-19 bisa meninggal atau sembuh (kebal) sesuai usia atau penyakit bawaannya.

4. Design Concepts

A. Basic Principles

Basic principles dalam penelitian adalah kepatuhan dalam menerapkan protokol kesehatan dan kebijakan pemerintah. Kepatuhan dalam menerapkan protokol Kesehatan merepresentasikan penggunaan masker, *social distancing*, dan cuci tangan. Kebijakan pemerintah merupakan kebijakan pemerintah dalam penerapan Pembatasan Sosial Skala Besar (PSBB), pengaturan pembatasan kendaraan, pembatasan transportasi umum, dan peraturan penutupan tempat umum seperti tempat wisata, sekolah, kampus, tempat ibadah, dan kantor.

B. Emergence

Emergence dalam model ini adalah orang yang positif COVID-19, orang yang sembuh (kebal), dan orang yang meninggal.

C. Objectives

Objectives dari model ini adalah masyarakat sehat dan memiliki kekebalan.

D. Interaction

Interaksi dalam model ini meliputi orang sehat dengan orang positif dan orang positif dengan rumah sakit.

E. Stochasticity

Stochasticity dalam model ini adalah nilai random yang dibangun untuk usia, pergerakan orang, dan penyakit bawaan.

F. Observation

Pada model ini yang diamati adalah jumlah orang positif, jumlah orang yang kebal, jumlah orang yang meninggal, dan kapasitas rumah sakit.

5. Initialization

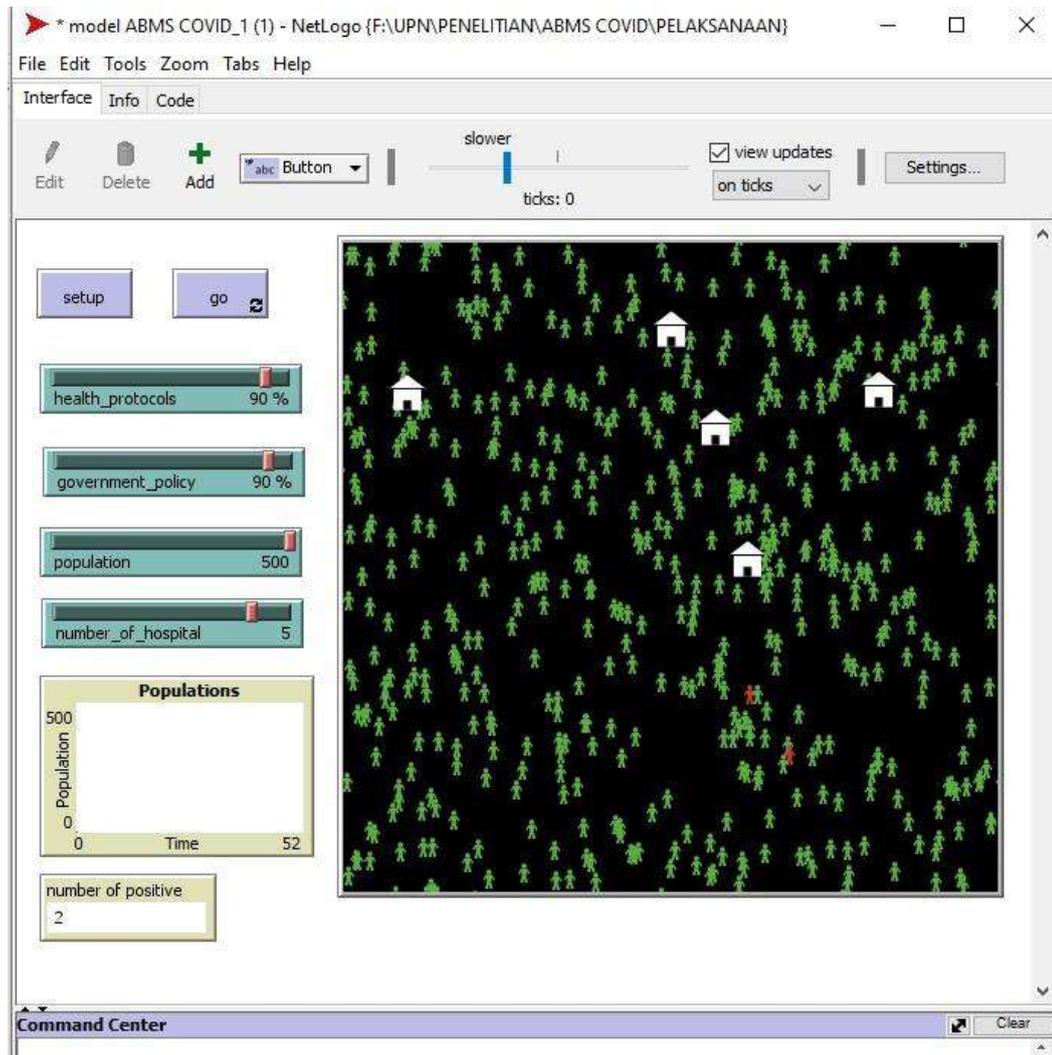
Inisialisasi dalam model ini adalah jumlah penduduk, jumlah rumah sakit, slider protokol kesehatan, slider kebijakan pemerintah, dan tick mulai dari nol.

