

Studi Dinamika Kasus COVID-19 Dalam Pencapaian Imunitas Kelompok Di Indonesia

PP Mikey V2

Pratama Azmi Atmajaya
School of computing
Telkom University
Bandung, JawaBarat
pratamacompeteros@gmail.com

Kurniadi Ahmad Wijaya
School of computing
Telkom University
Bandung, JawaBarat
kurniadiahmadwijaya@gmail.com

Alif Adwitiya Pratama
School of computing
Telkom University
Bandung, JawaBarat
alifadwitiya@gmail.com

Abstract—Imunitas kelompok atau *herd immunity* merupakan kondisi krusial yang menentukan terkendali atau tidaknya wabah COVID-19. Kebijakan pemerintah, baik dalam hal kontrol sosial juga vaksinasi, menjadi salah satu faktor penting dalam pencapaian imunitas kelompok. Dalam makalah ini, dilakukan analisis terhadap dinamika kasus COVID-19 di Indonesia dalam korelasinya dengan kebijakan pemerintah dan juga laju vaksinasi. Analisis ini mengarah pada deduksi atas waktu yang diperlukan Indonesia untuk mencapai imunitas kelompok. Studi ini juga melakukan prakiraan deret waktu kasus dan vaksinasi dengan menggunakan model N-Beats untuk memperkuat deduksi yang dilakukan dari dinamika masa lampau. Berdasarkan studi ini, diestimasikan pada bulan Februari 2022 kebijakan pelepasan masker dikeluarkan.

I. PENDAHULUAN

Wabah *CoronaVirus Disease 2019* atau biasa disingkat COVID-19 telah menjadi pusat perhatian seluruh dunia sejak merebak pada awal tahun 2020. COVID-19 merupakan penyakit seperti flu yang disebabkan oleh virus yang serupa dengan penyebab SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome*), karena itu secara resmi virus ini bernama SARS-CoV-2 [1].

Virus SARS-CoV-2 menyebar dengan cepat di seluruh dunia, dikarenakan belum ada pengobatan dan vaksin untuk penyakit COVID-19. Dalam tiga bulan pertama, 114 negara terkena virus, dan 4.291 kematian terjadi. Sebagai akibat dari penyebaran penyakit yang cepat, itu dinyatakan sebagai pandemi global oleh Organisasi Kesehatan Dunia. (WHO) pada 11 Maret 2020 [2].

Mengingat betapa besarnya pengaruh COVID-19 dalam berbagai aspek, terutama ekonomi, setiap negara berlomba untuk menurunkan kasus positif COVID-19. Salah satu yang dapat dilakukan adalah menggunakan data-data terdahulu untuk memprediksi tren masa depan atau *forecasting*. Dengan *forecasting*, kasus-kasus positif, kematian, dan kesembuhan dari COVID-19 dapat diprediksi, sehingga Indonesia dapat mempersiapkan kebijakan apabila terdapat hasil prediksi yang perlu diperhatikan. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memprediksi kasus - kasus yang telah disebutkan. [3] telah menggunakan *Long-Short-Term Memory* (LSTM) untuk prediksi kemungkinan COVID 19 selesai di Kanada. Berdasarkan LSTM model yang dibentuk, penelitian tersebut mengestimasi pandemi COVID-19 di Kanada selesai dalam waktu 3 bulan.

ArunKumar.dkk telah menggunakan *Long Short-Term Memory* (LSTM), *Gated Recurrent Unit* (GRU), dan *Recurrent Neural Networks* (RNN) untuk memprediksi jumlah konfirmasi positif, negatif, dan kasus kematian dari pandemi COVID-19. Hasil penelitian tersebut menghasilkan

bahwasanya penggabungan LSTM dengan GRU memberikan prediksi yang bagus dibandingkan individual models[4]. Kurniawan.dkk mengimplementasikan *Curve fitting* untuk prediksi total kasus positif dan hasil dari penelitian tersebut adalah selesainya pandemi setelah 2 tahun pandemi COVID-19 berlangsung [5].

Vaksinasi adalah aspek lain yang berpengaruh signifikan terhadap kebijakan terkait COVID-19. Beberapa penelitian telah memberikan laporan bahwasanya vaksin telah menurunkan transmisi COVID-19 [6,7]. Informasi terkait vaksinasi dapat dijadikan bahan untuk memprediksi skenario di masa depan berdasarkan kecepatan vaksinasi saat ini, sehingga Indonesia dapat melakukan persiapan untuk kebijakan-kebijakan yang akan datang. Cihan.dkk melakukan penelitian terkait vaksinasi di beberapa benua, dan menemukan bahwasanya banyak negara yang masih jauh dalam mencapai *herd-immunity* baik untuk perlambatan penyebaran COVID-19 ataupun selesainya pandemi COVID-19 [8].

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa faktor-faktor yang tidak dipertimbangkan seperti kebijakan, hari-hari libur, mobilisasi, serta vaksinasi. Tujuan dari makalah ini adalah memprediksi kemungkinan kebijakan bebas masker di Indonesia diterbitkan, dengan mempertimbangkan beberapa variabel penting, seperti kebijakan, kasus positif, kematian, sembuh, vaksinasi, mobilitas, dan hari - hari libur. *Forecasting* juga dilakukan dengan menggunakan model N-BEATS, serta analisa mendalam terkait vaksinasi. Hal ini dilakukan guna menjawab kapan pemerintah Indonesia mengeluarkan kebijakan bebas masker.

II. PEMBAHASAN

A. Dataset

Pada penelitian ini digunakan beberapa sumber dataset maupun informasi yang diolah sehingga menjadi dataset yang dapat digunakan untuk mengambil informasi-informasi yang penting terkait tujuan dari pembuatan paper ini. Dataset vaksinasi harian dosis 1 per provinsi yang didapat dari website kemenkes [9] dengan rentang dataset awal vaksinasi sampai 12 Agustus 2021. Dataset untuk kependudukan per provinsi diambil dari website BPS dengan data kependudukan 2020 [10]. Sedangkan untuk dataset kasus positif, sembuh, kematian, dan vaksinasi harian seluruh provinsi diambil dari website kawal korona [11] yang diambil dari awal kemunculan COVID-19 di Indonesia sampai tanggal 21 Agustus 2021. Kemudian dibentuk dataset pembobotan dengan rentang 0 - 1 terkait kebijakan pemerintah, maupun hari - hari libur.

Terakhir, dataset indeks mobilitas yang dibuat oleh Facebook rentang waktu dari 01 - Maret 2020 sampai 22 Agustus 2021 [12].

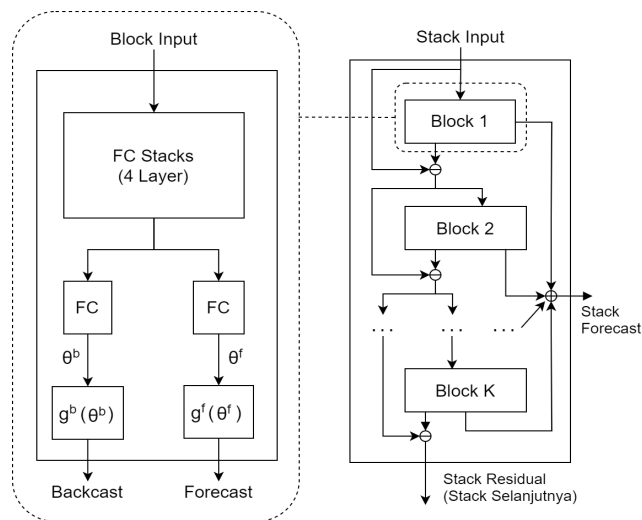
Seluruh dataset yang digunakan ditujukan untuk menjawab kemungkinan kapan kebijakan pelepasan masker diberlakukan. Pada dataset yang akan digunakan untuk memodelkan seri waktu digunakan beberapa macam gabungan dataset yaitu dataset kasus harian COVID-19, vaksinasi harian dosis kedua, kasus sembuh harian, mobilitas harian masyarakat, dan pembobotan hari penting.

