

PEMODELAN PROSEDUR KARANTINA PENDATANG DALAM RANGKA PENCEGAHAN COVID-19 DI KOTA TARAKAN MENGGUNAKAN PETRI NET

Modeling of Quarantine Procedure for Immigrant to Prevent the Covid-19 Transmission in Tarakan City using Petri Net

Deny Murdianto^{1*}, Hadi Santoso²

^{1,2}Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan
Jl. Amal Lama No.1, Kota Tarakan, 77123, Indonesia

e-mail: ^{1*} denymurdianto@gmail.com ; ² hadisantoso.ubt@gmail.com
Corresponding author*

Abstrak

Dalam rangka mencegah penularan Covid-19, pemerintah Kota Tarakan melakukan karantina terhadap pendatang yang masuk ke Kota Tarakan. Pemerintah Kota Tarakan telah membuat prosedur pelaksanaan karantina. Berdasarkan prosedur tersebut. Artikel ini bertujuan untuk membuat model prosedur karantina dengan menggunakan Petri net. Model Petri net dari prosedur karantina pendatang dalam rangka pencegahan Covid-19 di Kota Tarakan terdiri dari delapan belas transisi dan enam belas *place*. Evolusi keadaan ditunjukkan oleh matriks keadaan yang dianalisis terhadap prosedur karantina bagi pendatang dari dalam negeri dengan tujuan akhir Kota Tarakan. Penentuan *marking* harus ditentukan secara serius agar prosedur karantina ini dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan tujuannya. Jumlah petugas harus benar-benar diperhitungkan agar tidak terjadi penumpukan antrian pendatang yang akan melakukan pemeriksaan. Kapasitas tempat karantina serta rumah sakit juga harus dipersiapkan dengan baik agar selalu tersedia dan siap menampung pendatang yang akan dikarantina.

Kata Kunci : *petri net, karantina, covid-19.*

Abstract

In ordered to prevent the transmission of Covid-19, the government of Tarakan city quarantines immigrants who entered Tarakan city. The government of Tarakan city have created a procedure for implementing the quarantine. Based on these procedures, this article aims to model the quarantine procedure using a Petri net. The Petri net model of the quarantine procedure for immigrants in the context of preventing Covid-19 in Tarakan City consists of eighteen transitions and sixteen places. The evolution of circumstances indicated by the matrix analyzed against the quarantine procedure for domestic immigrants with the final destination of Tarakan city. The determination of marking must be determined seriously so that this quarantine procedure can run smoothly according to purpose. The number of officers must be carefully taken into account so that there is no accumulation of queues of immigrants who was carry out the inspection. The capacity of quarantine places and hospitals must also be well prepared so that they are always available and ready to accept immigrants who was be quarantined.

Keywords: *petri net, quarantine, covid-19.*

Submitted: 27th August 2020

Accepted: 18th November 2020

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



1. PENDAHULUAN

Indonesia terkena dampak buruk dari Covid-19 di mana tingkat kematiannya mencapai 8,9% pada akhir Maret 2020. Ketidaksiapan layanan kesehatan dan langkah besar yang diambil oleh pemerintah mungkin dapat diubah untuk memberantas infeksi ini. Dianjurkan bagi Indonesia untuk memperketat himbauan untuk diam di rumah, menurunkan penyebaran penyakit dengan karantina wilayah dalam skala besar, meningkatkan pelayanan kesehatan, serta meningkatkan ketersediaan alat pelindung diri (APD). Penting bagi negara untuk menurunkan *epidemic peak* agar tidak membuat negara kewalahan dengan cara mengkarantina individu dengan riwayat kontak dengan kasus Covid-19. Karantina wilayah/ *lockdown* juga dapat meningkatkan *doubling time* epidemi secara signifikan [1].

Pembentukan aturan terkait pencegahan Covid-19 di Indonesia sangat penting dan mendesak untuk dilakukan dalam bentuk Peraturan Pemerintah dan Peraturan Menteri Kesehatan. Adapun salah satu Peraturan Pemerintah yang wajib dibentuk adalah tata cara pelaksanaan karantina wilayah di pintu masuk [2]. Karantina kesehatan merupakan sebuah peraturan yang telah diatur dalam undang-undang. Termaktub dan tercantum jelas bahwa karantina kesehatan sendiri merupakan cara yang efektif saat terjadi kedaruratan bencana seperti wabah yang dapat menimbulkan dampak dan kerugian besar bagi negara. UU Nomor 6 Tahun 2018 Tentang Keekarantinaan Kesehatan dengan jelas menerangkan tentang adanya pembatasan masuk-keluarnya individu ke suatu daerah yang telah dinyatakan sumber wabah, termasuk mengatur pula tentang adanya perintah untuk melakukan isolasi, karantina wilayah, vaksinasi dan lain sebagainya untuk menghentikan penyebaran wabah yang terjadi di Indonesia [3].