6. Submodels

Submodels dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penerapan protokol kesehatan terhadap penyebaran COVID-19 dan untuk mengetahui dampak kebijakan pemerintah terhadap penyebaran COVID-19.

5.2. Model

Dalam penelitian ini, model dibangun menggunakan software NetLogo 6.0.2. Software ini cukup banyak digunakan dalam Agent-Based Modelling and Simulation karena kemudahan dalam penggunaannya, gratis, dan hasilnya *reliable*. Gambar 5.1 berikut merupakan gambaran dari model yang telah dibangun.



Gambar 5.1. Gambaran model yang dibangun

Dalam model ini, terdapat 4 slider yang dapat diatur oleh pengguna nilainya. Berikut adalah slider dalam model ini.

1. Slider *health protocols*

Slider ini menggambarkan penerapan protokol Kesehatan di masyarakat oleh setiap individu. Slider protokol Kesehatan dapat diatur mulai dari 0-100%. Semakin besar nilainya diartikan semakin patuh setiap individu dalam populasi tersebut dalam menerapkan protokol Kesehatan. Protokol Kesehatan yang dimaksud seperti mencuci tangan setiap memasuki tempat umum, memakai masker ketika ke luar rumah, *social distancing*, menggunakan handsanitizer, serta mandi dan mengganti baju Ketika pulang dari bepergian.

2. Slider *government policy*

Slider *government policy* menggambarkan penerapan kebijakan pemerintah terhadap penanganan Covid-19. Slider *government policy* juga dapat diatur mulai dari 0 hingga 100%. Semakin tinggi nilainya diartikan pemerintah semakin memperhatikan penanganan Covid-19 dengan membuat kebijakan-kebijakan seperti pemberlakuan *lockdown*, Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB), larangan ke luar wilayah, kebijakan *work from home*, kebijakan Pembelajaran Jarak Jauh, dsb.

3. Slider *population*

Slider *population* menggambarkan jumlah populasi dalam area tersebut. Slider populasi dapat diatur mulai 1 hingga 500. Dalam model ini jumlah maksimal dibatasi 500 karena keterbatasan jalannya model.

4. Slider *number of hospitals*

Slider *number of hospitals* menggambarkan jumlah rumah sakit yang ada di area tersebut. Jumlah rumah sakit dapat diatur mulai dari 1 hingga 6.

Dalam model ini, di awal diatur ada 2 orang yang positif Covid-19 dari populasi yang ada. Semua orang kemudian dapat bergerak secara random, ketika bertemu maka orang yang positif Covid-19 dapat menuliri orang yang sehat. Orang yang sehat dapat sembuh setelah 4 pekan atau dapat meninggal. Orang yang

meninggal positif Covid-19 adalah orang dengan usia 65 tahun dan memiliki penyakit bawaan. Jumlah orang yang positif Covid-19 dapat dilihat pada *interface* model dengan sumbu x merupakan waktu, dan sumbu y jumlah orang yang positif Covid-19. Berikut adalah sintaks yang digunakan dalam model.

```

globals
[
  %infected      ;; what % of the population is infectious
  %immune        ;; what % of the population is immune
  %dead          ;; what % of the population is dead
  slider-check-1 ;; what % of the population applies health protocols
  slider-check-2 ;; what % of the places and public facilities are closed by
the government
]
breed [peoples people]
breed [hospitals hospital]

turtles-own
[ positive?      ;; if true, the turtle is infectious
  immune?
  infection-length ;; how long the person has been infected
  age
  healthy?       ];; how many weeks old the turtle is

to setup
  clear-all
  setup-globals
  setup-peoples
  setup-hospitals
end

to setup-globals
  set slider-check-1 health_protocols
  set slider-check-2 government_policy

end

to setup-peoples
  clear-all
  create-peoples population
  [

```

```

    set age random-normal 46 36
    set shape "person"
    set color green
    set size 1
    setxy random-xcor random-ycor
    get-healthy ]
  ask n-of 2 peoples
  [ get-positive
  set color red ]
end

to setup-hospitals
  create-hospitals number_of_hospital
  [
    set shape "house"
    set color white
    setxy random-xcor random-ycor
    set size 2 ]
end

```

```

to get-positive
  set positive? true
  set infection-length infection-length + 1
  set color red

end

to get-healthy
  set positive? false
end

to become-immune
  if infection-length > 4
    [get-healthy]
  set color blue
end

to go

  ask peoples

  [

```

```

    move
    if positive? [infect]
    ifelse positive? [recover-or-die] [health]
  ]

```

```

ask hospitals
[service]

```

```

tick
end

```

```

to move ;; turtle procedure
rt random-float 360
  fd 1
end

```

```

to recover-or-die ;; turtle procedure
if age > 65
  [ die ]
;; [ become-immune ]
end

```

```

to infect ;; turtle procedure
ask other peoples-here with [ not positive? ] ;;and not immune? ]
  [ if random-float 100 > health_protocols or random-float 100 >
government_policy

```

```

  [ get-positive ] ]
end

```

```

to health
  lt 45 fd 1
  get-healthy
  move
end

```

```

to service
if age > 65
  [ die ]
;; [ become-immune ]