TABEL I. INPUT VARIABEL

tanggal	positif	sembuh	Dosis kedua	mobilitas	bobot
2021-08-17	20741.0	32225.0	243799.0	-69.36412	0.7
2021-08-18	15768.0	29794.0	674333.0	-32.22304	0.7
2021-08-19	22053.0	29012.0	702847.0	-35.43749	0.7
2021-08-20	20004.0	26122.0	355245.0	-41.58287	0.0
2021-08-21	16744.0	23011.0	619482.0	-45.64792	0.0

B. Model Seri Waktu N-BEATS

N-BEATS (Neural Basis Expansion Analysis for Interpretable Time Series Forecasting) merupakan sebuah *interpretable model* yang digunakan sebagai prediksi berbasis seri waktu dengan sistem arsitektur saraf yang terdiri atas *residual connection* yang bergerak maju dan mundur serta memiliki tumpukan layer yang terhubung satu sama lain (*Full Connected*) [13]. Secara sederhana, model ini berjalan seperti teknik dekomposisi tradisional yaitu dengan menggunakan pendekatan tren musiman.



Gambar 1. Arsitektur N-BEATS

Secara spesifik, arsitektur N-BEATS terdiri atas dua *stack* yaitu *stack* tren dan *stack* musiman. Setiap beberapa block *stack* tersebut terhubung satu sama lain menggunakan *residual connection*. Dengan menggunakan pendekatan gabungan antara *forecast* dan *backcast*, kedua *stack residual* tersebut menghasilkan komponen tren yang terpisah dari *input window* sebelum digabungkan pada *stack* musiman. Dengan arsitektur pemisahan tersebut maka dapat dihasilkan lapisan interpretasi yang lebih diinginkan ke model sehingga kita bisa mendapatkan akurasi lebih baik dan dapat melatih data lebih cepat meskipun dengan

banyaknya domain data yang diberikan. Secara arsitektur, N-BEATS dirancang untuk dapat menangani seri waktu berbasis *multivariate* (seri waktu yang memiliki lebih dari satu variabel dependen).

Dengan sistem *multivariate* tersebut, variabel yang dapat berkorelasi dengan naik atau turunnya angka kasus harian COVID-19 seperti variabel angka kesembuhan, jumlah vaksinasi harian, dan mobilitas masyarakat dapat dilatih secara bersamaan untuk menjadi model seri waktu.

Proses melatih data *multivariate* tersebut diawali dengan cara menggunakan teknik *flattening* bentuk model ke dalam bentuk *series* 1-D dan melakukan reshaping (pembentukan kembali) hasil sesuai dengan dimensi input pada variabel awal dari data masukan.

III. HASIL DAN DISKUSI

COVID-19 telah mempengaruhi berbagai macam aspek penting di suatu negara diantaranya ekonomi, pendidikan, dan kesehatan. Indonesia sebagai salah satu negara yang memiliki tingkat kependudukan yang tinggi terdampak oleh COVID-19. Indonesia pertama kali mengkonfirmasi kasus COVID-19 pada Senin 2 Maret 2020 lalu [14]. Tidak selang beberapa lama Indonesia mengeluarkan surat peraturan pemerintah yaitu, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 21 tahun 2020 tentang pembatasan sosial berskala besar dalam rangka percepatan penanganan *coronavirus disease* 2019 (COVID-19) tanggal 31 Maret 2020 [15]. Hingga 26 Mei 2020, jumlah kasus corona yang telah dikonfirmasi di Indonesia adalah sebanyak 23.165. Tentu hal ini menjadi sebuah pencapaian yang baik. Dalam waktu 56 hari saja, kenaikan per harinya rata - rata 413 orang per hari. Namun, tentu terdapat dampak negatifnya yaitu, roda ekonomi yang tidak berjalan dengan baik. Sehingga, Pemerintah melakukan pelanggaran yaitu *New Normal* untuk menggerakkan roda perekonomian. *New Normal* didasari oleh keadaan ekonomi yang secara luas yang didiagnosis karena munculnya stagnasi dan ketidakseimbangan terhadap pertumbuhan maupun penghasilan [16]. Sehingga, Kementerian Kesehatan RI telah menerbitkan Keputusan Menteri Kesehatan nomor HK.01.07/MENKES/328/2020 tentang Panduan Pencegahan dan Pengendalian Covid-19 di Tempat Kerja Perkantoran dan Industri dalam Mendukung Keberlangsungan Usaha pada Situasi Pandemi [17]. *New Normal* sendiri memberikan kesempatan kepada masyarakat untuk mencari pemasukan, berlangsungnya *New Normal* selama kurang lebih 7 bulan dapat menjalankan roda perekonomian negara Indonesia. Namun, pada awal tahun 2021, pemerintah kembali memberlakukan kebijakan baru yaitu PPKM (Pemberlakuan pembatasan kegiatan masyarakat) terhitung sejak tanggal 11 Januari 2021 hingga paper ini ditulis. Terdapat beberapa tahapan pada PPKM, yang masing - masing tahapan memiliki tujuan yang sama, yaitu, mengurangi angka kasus positif COVID-19. Pada tahun 2021, pengembangan terkait vaksin COVID-19 mulai didistribusikan. Pada Juni 2021, 19 vaksin COVID-19 yang unik memiliki persetujuan peraturan di setidaknya pada satu negara [18].

Vaksin sendiri penting dalam mengatasi pandemi, karena bertujuan untuk mengenalkan virus kepada antibodi tubuh. Tentu dalam pengembangan sebuah vaksin diperlukan pengetahuan terkait kemanjuran vaksin tersebut. Kemanjuran vaksin mengukur pengurangan proporsional dari hasil yang diukur di antara orang-orang yang divaksinasi dengan orang-orang yang tidak divaksinasi.

Tahapan vaksinasi Covid-19 di Indonesia resmi dimulai pada Rabu 13 Januari 2021[19]. Beberapa vaksin yang digunakan di Indonesia adalah vaksin BioFarma, Sinovac, AstraZeneca, Sinopharm, Moderna, dan Pfizer. Setiap jenis vaksin memiliki tingkat kemanjuran yang berbeda - beda, dan tentu hal ini berpengaruh terhadap seberapa cepat *herd-immunity* dapat tercapai.