Pemerintah Kota Tarakan telah berusaha membuat aturan tentang karantina. Sebagai daerah transit di Provinsi Kalimantan Utara, Kota Tarakan membuat prosedur pemeriksaan bagi pendatang, baik bagi pendatang dengan tujuan Kota Tarakan, maupun bagi pendatang yang hanya transit di Kota Tarakan. Prosedur yang sudah dibuat tersebut harus dianalisa terlebih dahulu agar dalam pelaksanaannya dapat berjalan dengan baik. Analisis mengenai prosedur karantina terhadap pendatang yang masuk ke Kota Tarakan perlu dilakukan untuk memperkirakan sumber daya yang harus dipersiapkan. Jumlah petugas dan waktu pelayanan pemeriksaan serta jumlah fasilitas karantina merupakan beberapa variabel yang harus dipertimbangkan.

Jumlah sumber daya yang terbatas dan waktu pelayanan yang lama akan menimbulkan masalah antrian. Permasalahan antrian ini merupakan permasalahan sistem diskrit yang sering dijumpai. Antrian dapat terjadi pada sistem pelayanan kesehatan dan sistem lainnya. Beberapa peneliti menggunakan Petri net untuk memodelkan sistem, sistem produksi [4], automated manufacturing system [5], mesin pengering [6], sistem pembayaran tagihan listrik [7] dan sistem identifikasi sidik jari [8]. Selain itu, Petri net juga banyak digunakan untuk memodelkan sistem antrian layanan kesehatan, misalnya antrian klinik kesehatan [9], pelayanan farmasi [10], serta layanan rumah sakit [11]–[13]. Model antrian [12] memodelkan antrian yang terjadi pada pelayanan IGD rumah sakit dengan Petri net. Model Petri net dapat mensimulasikan sistem pelayanan IGD ke dalam bentuk diskrit. Model Petri net sistem pelayanan IGD RSUD Dr. Saiful Anwar Malang dibuat dengan menggunakan *software* PIPE dan direpresentasikan dalam matriks. Penelitian yang terkait dengan hal tersebut juga telah dilakukan [9], yaitu memodelkan antrian klinik kecantikan dengan petri net agar dapat diketahui alur dan sistemnya. Selanjutnya model tersebut direpresentasikan menggunakan matriks dan diaplikasikan dengan aljabar maxplus agar diperoleh model waktu tunggu antrian setiap pelayanan. Dengan mengetahui waktu antrian atau pelayanan diharapkan pengunjung maupun tenaga kerja klinik kecantikan dapat mengoptimalkan waktu antrian.

Berdasarkan prosedur karantina yang telah dibuat oleh Pemerintah Kota Tarakan dan analisis masalah antrian yang mungkin terjadi dalam prosedur karantina tersebut, pada artikel ini kami akan membuat model Petri net prosedur karantina, melakukan analisis sederhana mengenai dinamika Petri net yang dibangun, serta menganalisis evolusi keadaan dengan menggunakan matriks *backward* dan *forward accident*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan memodelkan prosedur karantina pendatang dalam rangka pencegahan Covid-19 di Kota Tarakan dengan menggunakan Petri net. Penelitian ini dapat dibagi menjadi beberapa tahap sebagai berikut:

- 1) Mengamati prosedur pelayanan karantina pendatang dalam rangka pencegahan Covid-19 di Kota Tarakan.
- 2) Membangun Petri net sesuai dengan prosedur karantina.

- 3) Menganalisa keadaan awal dan dinamika Petri net.
- 4) Menganalisa Petri net sesuai dengan prosedur karantina untuk pendatang dari dalam negeri dengan tujuan akhir Kota Tarakan.
- 5) Merepresentasikan Petri net dengan menggunakan matriks *incidence* dan melakukan simulasi evolusi keadaan.