```

```

end

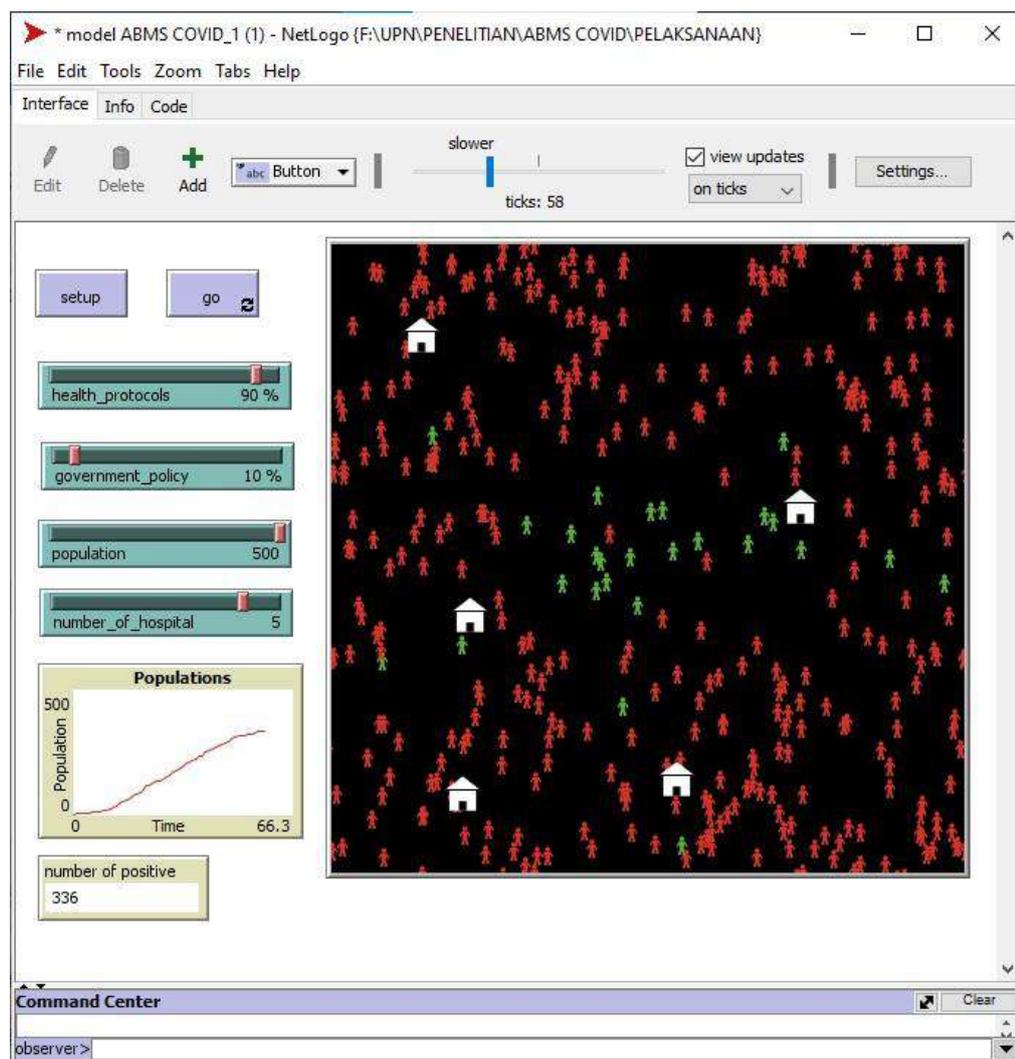
```

5.3. Simulasi Model

Model disimulasikan dalam beberapa kondisi untuk mengetahui berbagai efek dari setiap variabel.

1. Kondisi 1

Kondisi pertama yang disimulasikan adalah ketika masyarakat 90% menerapkan protocol Kesehatan, tetapi pemerintah kurang memberikan kebijakan terkait pencegahan penyebaran *Covid-19*. Gambar 5.2 merupakan salah satu hasil simulasi dari kondisi 1.



Gambar 5.2. Simulasi Kondisi 1

Gambar 5.2 menggambarkan simulasi kondisi 1 pada model ini. Kondisi 1 menggambarkan simulasi kondisi ketika 90% masyarakat menerapkan

protokol kesehatan tetapi pemerintah tidak mengambil kebijakan terkait pengendalian COVID-19. Hasilnya dalam 58 tick, ada 336 kasus positif.

Kondisi 1 seperti yang terjadi di DKI Jakarta, ibu kota Indonesia, pada masa dimana Pembatasan Sosial Skala Besar (PSBB) tidak diterapkan. Dalam kondisi ini, hampir semua masyarakat menerapkan tata tertib kesehatan seperti memakai masker, cuci tangan, dan menjaga jarak, namun akses ke berbagai tempat sudah dibuka oleh pemerintah seperti tempat wisata, mal, kereta listrik, dan akses keluar masuk gratis. Jakarta. Dalam kondisi ini, penambahan kasus aktif di Jakarta sangat tinggi, yaitu 7.157 kasus positif tambahan pada Juli 2020, 8.569 kasus pada Agustus, dan 11.245 kasus pada September 2020 (Christy, 2020). Dari penambahan kasus yang cukup signifikan tersebut, Gubernur DKI Jakarta kembali memberlakukan Pembatasan Sosial Berskala Besar di Jakarta.