Munculnya surat pemerintah terkait pembatasan sosial dan adanya percepatan vaksinasi ditujukan untuk mengatasi permasalahan pandemi COVID-19 di Indonesia. Namun, untuk berapa lama Indonesia dapat mencapai *herd-immunity* sehingga dapat bebas masker? Persentase orang yang imun agar mendapatkan *herd-immunity* berbeda pada setiap penyakit. Sebagai contoh untuk penyakit *measles* membutuhkan 95% *herd-immunity* dan penyakit polio 80% [20]. Tentu hal ini berlaku terhadap penyakit COVID-19, sayangnya belum ada kepastian persentase untuk meraih *herd-immunity* [20]. Belum dapat ditemukan penelitian yang membahas terkait kapan pelepasan masker dilakukan, banyak referensi membahas faktor - faktor yang mempercepat persebaran penyakit COVID-19, peningkatan kematian akibat COVID-19, kecepatan vaksinasi sampai prediksi kasus positif/kematian/maupun vaksinasi. Dengan banyaknya penelitian terkait dengan COVID-19 dan pengembangan vaksin COVID-19 diharapkan dapat memberikan pertimbangan untuk negara Indonesia agar keluar dari pandemi dan kembali kepada kondisi normal, bebas masker.

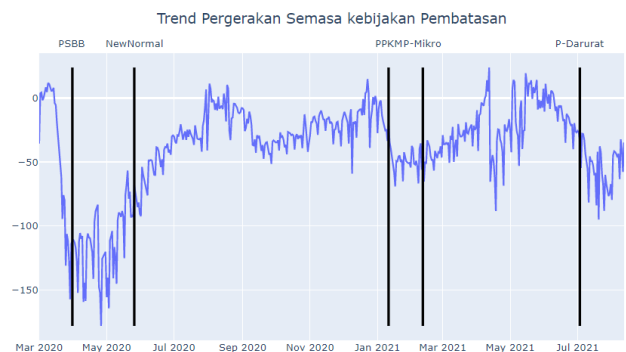
Kecepatan transmisi penyakit COVID-19 tidak dapat dibendung hanya dengan pembatasan saja. Banyak studi mengkonfirmasi pentingnya penyaringan, pengawasan, dan kontrol, terutama di bandara dan pusat transportasi lainnya untuk mencegah penyebaran COVID-19 [21,22]. Walaupun Indonesia telah melakukan beragam pembatasan ataupun tracing untuk menurunkan kasus COVID-19, kebijakan tersebut memang berhubungan dengan menurunkan penyebaran, namun dampak dari pelanggaran pembatasan dan pembukaan kembali masih belum jelas [21]. Maka dari itu, diperlukan evaluasi yang mendalam terhadap pemberlakuan pembatasan - pembatasan yang telah dilakukan oleh Indonesia. Hal ini dibutuhkan untuk dapat menjawab kapan pemerintah Indonesia mengeluarkan kebijakan bebas masker.

A. Analisis Data

Pada penelitian ini dilakukan beberapa analisa terkait hasil pembatasan-pembatasan yang dilakukan oleh pemerintah Indonesia. Diasumsikan kebijakan pemerintah dilakukan di seluruh provinsi Indonesia dan PPKM-Darurat telah menjadi satu kesatuan dengan PPKM-Level 1-4 pada fokus ini akan terdapat 2 hal yang dianalisa mendalam yaitu pergerakan dan kasus harian Indonesia.



Gambar 2. Tren Kasus Positif Harian Indonesia

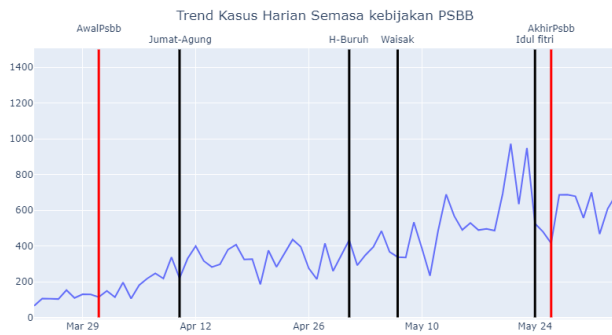


Gambar 3. Tren Pergerakan Semasa Kebijakan Pembatasan

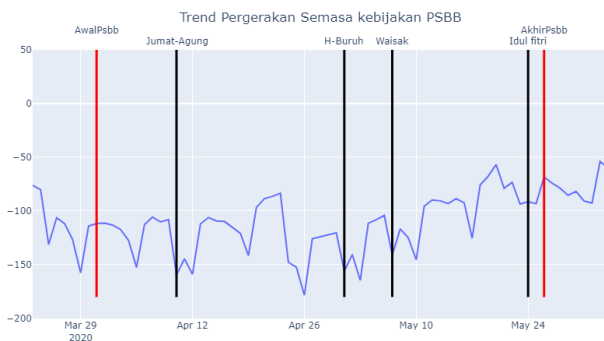
Pada gambar 2 dan gambar 3 terlihat bahwasanya setiap kebijakan yang diberikan oleh pemerintah bergantung pada aspek kasus harian positif dan ketika terjadi perubahan kebijakan aspek pergerakan masyarakat Indonesia ikut berubah. Pada saat PSBB terlihat bahwasanya kasus harian positif tidak besar, hal ini terlihat dari tren pergerakan semasa PSBB, dimana terjadi penurunan yang signifikan, kemudian dikeluarkan lah surat pemerintah terkait pemberlakuan new-normal untuk menjalankan roda perekonomian, apabila melihat tren, setiap bulannya kasus harian positif di Indonesia naik hal ini juga tercermin dari tren pergerakan, semasa *New Normal* terjadi kenaikan pergerakan, hal ini dianggap wajar dikarenakan tujuan *New Normal* menjalankan roda perekonomian, sampai pada titik Januari 2021 terjadi kenaikan kasus positif namun untuk tren pergerakan terlihat bahwasanya terjadi penurunan, Pemerintah Indonesia mencoba untuk membatasi kembali pergerakan masyarakat dengan dibentuknya PPKM, namun nyatanya PPKM ini belum dapat memperbaiki roda perekonomian, maka dari itu munculah PPKM-Mikro.

Pada saat PPKM-Mikro berlaku, kasus harian positif COVID-19 sempat menurun namun untuk tren pergerakan terdapat kenaikan pergerakan dan penurunan yang belum stabil, dan pada saat bulan Juni menuju Juli 2021 terjadi kenaikan kasus harian secara eksponensial apabila melihat dari tren pergerakan juga terdapat kenaikan dan penurunan pada bulan Juni hingga Juli, dikarenakan kasus harian yang naik secara eksponensial. Kebijakan PPKM-Darurat pun muncul untuk menekan kasus harian yang naik secara eksponensial, PPKM-Darurat dinyatakan mampu untuk menekan angka kenaikan harian COVID-19, terlihat bahwasanya terjadi penurunan kasus harian dan pergerakan pada saat pemberlakuan PPKM-Darurat. Seluruh pemberlakuan kebijakan perlu dianalisis dengan baik guna menekan transmisi COVID-19.

Kebijakan PSBB adalah kebijakan awal yang dikeluarkan oleh pemerintah pada 31 Maret 2020. Kebijakan PSBB dikatakan sangat ketat, sehingga pergerakan masyarakat pada saat PSBB ini sangat dibatasi.