Pada penelitian ini diasumsikan masing-masing petugas hanya satu di setiap pos pemeriksaan. Begitu juga dengan tempat karantina yang tersedia. Selanjutnya, kami akan menjelaskan mengenai prosedur karantina dan Petri net yang dimaksud dalam artikel ini.

2.1 Prosedur Karantina Pendatang di Kota Tarakan

Pada bagian ini kami akan menjelaskan prosedur karantina yang dilaksanakan Pemerintah Kota Tarakan. Pendatang yang dimaksud dalam hal ini adalah penumpang dari bandar udara internasional Juwata, pelabuhan Ferry, pelabuhan rakyat, dan pelabuhan Malundung di Kota Tarakan. Pada tahap awal, semua penumpang akan dijemput menggunakan bus menuju tempat *screening* kesehatan. Selanjutnya seluruh penumpang diberi gelang penanda, dilakukan pemeriksaan, dan dilakukan pemisahan berdasarkan asal kedatangan, tujuan akhir, institusi penanggungjawab, faktor resiko, dan status kesehatan. Tindakan selanjutnya dibedakan berdasarkan asal penumpang, yaitu yang berasal dari dalam negeri dan dari luar negeri. Bagi penumpang dari dalam negeri adalah sebagai berikut:

1. Penumpang tujuan kabupaten dalam Kalimantan Utara
 - hasil pemeriksaan sehat dan sakit ringan akan dikarantina selama satu hari kemudian diantar ke pelabuhan *speedboat* dan melanjutkan karantina di kabupaten tujuan
 - hasil pemeriksaan sakit sedang dan sakit berat akan dirujuk ke RSUD Kota Tarakan atau RSUD Tarakan
2. Penumpang tujuan tarakan dengan jaminan institusi
 - hasil pemeriksaan sehat dan sakit ringan akan dikarantina selama satu hari kemudian diserahkan ke institusi penjamin untuk melanjutkan karantina selama empat belas hari
 - hasil pemeriksaan sakit sedang dan sakit berat akan dirujuk ke RSUD Kota Tarakan atau RSUD Tarakan
3. Penumpang umum tujuan Tarakan tanpa jaminan institusi
 - hasil pemeriksaan sehat akan dikarantina selama satu hari kemudian diserahkan kepada ketua RT domisili penumpang yang bersangkutan untuk melanjutkan isolasi mandiri di rumah selama empat belas hari
 - hasil pemeriksaan sakit ringan dan sakit sedang akan dirawat selama dua sampai empat belas hari di rumah sakit darurat/ lapangan, rumah sakit angkatan laut, atau RSUD Kota Tarakan
 - Hasil pemeriksaan sakit berat akan dirujuk ke RSUD Tarakan

Bagi penumpang dari luar negeri:

1. Kondisi sehat, sakit ringan, dan sakit sedang akan dikarantina selama tujuh hari dan dilakukan *rapid diagnostic test* (rdt) covid-19
 - a. Jika hasil rdt negatif akan diserahkan ke institusi penjamin/ ketua RT untuk melanjutkan karantina mandiri hingga empat belas hari
 - b. Jika hasil rdt positif akan dilakukan tes swab
 - Jika hasil negatif akan diserahkan ke institusi penjamin/ ketua RT untuk melanjutkan karantina mandiri hingga empat belas hari
 - Jika hasil positif perawatan akan dilanjutkan
2. Kondisi sakit berat akan dirujuk ke RSUD Tarakan

2.2 Petri Net

Petri net merupakan himpunan *place* dan transisi yang digunakan untuk menggambarkan keadaan atau kejadian diskrit. Antara *place* dan transisi dihubungkan dengan *arcs* berarah yang memiliki bobot w . Pada Petri net bertanda, *marking* terdapat pada *place* yang dapat berpindah apabila suatu transisi *difire*. Apabila suatu kejadian bersyarat atau membutuhkan sumber daya, maka syarat atau sumber daya tersebut harus terpenuhi terlebih dahulu agar suatu transisi bisa *difire* dan *marking* berpindah dari satu *place* ke *place* yang lainnya.