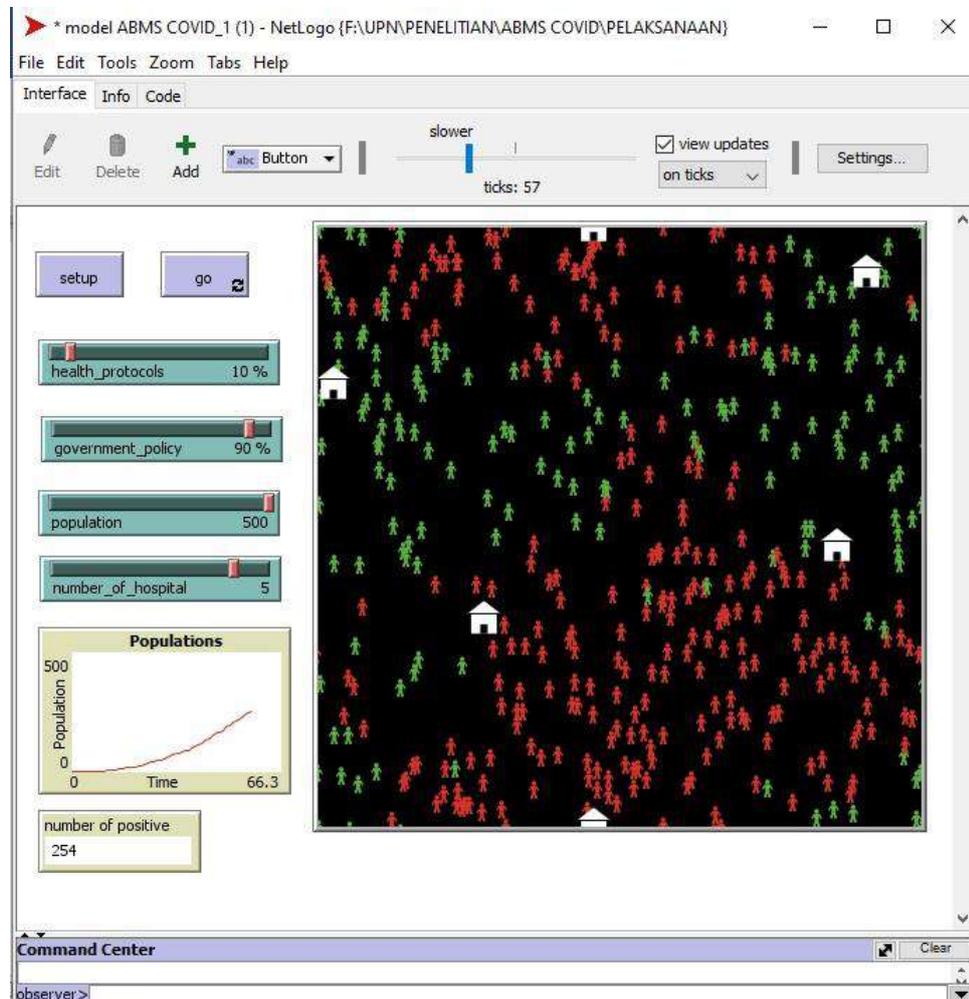
2. Kondisi 2

Kondisi 2 menggambarkan kebijakan pemerintah yang tinggi dalam penanganan Covid-19 tetapi masyarakat masih belum menerapkan protokol Kesehatan dengan baik.

Gambar 5.3 merupakan hasil simulasi kondisi 2. Kondisi 2 merupakan simulasi ketika pemerintah memberikan banyak kebijakan terkait COVID-19 tetapi masyarakatnya tidak menerapkan protokol kesehatan (tidak memakai masker ketika ke luar rumah, tidak mencuci tangan, tidak ada *social distancing*, dsb). Kondisi ini salah satunya seperti di daerah Semarang dimana banyak dijumpai masyarakat tidak memakai masker di jalan dan tempat umum serta tidak adanya *social distancing* di tempat umum.

Pada kondisi ini setelah dilakukan percobaan selama 57 tick didapatkan 254 kasus positif. Kondisi 2 adalah kondisi masyarakat tidak percaya pada COVID-19, atau masyarakat sudah lupa akan virus ini dan bosan menerapkan protokol kesehatan. Dalam kondisi ini, meskipun