Gambar 4. Tren Kasus Harian Semasa kebijakan PSBB

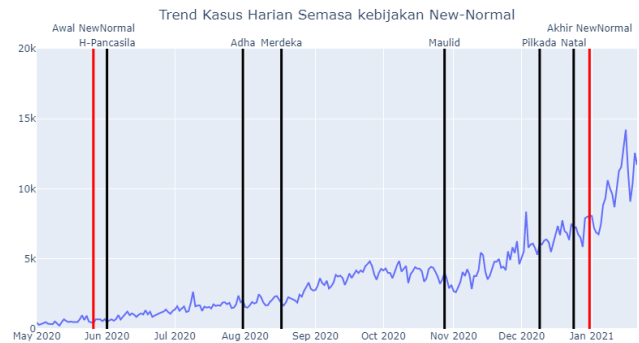


Gambar 5. Tren Pergerakan Semasa Kebijakan PSBB

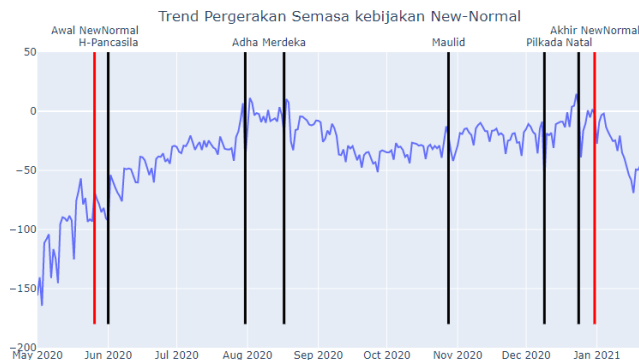
Pada Gambar 4 sumbu x mewakili tanggal dan sumbu y mewakili tingkat pergerakan yang dibandingkan pergerakan pada bulan Februari 2020 sebagai titik 0. Sedangkan untuk Gambar 5 sumbu y mewakili kasus kenaikan positif harian. Mobilitas terendah terjadi pada saat kebijakan PSBB dibandingkan dengan kebijakan setelahnya.

Dapat diamati bahwa pada hari libur kenaikan pergerakan cenderung terjadi sebelum hari libur tersebut terjadi. Hal ini pun didukung oleh kenaikan angka positif harian Indonesia yang mengalami kenaikan setiap menuju hari libur. Hal ini terjadi karena pada umumnya masyarakat melakukan persiapan sebelum liburan dan cenderung ingin berkumpul dengan keluarga.

Seperti pada saat sebelum idul fitri kenaikan mobilitas bahkan naik semenjak 3 minggu sebelumnya dikarenakan kebijakan larangan mudik pemerintah yang berlaku pada tanggal 24 april 2020. Tentu hasil dari pada kebijakan PSBB yang berlangsung selama kurang lebih 2 bulan ini mampu menekan transmisi COVID-19. Namun, kebijakan PSBB ini perlu dipertimbangkan kembali dengan bijak apabila hendak diberlakukan dikarenakan roda perekonomian Indonesia dapat berhenti akibat dari pembatasan yang terlalu ketat.

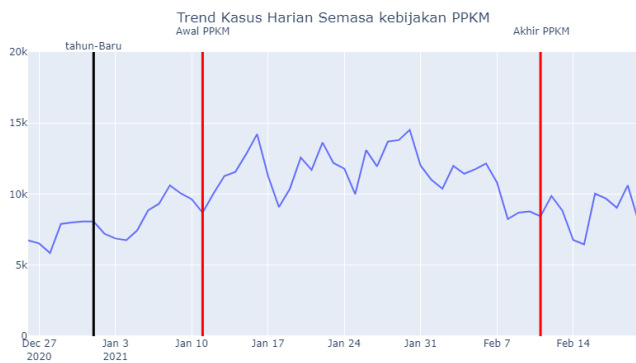


Gambar 6. Tren Kasus Harian Semasa Kebijakan New Normal

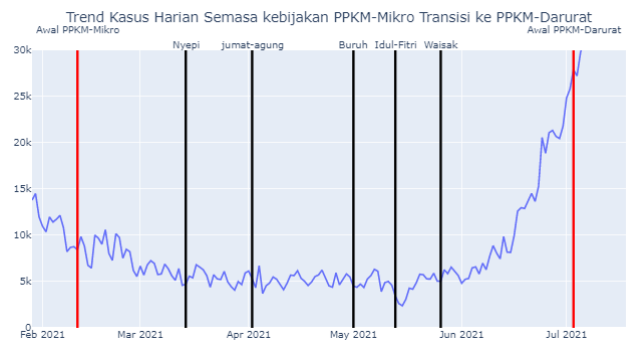


Gambar 7. Tren Pergerakan semasa Kebijakan New Normal

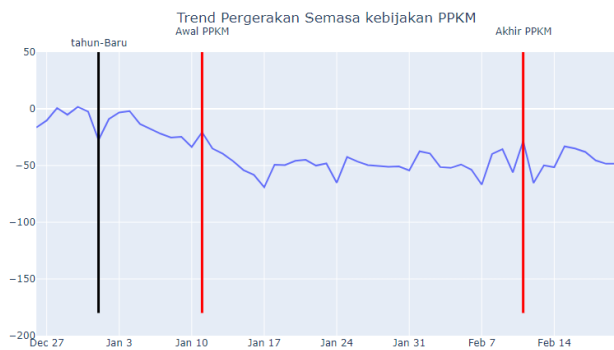
Pada saat *New Normal* mobilitas masyarakat berangsur kembali ke titik 0 yang diilustrasikan Gambar 6 yaitu kembali seperti mobilitas pada Februari 2020 hal ini bertujuan untuk memutar kembali roda ekonomi pada masa PSBB sebelumnya. Namun, hal ini mengakibatkan kenaikan yang signifikan pada angka kenaikan positif harian yang dapat diamati pada Gambar 7 hal ini disebabkan karena banyaknya masyarakat yang salah mengartikan *New Normal* sebagai akhir pandemi yang menyebabkan masyarakat lalai melaksanakan protokol kesehatan sehingga pemerintah bertindak mengeluarkan kebijakan baru yaitu PPKM untuk menekan kenaikan kasus COVID - 19.



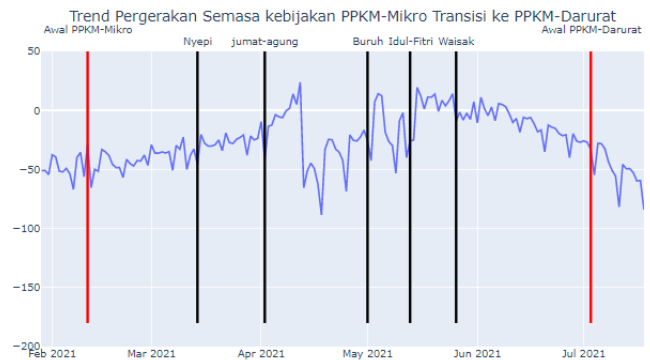
Gambar 8. Tren Kasus Harian Semasa Kebijakan PPKM



Gambar 10. Tren Pergerakan Semasa Kebijakan PPKM-Mikron Transisi Ke PPKM-Darurat



Gambar 9. Tren Pergerakan Semasa Kebijakan PPKM



Gambar 11. Tren Pergerakan Semasa Kebijakan PPKM-Mikro Transisi ke PPKM darurat

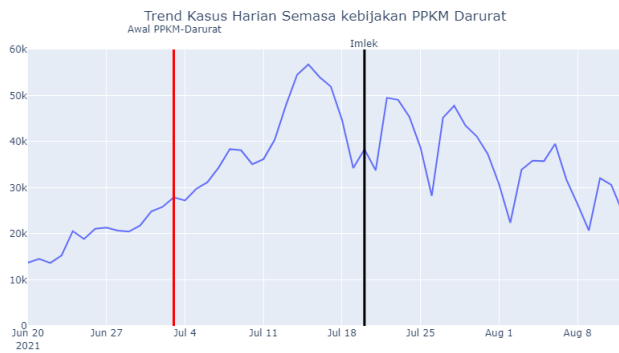
Berbeda dengan kebijakan PSBB pada awal tahun pada kebijakan PPKM ini lebih longgar dibanding PSBB karena masih adanya kelonggaran seperti:

1. Kerja kantor dibatasi maksimal 25% dari pegawai dengan menerapkan protokol kesehatan.
2. Tempat ibadah dibatasi maksimal 50% kapasitas dengan menerapkan protokol kesehatan.
3. Tempat makan dibatasi maksimal 25% kapasitas dengan menerapkan protokol kesehatan.
4. Pembatasan jam operasional untuk pusat perbelanjaan sampai pukul 19.00.
5. Sektor esensial tetap dapat beroperasi 100% dengan pengaturan jam operasional.

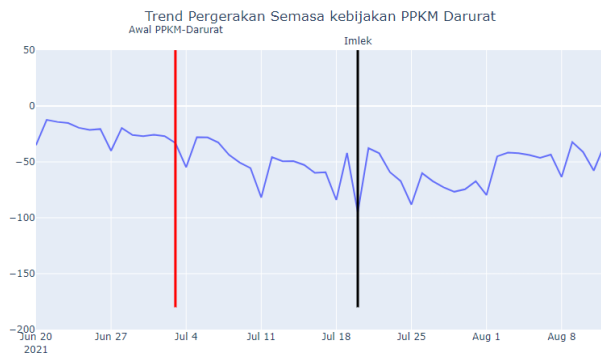
Dengan kebijakan tersebut mobilitas masyarakat cenderung lebih tinggi dibanding pada saat PSBB sebelumnya. Hal ini terlihat dari Gambar 9, pergerakan masyarakat masih mendekati 0. Namun, kondisi ekonomi Indonesia yang tetap lambat mendorong pemerintah untuk membuat sebuah kebijakan baru yaitu PPKM Mikro.

Pada PPKM mikro dilaksanakan awalnya pada tanggal 9 hingga 22 Februari 2021 yang kemudian diperpanjang berkali-kali hingga akhirnya diubah menjadi PPKM darurat pada tanggal 3 Juli 2021 perubahan ini disebabkan oleh pertambahan eksponensial terjadi setelah libur Idul Fitri. Hal ini terjadi karena munculnya varian baru COVID-19 yang lebih menular dibanding pada saat libur Idul Fitri tahun lalu disertai dengan mobilitas yang lebih tinggi dibanding Idul Fitri tahun lalu. Namun, dibalik kegagalan tersebut pada PPKM mikro pemerintah berusaha untuk meningkatkan pemantauan covid dengan membagi PPKM kedalam beberapa zona yaitu :

1. Zona hijau - tidak ada kasus COVID-19 di sebuah daerah, seluruh suspek di tes dengan pemantauan kasus secara rutin.
2. Zona kuning - terdapat 1 - 2 rumah dengan kasus konfirmasi positif dalam sebuah daerah selama 7 hari terakhir, kemudian pengendalian kasus suspek dengan pelacakan kontak erat diikuti pengawasan.
3. Zona oranye - terdapat 3 - 5 rumah dengan kasus konfirmasi positif di suatu daerah selama 7 hari terakhir, kemudian pengendalian dengan pelacakan kontak erat diikuti pengawasan, pembatasan rumah ibadah, tempat bermain anak, dan tempat umum kecuali sektor esensial.
4. Zona merah - terdapat lebih dari 5 rumah dengan kasus konfirmasi positif dalam sebuah daerah selama 7 hari terakhir, kemudian pengendalian sama seperti zona oranye dengan tambahan melarang kerumunan lebih dari 3 orang dan membatasi keluar masuk daerah maksimal hingga pukul 20.00.



Gambar 12.tren Kasus Harian Semasa Kebijakan PPKM Darurat



Gambar 13.tren Pergerakan Semasa Kebijakan PPKM Darurat

PPKM Darurat mulai berlaku pada 3 hingga paper ini ditulis yang diawali karena kenaikan signifikan angka kasus positif setelah hari raya idul fitri. Pemberlakuan PPKM Darurat terlihat kenaikan pada kasus positif harian tetapi terjadi penurunan mobilitas hal ini terjadi karena masa inkubasi virus yang cukup lama hingga 5 - 6 hari sehingga orang yang sebelumnya terkena covid perlu waktu untuk menyadari dan tergerak melakukan tes COVID - 19 serta varian delta sudah menjadi varian terbanyak di Indonesia sehingga kenaikan harian positif yang signifikan tidak dapat terelakan. Namun, setelah beberapa minggu setelah PPKM Darurat berjalan baru dirasakan penurunan kasus positif yang disebabkan kebijakan pembatasan pada PPKM Darurat seperti berikut :

1. Kegiatan pada pusat perbelanjaan/mal/pusat perdagangan ditutup.
2. Restoran dan rumah makan tidak menerima makan di tempat .
3. Satpol PP pemerintah daerah, TNI, Polri agar melakukan pengawasan yang ketat terhadap pemberlakuan pengetatan aktivitas.
4. Penguatan 3T (testing, tracing, treatment)
5. Pembatasan jam operasional industri pemenuhan kebutuhan pokok masyarakat sehari-hari sampai pukul 20.00.
6. Kegiatan ibadah tidak dilakukan secara bersama - sama
7. tidak boleh kerja di kantor untuk sektor non esensial sedangkan untuk sektor esensial berlaku 50% maksimum kerja di kantor dan untuk sektor kritikal 100% kerja di kantor.
8. Penyekatan di beberapa jalan yang pada hari biasa padat.

Segala kebijakan yang dikeluarkan pemerintah merupakan solusi sementara untuk menekan angka positif COVID-19 selagi menunggu vaksinasi terus berjalan di Indonesia. Vaksinasi adalah metrik paling penting untuk menjawab tujuan dari penelitian ini, terdapat beberapa asumsi yang digunakan untuk kasus vaksinasi. Data vaksinasi provinsi yang didapat adalah vaksinasi dosis 1, diasumsikan pada 4 pekan kedepan total vaksinasi dosis 2 sama dengan total vaksinasi dosis 1, 4 pekan sebelumnya. Tabel II mengilustrasikan asumsi yang digunakan. Hal ini digunakan dikarenakan terdapat keterbatasan data vaksinasi provinsi dosis 2. Selain itu, setiap provinsi diasumsikan telah divaksinasi lengkap sebesar 50% dari total populasi per provinsi dan data kependudukan per provinsi yang digunakan adalah data kependudukan 2020 yang diperoleh dari BPS [10] serta tidak melihat data kematian tahun 2020. Data Vaksinasi provinsi digunakan untuk menganalisa dan estimasi program vaksinasi yang dibutuhkan per provinsi.

TABEL II. ASUMSI TOTAL DOSIS 2

Tanggal Dosis 1	Tanggal Dosis 2	Provinsi	Total Dosis 1	Total Dosis 2
14-01-2021	13-02-2021	Yogyakarta	868	868
15-01-2021	14-02-2021	Yogyakarta	290	290
14-01-2021	13-02-2021	Jawa Barat	1952	1952
15-01-2021	14-02-2021	Jawa Barat	2029	2029

Vaksinasi adalah kunci utama dalam mendapatkan *herd-immunity* dan kebijakan pelepasan masker, namun kemanjuran vaksin ikut berperan penting untuk dapat mencapai *herd-immunity* ataupun munculnya kebijakan pelepasan masker. Kemanjuran vaksin di bawah 70% terhadap semua infeksi tidak memadai untuk *herd-immunity* [22]. Berikut tabel tingkat kemanjuran vaksin.