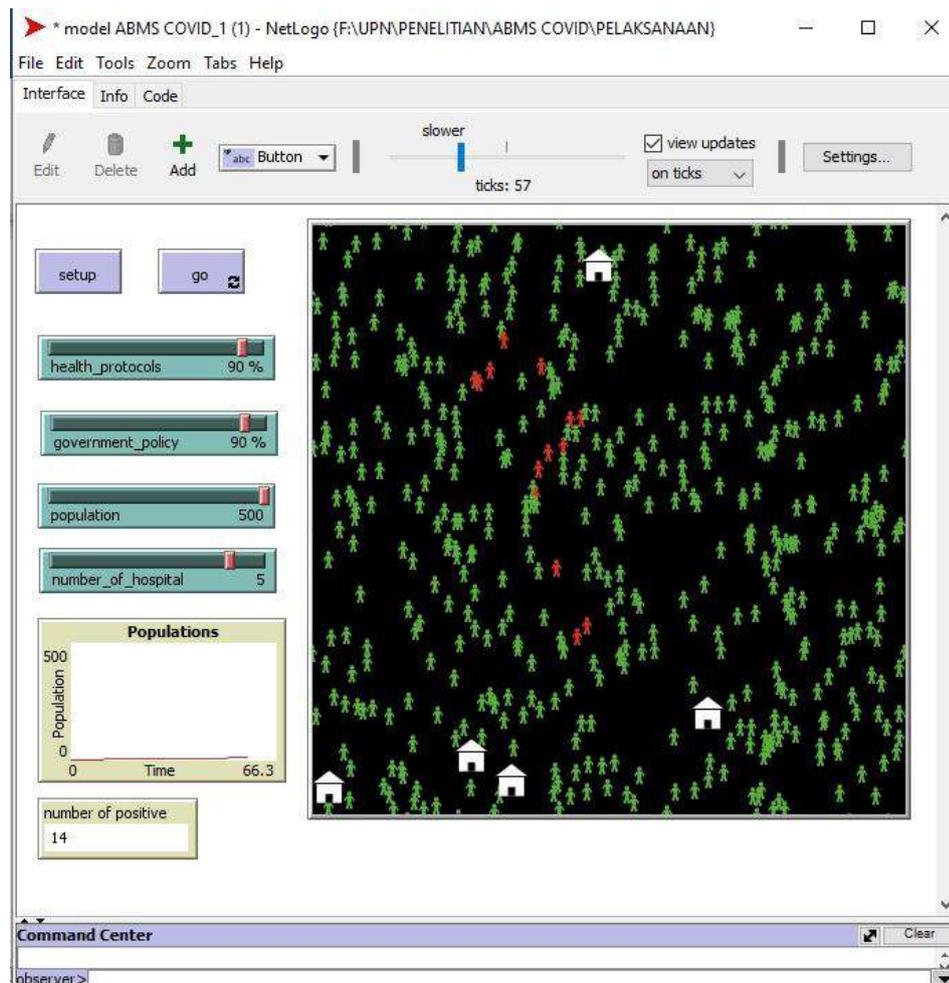
pemerintah memberlakukan kebijakan terkait COVID-19 seperti membatasi kegiatan, tetapi jika masyarakat tidak menerapkan protokol kesehatan, penambahan kasus juga akan terjadi dengan cepat.



Gambar 5.3. Simulasi Kondisi 2

3. Kondisi 3

Kondisi 3 menggambarkan kondisi dimana masyarakat menerapkan protokol Kesehatan dengan baik dan pemerintah memberikan perhatian serta kebijakan terkait penanganan Covid-19.



Gambar 5.4. Simulasi Kondisi 3

Gambar 5.4 mengilustrasikan simulasi kondisi 3 pada model ini. Kondisi 3 menggambarkan ketika 90% masyarakat melaksanakan protokol kesehatan dengan baik dan pemerintah mendukung dengan kebijakan pembatasan fasilitas umum dan daerah. Hasil simulasi menunjukkan bahwa setelah 57 tick, hanya terjadi 14 kasus positif. Ini sangat berbeda dengan kondisi 1 dan 2.

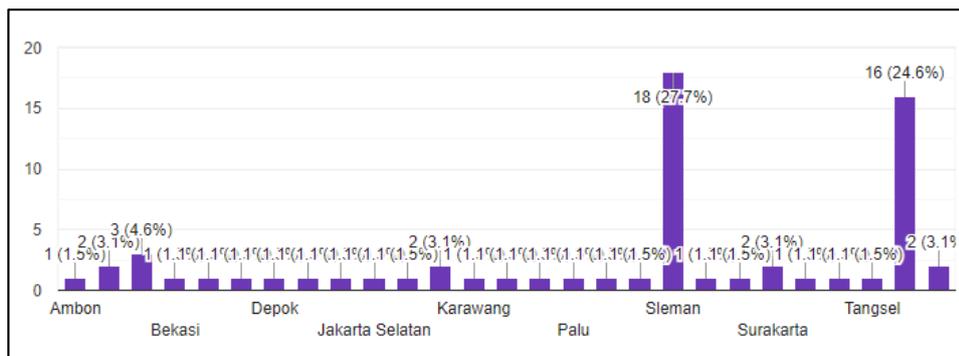
Kondisi 3 merupakan kondisi yang diharapkan terjadi karena walaupun masih terdapat tambahan kasus, tetapi peningkatan kasus tersebut dapat terjadi dengan sangat lambat. Ini jauh lebih lambat dari kondisi 2 dan 3. Namun, mungkin sulit untuk menerapkan kondisi ini karena masyarakat

dan pemerintah juga berharap perekonomian terus berjalan untuk mencegah kelaparan, kemiskinan dan kejahatan.