TABEL III. VAKSIN DI INDONESIA

Vaksin	Pengembang	Kemanjuran
mRNA BNT162B2	Pfizer	95%
mRNA-1273	Moderna	94%
Viral Vector AZD1222	AstraZeneca	62%
CoronaVac	Sinovac	65%
BBIBP-CorV	Sinopharm	78%

Berdasarkan tabel III didapat bahwasanya vaksin yang benar - benar memadai untuk tercapainya *herd-immunity* adalah vaksin dari Pfizer, Moderna, dan Sinopharm. Dengan demikian, pada penelitian ini, diasumsikan penggunaan vaksin dengan tingkat kemanjuran yang tinggi digunakan untuk vaksinasi massal.

Dengan hasil analisa yang dilakukan didapatkan laju ekspektasi dosis 2 harian, didapat rata rata dosis sebesar 273318 per hari. Dibentuk pula tabel 3.3 dan tabel 3.4 yang berisi +- 80% dan +-95 % populasi telah di vaksinasi dosis lengkap.

TABEL IV. Ekspektasi 80% Populasi Vaksinasi Lengkap.

Ekspektasi Dosis lengkap Harian	Ekspektasi Persentase Vaksinasi Lengkap	Ekspektasi Tercapai
273318	+- 80 %	+- 10 Bulan
500 Ribu	+- 80 %	+- 5 Bulan
1 Juta	+- 80 %	+- 2.5 Bulan

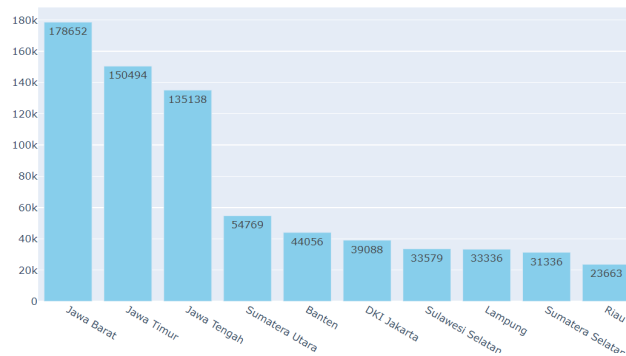
TABEL V. Ekspektasi 95% Populasi Vaksinasi Lengkap.

Ekspektasi Dosis 2 Harian	Ekspektasi Persentase Vaksinasi Lengkap	Ekspektasi Tercapai
273318	+- 95 %	+- 14.5 Bulan
500 Ribu	+- 95 %	+- 8 Bulan
1 Juta	+- 95 %	+- 4 Bulan

Pada tabel IV didapat bahwasanya untuk dapat mencapai 80% populasi telah di vaksinasi lengkap dengan rata - rata harian 273318 dosis per hari memakan waktu setidaknya 10 bulan, tentu hal ini memakan waktu yang lama dan bukan opsi yang baik mengingat salah satu sifat virus bermutasi setiap terjadinya infeksi baru, dan hal ini dapat memberikan peluang lebih besar terhadap munculnya varian baru COVID-19 yang lebih tahan terhadap vaksin. Seperti halnya munculnya varian *Alpha*, *Delta*, dan *Beta* yang muncul setelah 7 bulan sejak COVID-19 ditetapkan sebagai pandemi, Oktober 2020 [23].

Percepatan vaksinasi dapat memperkecil kemungkinan munculnya varian baru, dengan diberlakukannya vaksinasi massal dosis 2 sebanyak 1 juta per hari dapat meraih vaksinasi lengkap 80% populasi setidaknya memakan waktu selama 2.5 bulan. Sedangkan, untuk mendapatkan 95% populasi telah divaksinasi lengkap dengan rata - rata harian 1 juta dosis 2 per hari memerlukan waktu setidaknya 4 bulan. Walaupun demikian Indonesia memiliki 34 Provinsi dengan total populasi yang berbeda di setiap provinsinya, pada penelitian ini juga dilakukan analisa terkait seberapa besar rata - rata vaksinasi harian yang diperlukan untuk setiap provinsi untuk dapat meraih 80% populasi vaksinasi lengkap per provinsi dengan rentan waktu yang sama seperti tabel IV Gambar 14 mengilustrasikan top 10 besar dosis vaksinasi harian per provinsi yang dibutuhkan per 1 juta vaksin untuk meraih 80% populasi vaksinasi lengkap dan 95% populasi vaksinasi lengkap.

Top 10 Dosis Vaksinasi lengkap yang dibutuhkan, Per 1 Juta vaksin/Hari

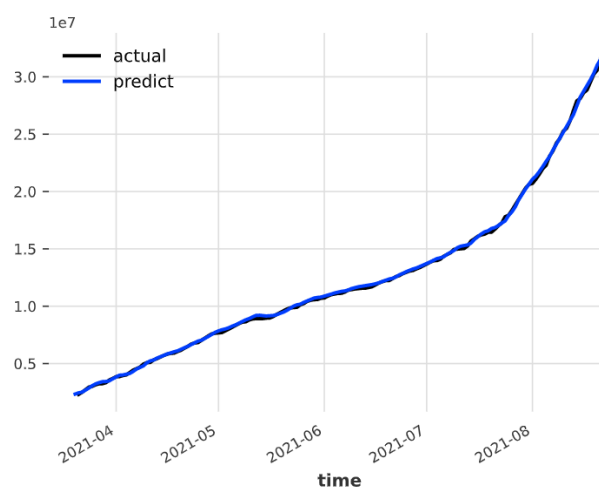


Gambar 14. Top 10 Provinsi Terbanyak Dosis Vaksin Lengkap

Pada Gambar 14 terlihat bahwasanya diperlukan pemerataan pada setiap provinsi di Indonesia untuk pemberlakuan vaksinasi harian. Dan 3 provinsi tertinggi terkait kebutuhan vaksinasi harian per 1 juta vaksin dibutuhkan oleh Jawa Barat, Jawa Timur, dan Jawa Tengah, hal ini tentu dipengaruhi oleh populasi penduduk Indonesia yang banyak bertempat tinggal di provinsi tersebut. Berdasarkan analisa yang dilakukan lamanya pencapaian 80% populasi vaksinasi lengkap menuju 90% populasi vaksinasi lengkap, setidaknya memakan waktu selama +- 4 bulan, hal ini tentu perlu memperhatikan ke konsistenan daripada total vaksinasi harian yang dilakukan di setiap provinsi Indonesia.

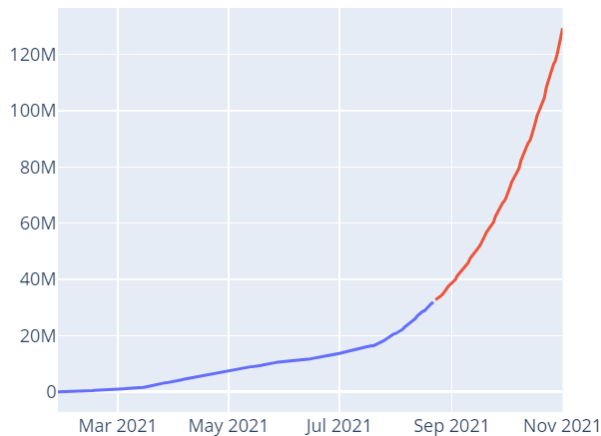
B. Hasil Analisis Prediksi Vaksinasi Dosis Penuh

Dalam melakukan prediksi jumlah vaksinasi harian dilakukan dengan pemodelan menggunakan arsitektur N-BEATS (*Neural Basis Expansion Analysis for Interpretable Time Series Forecasting*). Parameter yang digunakan pada pemodelan tersebut adalah panjang input model (*input_chunk_length*) sebesar 15, dan panjang output (*output_chunk_length*) sebesar 7. Data vaksinasi dosis kedua yang digunakan untuk melatih model berkisar antara tanggal 27 Januari 2021 hingga tanggal 22 Agustus 2021.