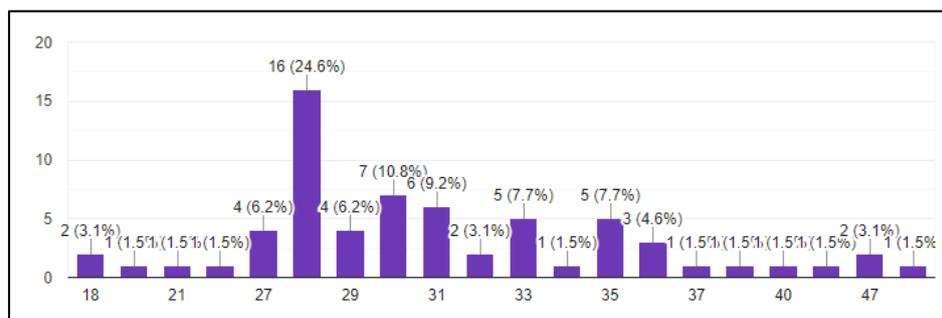
Padahal pemerintah dalam hal ini kebijakan pemerintah tidak bisa sepenuhnya melakukan *lockdown*. Pemerintah dapat mempertimbangkan berbagai pembatasan lain yang berdampak pada penurunan laju penyebaran COVID-19. Kebijakan pemerintah dalam hal ini antara lain membatasi acara yang melibatkan banyak orang berkumpul, *sweeping* ke berbagai tempat keramaian, sanksi terhadap pelanggar, dsb.

4. Kondisi 4

Kondisi 4 menggambarkan kondisi seperti dalam pengambilan data primer. Dari data primer yang melibatkan 65 responden didapatkan ada 1 orang yang positif, dengan usia responden $31,03 \pm 5,8$ tahun. Responden tersebar dari berbagai wilayah di Indonesia dengan data sebagai berikut.

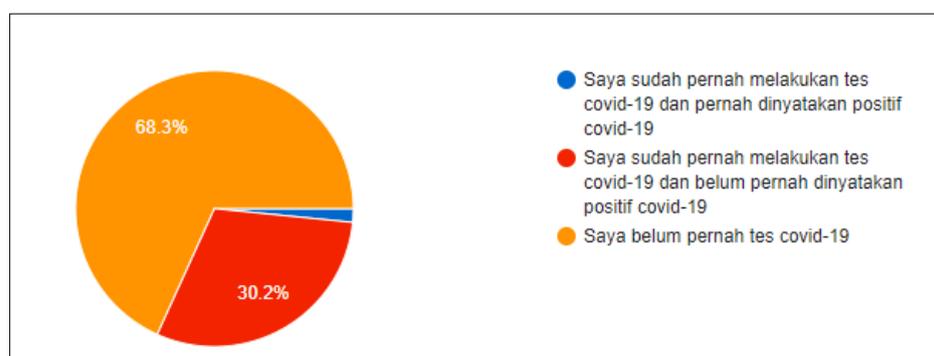


Gambar 5.5 Domisili responden



Gambar 5.6 Persebaran Usia Responden

Sebagian responden memiliki penyakit bawaan seperti asma, diabetes, dsb. Untuk frekuensi tes Covid-19, Sebagian besar responden (68,3%) belum pernah melakukan tes. Sedangkan 30,2% sudah pernah tes dan hasilnya negatif dan 1,6% pernah tes dengan hasil positif.



Gambar 5.7 Tes Covid-19 Responden

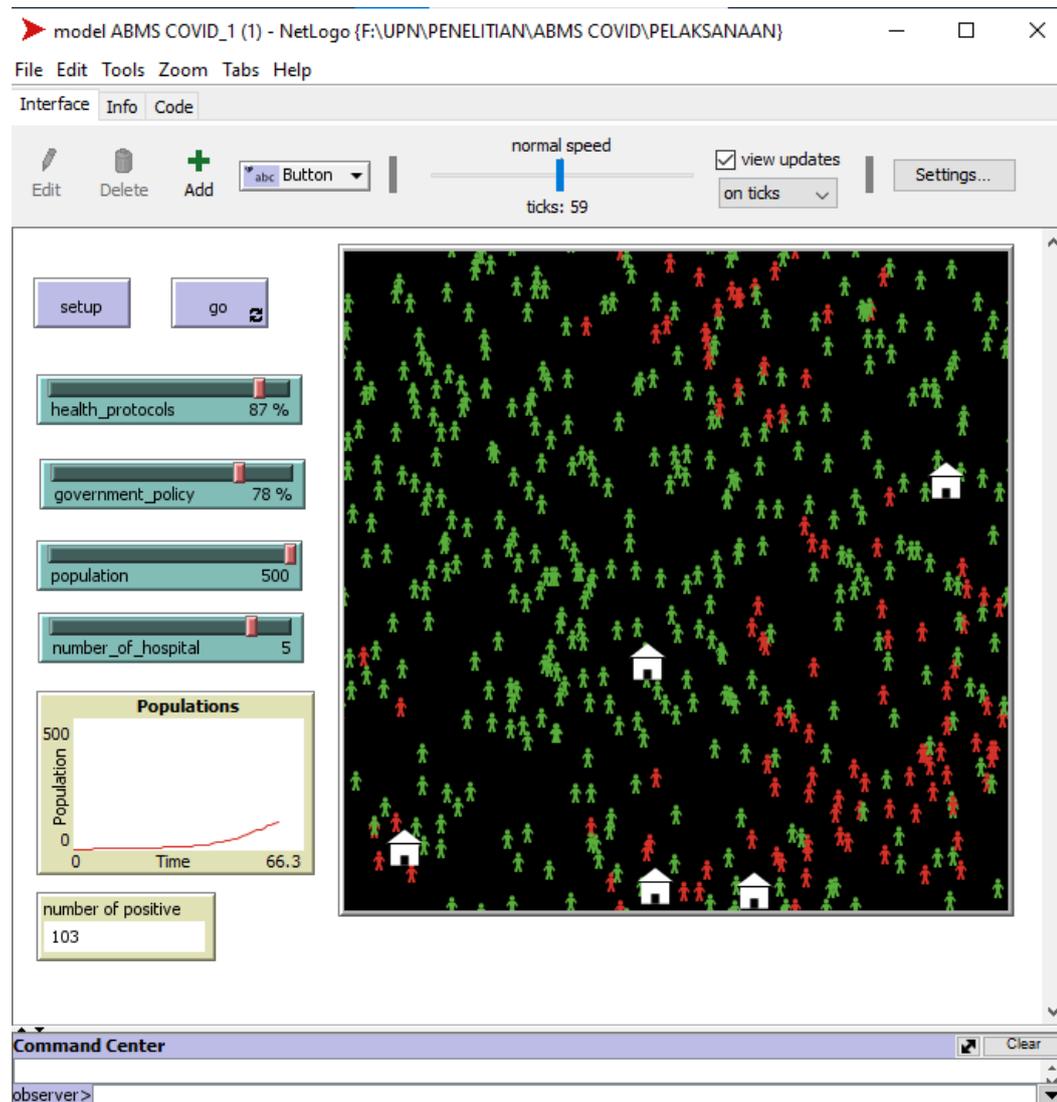
Dalam pengambilan data ini responden mengisi sejumlah pernyataan dengan pilihan jawaban skala likert 1-5. Dengan nilai 1 artinya sangat tidak setuju/ sangat tidak sesuai dan nilai 5 artinya sangat setuju/ sangat sesuai. Hasil isian kuesioner oleh responden dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil isian kuesioner responden

Pernyataan	Nilai rata-rata
Saya selalu memakai masker ketika keluar rumah	4,8
Saya memakai masker setiap keluar rumah walaupun hanya radius < 500 m dari rumah	4,507692
Saya selalu membawa handsanitizer ketika bepergian keluar rumah	4,323077
Saya selalu menggunakan handsanitizer ketika bepergian keluar rumah	4,4
Saya selalu mencuci tangan ketika memasuki tempat umum (kantor, sekolah, toko, restoran, dsb)	4,246154
Saya selalu berganti baju dan mandi ketika pulang dari bepergian selama masa pandemi	4,107692
Saya selalu menjaga jarak (social distancing) ketika di luar rumah	4,215385
Akumulasi rata-rata kepatuhan dalam menerapkan protocol kesehatan	4,371429
Saya membatasi kegiatan bepergian selama masa pandemi ini (hanya bepergian untuk hal yang sangat penting seperti bekerja)	4,123077
Saya bekerja dari rumah	3,615385
Saya beribadah dari rumah	4,123077
Saya tidak mudik selama masa pandemi covid-19	3,953846

Pernyataan	Nilai rata-rata
Saya memilih berbelanja online/ pesan antar pada masa pandemi covid-19	3,784615
Saya tidak pergi ke luar Provinsi selama masa pandemi covid-19	3,876923
Saya tidak melakukan wisata selama masa pandemi covid-19	3,892308
Akumulasi rata-rata kepatuhan dalam kebijakan yang diterapkan pemerintah	3,90989

Dari Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa kepatuhan responden dalam penerapan protocol Kesehatan saat ini sebesar 4,3 dari skala 5 atau 87%, sedangkan kepatuhan dalam melaksanakan kebijakan pemerintah lebih rendah nilainya yaitu 3,9 dari skala 5 atau 78%.



Gambar 5.8 Simulasi kondisi 4

Pada kondisi 4 dengan penerapan protocol Kesehatan sebesar 87% dan kepatuhan terhadap kebijakan pemerintah sebesar 78% dapat dilihat bahwa penularan tetap terjadi dengan angka jumlah positif 109 setelah 59 tick.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Penerapan protokol Kesehatan pada setiap individu seperti memakai masker, menjaga jarak, mencuci tangan, dsb berdampak terhadap penyebaran *Covid-19*. Semakin banyak masyarakat yang patuh terhadap penerapan protokol Kesehatan, semakin rendah juga laju penyebaran *Covid-19*.
2. Kebijakan pemerintah berpengaruh terhadap penyebaran *Covid-19*. Ketika pemerintah tidak memberikan kebijakan apapun terkait penyebaran *Covid-19* atau masyarakat mengabaikan kebijakan pemerintah, maka semakin cepat pula laju penyebaran *Covid-19*.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk membandingkan penyebaran *Covid-19* di tiap daerah di Indonesia dengan karakter masyarakat dan pemerintahnya yang berbeda-beda.
2. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk melihat efek dari variable yang lebih spesifik seperti transportasi umum, sekolah, kantor, tempat, ibadah, dsb.