Gambar 15. Historical Forecast Vaksinasi Dosis Penuh Harian

Untuk pengetesan model tersebut, dilakukan *historical forecast* dengan R2 Score sebagai acuan akurasi model. *Historical forecast* merupakan metode untuk melakukan prediksi terhadap beberapa data yang telah ada dalam seri waktu masa lalu seperti yang digambarkan pada gambar 15. Tanggal yang digunakan pada *historical forecast* berkisar antara tanggal 20 Maret 2021 hingga 22 Agustus 2021. Dari *historical forecast* tersebut didapatkan hasil R2 Score sebesar 0.9995.

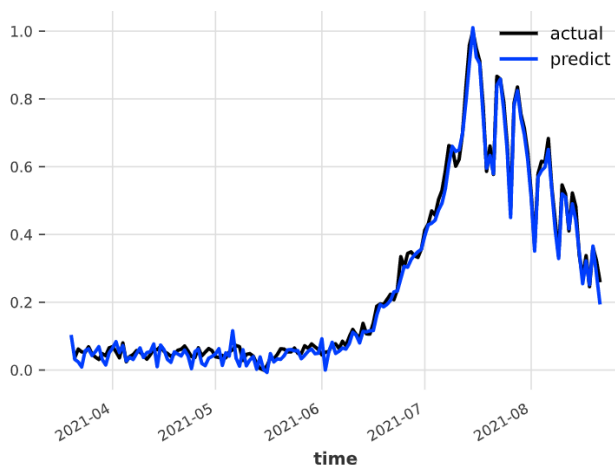


Gambar 16. Prediksi Dosis Penuh Harian Vaksinasi

Dari hasil train model tersebut didapatkan hasil prediksi bahwasannya vaksinasi di Indonesia akan mencapai angka 50% dengan acuan jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2020 di tanggal 5 November 2021 dengan total warga tervaksinasi sebanyak 137.826.800 jiwa pada gambar 16.

C. Hasil Analisis Prediksi Kasus Harian COVID-19

Pada proses prediksi kasus harian COVID-19 digunakan model N-BEATS dengan parameter ukuran input (*input_chunk_length*) sebesar 12, ukuran output (*output_chunk_length*) sebesar 5, jumlah stack (*num_stack*) sebanyak 5, jumlah blok (*num_block*) sebanyak 6, jumlah layer sebanyak 6, panjang layer sebesar 512, jumlah epoch sebanyak 200 dan ukuran batch sebesar 500. Dataset yang digunakan untuk melatih keseluruhan data adalah dataset pada tabel. Dataset tersebut kemudian dilatih secara multivariate dengan menggunakan model N-BEATS dan parameter yang telah dijabarkan sebelumnya.



Gambar 17. Historical Forecast Kasus Harian COVID-19

Dalam pengetesan model dilakukan prediksi secara *historical forecast* dengan R2 Score sebagai acuan akurasi model. *Historical forecast* merupakan metode untuk melakukan prediksi terhadap beberapa data yang telah ada dalam seri waktu masa lalu seperti yang digambarkan pada gambar 17 Tanggal yang digunakan pada *historical forecast* berkisar antara tanggal 20 Maret 2021 hingga 22 Agustus 2021. Dari *historical forecast* tersebut didapatkan hasil R2 Score sebesar 0.992.



Gambar 18. Prediksi Kasus COVID-19 Harian

Setelah melakukan pengetesan model dilakukan prediksi kasus harian selama beberapa hari kedepan dan berdasarkan gambar 18 dapat diambil informasi bahwa kasus harian dari COVID-19 di Indonesia akan menurun sepanjang bulan september hingga bulan oktober atau tepatnya paling rendah pada tanggal 23 Oktober 2021. Hal tersebut menunjukkan bahwasannya gelombang covid dapat menjadi normal pada akhir bulan oktober tahun 2021. Kondisi tersebut dapat terjadi jika COVID-19 dapat dikendalikan dengan kebijakan pemerintah seperti PPKM saat ini. Sebaliknya, jika hal tersebut tidak dapat dikendalikan maka pada gelombang selanjutnya kasus harian covid dapat naik lagi seperti kenaikan kasus COVID-19 yang terjadi pada pertengahan bulan mei hingga bulan juli sebagai puncaknya.

IV. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan kebijakan - kebijakan yang dikeluarkan pemerintah terbukti dapat menekan kasus positif harian COVID-19 didasarkan dengan tingkat kebijakan tersebut, keberadaan hari libur pun berpengaruh atas kenaikan positif harian maupun tren pergerakan masyarakat. Hasil analisis menunjukan bahwasanya PSBB dan PPKM darurat dapat menekan angka kenaikan positif COVID-19 di Indonesia. Selain itu, perlu diperhatikan perspektif pemahaman di setiap kebijakan yang pemerintah berikan, hal ini terlihat dari kebijakan *New Normal*, terdapat beberapa masyarakat yang menganggap kebijakan ini dapat beraktivitas normal kembali sehingga tren kenaikan positif harian COVID-19 dan tren pergerakan ikut naik dan mendekati masa pre-pandemi Februari 2020. Sedangkan untuk vaksinasi yang dilakukan di Indonesia, didapatkan bahwasanya tingkat kemandirian vaksinasi perlu diperhatikan guna mencapai *herd-immunity*, setidaknya vaksin dengan tingkat kemandirian diatas 70%.

Dengan kecepatan rata-rata vaksinasi saat ini, untuk mendapatkan 80% populasi vaksinasi lengkap, membutuhkan setidaknya 10 bulan, dimana hal ini cenderung lama dan memperbesar peluang varian baru virus SARS-Cov-2 muncul, tentu hal ini dapat diatasi dengan peningkatan dosis vaksinasi setidaknya sebanyak 1 juta dosis harian. Sehingga untuk mencapai 80% vaksinasi dosis lengkap membutuhkan waktu tercapai setidaknya 2.5 bulan dan 95% populasi dosis lengkap tercapai setidaknya selama 4 bulan, keragaman populasi per provinsi di Indonesia pun perlu diperhatikan agar vaksinasi berjalan dengan lancar. Dengan 1 juta vaksin per harinya dan persebaran yang merata di setiap provinsi dapat membuat seluruh populasi pada provinsi tersebut dapat mewujudkan 80% dan 95% populasi vaksinasi lengkap dengan waktu yang telah diperkirakan yaitu setidaknya 2.5 bulan atau 4 bulan.

Hasil prediksi yang telah dilakukan ternyata memberikan luaran yang cukup baik. Apabila melihat hasil *forecasting* dari pada vaksinasi dosis 2, terjadi kenaikan yang tajam pada vaksinasi dosis 2, hal ini sesuai dengan asumsi yang telah dilakukan. Pemerintah dapat meningkatkan kinerja untuk vaksinasi guna menekan kasus positif harian COVID-19. Dibentuk pula hasil *forecasting* untuk kasus harian maupun sembuh. Hasil *forecasting* memberikan bahwasanya pada Oktober nanti situasi akan kembali normal, dan apabila dikendalikan setelah Oktober 2021 nanti akan terus membaik, namun apabila terdapat varian baru pasca Oktober 2021, maka diperkirakan akan timbul gelombang berikutnya.

Berdasarkan kedua hasil analisis diatas, untuk mendukung hasil daripada *forecasting* agar situasi dapat terus membaik setelah Oktober 2021 sehingga muncul kebijakan pelepasan masker, maka dibutuhkan vaksinasi setidaknya mencapai 80% populasi ditambah dengan dosis vaksinasi setidaknya 1 juta vaksin per hari untuk memperkecil kemungkinan terjadinya varian baru muncul. Apabila hal ini berjalan lancar di estimasikan kemunculan kebijakan pelepasan masker jatuh pada Februari 2022.

V. REFERENSI

[1] A. E. Gorbalenya *et al.*, "The species Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2," *Nature Microbiology*, vol. 5, no. 4. pp. 536–544, 2020, doi: 10.1038/s41564-020-0695-z.

[2] F. Di Gennaro, D. Pizzol, C. Marotta, M. Antunes, V. Racalbutto, N. Veronese, L. Smith, Coronavirus diseases (COVID-19) current status and future perspectives: a narrative review, *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17 (2020) 2690. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082690>

[3] Chimmula, V. K., & Zhang, L. (2020). Time series forecasting of COVID-19 transmission in Canada using LSTM networks. *Chaos, Solitons & Fractals*, 135, 109864. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.109864>

[4] ArunKumar, K. E., Kalaga, D. V., Kumar, Ch. M. S., Kawaji, M., & Brenza, T. M. (2021). Forecasting of COVID-19 using deep layer Recurrent Neural Networks (RNNs) with Gated Recurrent Units (GRUs) and Long Short-Term Memory (LSTM) cells. *Chaos, Solitons & Fractals*, 146, 110861. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2021.110861>

[5] Kurniawan, A., & Kurniawan, F. (2021). Time Series Forecasting for the Spread of Covid-19 in Indonesia Using Curve Fitting. 2021 3rd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology (EIConCIT). <https://doi.org/10.1109/eiconcit50028.2021.9431936>

[6] Bubar, K. M., Reinholt, K., Kissler, S. M., Lipsitch, M., Cobey, S., Grad, Y. H., & Larremore, D. B. (2021). Model-informed COVID-19 Vaccine Prioritization Strategies by Age and Serostatus. *Science*, 371(6532), eabe6959. <https://doi.org/10.1126/science.abe6959>

[7] Mukandavire, Z., Nyabadza, F., Malunguza, N. J., Cuadros, D. F., Shiri, T., & Musuka, G. (2020). Quantifying early COVID-19 outbreak transmission in South Africa and exploring vaccine efficacy scenarios. *PLOS ONE*, 15(7), e0236003. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236003>

[8] Cihan, P. (2021). Forecasting fully vaccinated people against COVID-19 and examining future vaccination rate for herd immunity in the US, Asia, Europe, Africa, South America, and the World. *Applied Soft Computing*, 111, 107708. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107708>

[9] kemenkes. (2021). Vaksin Dashboard. Kemkes.go.id. Retrieved from <https://vaksin.kemkes.go.id/#/vaccines>

[10] WEB SENSUS BPS - Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, sens.us.bps.go.id/

[11] Data Riset dan Teknologi Covid-19 Indonesia. (n.d.). Sinta.ristekbrin.go.id. Retrieved August 21, 2021, Retrieved from <https://sinta.ristekbrin.go.id/covid/datasets>

[12] Movement Range Maps - Humanitarian Data Exchange. (n.d.). Data.humdata.org. Retrieved from <https://data.humdata.org/dataset/movement-range-maps>

[13] Oreshkin, B.N.; Carpov, D.; Chapados, N.; Bengio, Y. N-BEATS: Neural basis expansion analysis for interpretable time series forecasting. *arXiv* 2019, arXiv:1905.10437. <https://arxiv.org/abs/1905.10437>

[14] detikcom, T. (2020, April 26). Kapan Sebenarnya Corona Pertama Kali Masuk RI? Detiknews. Retrieved from <https://news.detik.com/berita/d-4991485/kapan-sebenarnya-corona-pertama-kali-masuk-ri>

[15] COVID-19, W. R. P. (2020, April 2). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2020 tentang PSBB - Regulasi. Covid19.Go.id. <https://covid19.go.id/p/regulasi/pp-no-21-tahun-2020-tentang-psbb-dalam-rangka-penanganan-covid-19>

[16] Storm, S. (2017). The New Normal: Demand, Secular Stagnation, and the Vanishing Middle Class. *International Journal of Political Economy*, 46(4), 169–210. <https://doi.org/10.1080/08911916.2017.1407742>

[17] Kemenkes. (2020, May 23). KEMENKES PADK. Padk.kemkes.go.id. Retrieved from <http://padk.kemkes.go.id/news/read/2020/05/24/438/new-normal.html>

[18] Sharma, K., Koirala, A., Nicolopoulos, K., Chiu, C., Wood, N., & Britton, P. N. (2021). Vaccines for COVID-19: Where do we stand in 2021? *Paediatric Respiratory Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2021.07.001>

[19] Rastika, I. (2021, January 13). Dimulainya Vaksinasi Covid-19 di Indonesia. Retrieved from <https://nasional.kompas.com/read/2021/01/14/06572221/dimulainya-vaksinasi-covid-19-di-indonesia>

[20] World Health Organization. (2020, October 15). Coronavirus disease (COVID-19): Herd immunity, lockdowns and COVID-19. *Www.who.int*. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/herd-immunity-lockdowns-and-covid-19>

[21] Tian, H., Liu, Y., Li, Y., Wu, C.-H., Chen, B., Kraemer, M. U. G., Li, B., Cai, J., Xu, B., Yang, Q., Wang, B., Yang, P., Cui, Y., Song, Y., Zheng, P., Wang, Q., Bjornstad, O. N., Yang, R., Grenfell, B. T., & Pybus, O. G. (2020). An investigation of transmission control measures during the first 50 days of the COVID-19 epidemic in China. *Science*, 368(6491). <https://doi.org/10.1126/science.abb6105>

[22] Kraemer, M. U. G., Yang, C.-H., Gutierrez, B., Wu, C.-H., Klein, B., Pigott, D. M., du Plessis, L., Faria, N. R., Li, R., Hanage, W. P., Brownstein, J. S., Layan, M., Vespignani, A., Tian, H., Dye, C., Pybus, O. G., & Scarpino, S. V. (2020). The effect of human mobility and control measures on the COVID-19 epidemic in China. *Science*, 368(6490), 493–497. <https://doi.org/10.1126/science.abb4218>

[22] Raina MacIntyre, C., Costantino, V., & Trent, M. (2021). Modelling of COVID-19 vaccination strategies and herd immunity, in scenarios of limited and full vaccine supply in NSW, Australia. *Vaccine*. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.04.042>

[23] Halodoc, R. (2021, June 16). Kenali Varian Alpha, Beta, dan Delta dari Virus COVID-19. Retrieved from <https://www.halodoc.com/artikel/kenali-varian-alpha-beta-dan-delta-dari-virus-covid-19>