DAFTAR PUSTAKA

- Buana, D. R. (2020). Analisis Perilaku Masyarakat Indonesia dalam Menghadapi Pandemi Virus Corona (Covid-19) dan Kiat Menjaga Kesejahteraan Jiwa. *SALAM: Jurnal Sosial Dan Budaya Syar-I*, 7(3). <https://doi.org/10.15408/sjsbs.v7i3.15082>
- Christy, F. E. (2020). *Penambahan Kasus Aktif Covid-19 di DKI Jakarta Periode Maret - September 2020*. <https://data.tempo.co/data/940/penambahan-kasus-aktif-covid-19-di-dki-jakarta-periode-maret-september-2020>
- Daryono, B. S. (2020). Covid-19 Berakhir pada Kemarau? *Jawa Pos*, <https://www.jawapos.com/opini/06/04/2020/covid-19->
- Grimm, V., Berger, U., DeAngelis, D. L., Polhill, J. G., Giske, J., & Railsback, S. F. (2010). The ODD protocol: A review and first update. *Ecological Modelling*, 221(23), 2760–2768. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.08.019>
- Hackl, J., & Dubernet, T. (2019). Epidemic Spreading in Urban Areas Using Agent-Based Transportation Models. *Future Internet*, 1–14. <https://doi.org/10.3390/fi11040092>
- Huang, C., Wang, Y., Li, X., Ren, L., Zhao, J., Hu, Y., Zhang, L., Fan, G., Xu, J., & Gu, X. (2020). *Articles Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan , China*. 497–506. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5)
- Hunter, E., Namee, B. Mac, & Kelleher, J. (2017). A Taxonomy for Agent-Based Models in Human Infectious Disease Epidemiology A Review of Epidemiological Agent-Based Models. *JASSS*, 20(3), 1–17.
- Hunter, E., Namee, B. Mac, & Kelleher, J. (2018). *An open-data-driven agent-based model to simulate infectious disease outbreaks*.
- Ivorra, B., Ferrández, M. R., Vela-pérez, M., & Ramos, A. M. (2020). *Mathematical modeling of the spread of the coronavirus disease 2019 (COVID-19) taking into account the undetected infections . The case of China. 2019*.
- Kennedy, W. G. (2011). *Modelling Human Behaviour in Agent- - Based Models How not to model human behaviour Levels of modelling human behaviour The science behind modelling human behaviour*. 167–179.
- Khair, F. (n.d.). *PENANGGULANGAN BENCANA MENGGUNAKAN GIS DAN AGENT BASED MODELING (ABM)*. XII(2), 249–261.

- Laskowski, M., Demianyk, B. C. P., Witt, J., Mukhi, S. N., Friesen, M. R., & McLeod, R. D. (2011). Agent-based modeling of the spread of influenza-like illness in an emergency department: A simulation study. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 15(6), 877–889. <https://doi.org/10.1109/TITB.2011.2163414>
- Macal, C. M., & North, M. J. (2010). *Tutorial on agent-based modelling and simulation*. 151–162. <https://doi.org/10.1057/jos.2010.3>
- Nuraini, N., Khairudin, K., & Apri, M. (2020). *Modeling Simulation of COVID-19 in Indonesia based on Early Endemic Data*. 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.5614/cbms.2020.3.1.1>
- Perlman, S. (2020). *Another Decade , Another Coronavirus*. 760–762. <https://doi.org/10.1056/NEJMe1917479>
- Ramadhan, F., & Nugraha, C. (2014). *Pemodelan dan Simulasi Berbasis Agen untuk Sistem Industri Kuliner* □. 01(03), 101–113.
- Roser, M., Ritchie, H., Ospina-Ortiz, E., & Hasell, J. (2020). *Coronavirus Disease (COVID-19)*.
- Saputra, G. W., Irawan, B., & Kusuma, P. D. (2018). MODELING AND SIMULATION THE SPREAD OF TUBERCULOSIS BASED ON AGENT SYSTEM. *ISSN : 2355-9365 e-Proceeding of Engineering*, 5(3), 6267–6275.
- Shereen, M. A., Khan, S., Kazmi, A., Bashir, N., & Siddique, R. (2020). COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses. *Journal of Advanced Research*, 24, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2020.03.005>
- Susiloningtyas, D., Boer, M., Adrianto, L., & Yulianda, F. (2015). Agent Base Model For Seasonal Migration Activity of Squid Andon Fishers at Salura Island. *J. Sosek KP*, 10(1), 103–114.
- Teweldemedhin, E., Marwala, T., & Mueller, C. (2005). Agent-based modelling: A case study in HIV epidemic. *Proceedings - HIS'04: 4th International Conference on Hybrid Intelligent Systems, January*, 154–159. <https://doi.org/10.1109/ichis.2004.16>
- World Health Organization. (2020). *Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Situation Report-93* (Issue 22 April 2020).
- Worldailmi, E., & Ismianti, I. (2020). Simulation of trends in the use of e-payment using agent-based models. *International Journal of Industrial Optimization*, 1(1), 29–42.

Wu, Y. C., Chen, C. S., & Chan, Y. J. (2020). The outbreak of COVID-19: An overview. *Journal of the Chinese Medical Association*, 83(3), 217–220. <https://doi.org/10.1097/JCMA.0000000000000270>

Wu, Y., Chen, C., & Chan, Y. (2019). *The outbreak of COVID-19 : An overview*. 217–220. <https://doi.org/10.1097/JCMA.0000000000000270>>Wu