Tabel 1. Keterangan transisi

Transisi	Keterangan
Datang	Penumpang datang
Mln	Mulai cek kesehatan (penumpang luar negeri)
Mdn	Mulai cek kesehatan (penumpang tujuan kabupaten di kaltara dan instansi)
Mt	Mulai cek kesehatan (penumpang tujuan tarakan)
s/sr/ss_in	Sehat/ sakit ringan/ sakit sedang (penumpang luar negeri)
sb_in	Sakit berat penumpang luar negeri
s/sr_dn	Sehat/ sakit ringan penumpang tujuan kabupaten di kaltara dan instansi
Ss/sb_dn	Sakit sedang/ sakit berat penumpang tujuan kabupaten di kaltara dan instansi
s_t	Sehat penumpang tarakan
sr/ss_t	Sakit ringan/ sakit sedang penumpang tarakan
sb_t	Sakit berat penumpang tarakan
rdt-	<i>Rapid</i> tes negatif
rdt+	<i>Rapid</i> tes positif
sk1	Selesai karantina 1 hari
sk2	Selesai karantina 2 - 14 hari
swab-	<i>Swab</i> tes negatif
swab+	<i>Swab</i> tes positif
Srs	Selesai/ keluar rumah sakit

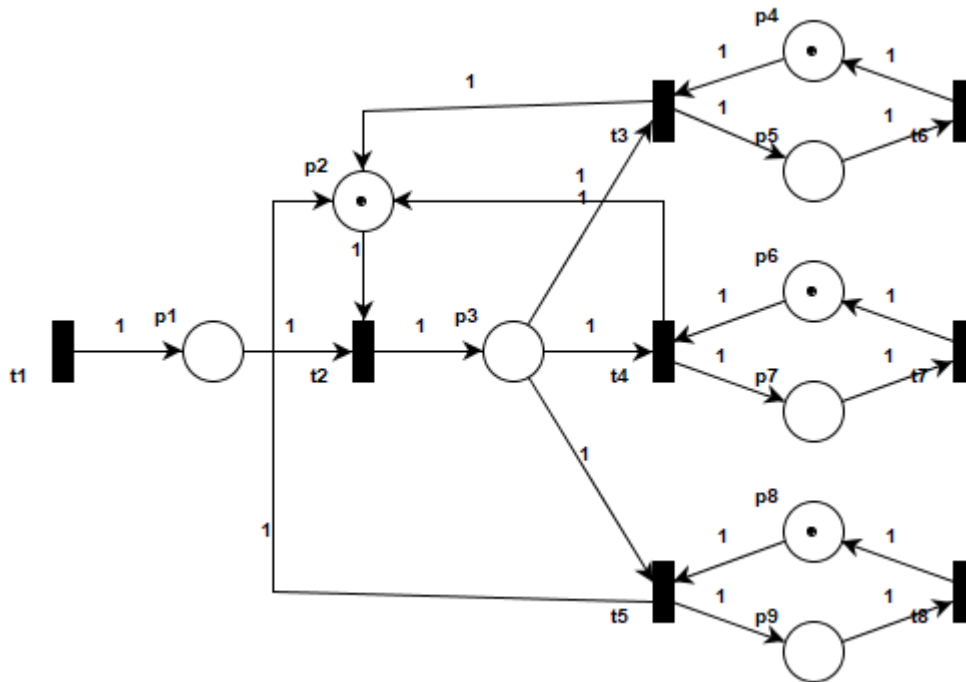
Tabel 2. Keterangan place

Place	Keterangan
antri	Penumpang antri untuk cek kesehatan
iln	<i>Idle</i> cek penumpang luar negeri
idn	<i>Idle</i> cek penumpang tujuan kabupaten di kaltara dan instansi
ict	<i>Idle</i> cek penumpang tujuan Tarakan
cln	Cek penumpang luar negeri
cdn	Cek penumpang tujuan kabupaten di kaltara dan instansi
ct	Cek penumpang tujuan Tarakan
ik7	<i>Idle</i> karantina 7 hari
k7	Penumpang karantina tujuh hari
ik1	<i>Idle</i> karantina 1 hari
k1	Penumpang karantina 1 hari
ik2	<i>Idle</i> karantina 2 - 14 hari
k2	Penumpang karantina 2 - 14 hari
swab	Penumpang <i>swab</i> tes
irs	<i>Idle</i> rumah sakit
rs	Penumpang dirujuk ke rumah sakit

Petri net terdiri dari delapan belas transisi dan enam belas *place*. Pada keadaan awal terdapat token di *place* iln, idn, ict, ik7, ik1, ik2, dan irs. Token di *place* iln, idn, dan ict menyatakan bahwa petugas pemeriksaan siap melakukan pemeriksaan kepada pendatang. Token di *place* ik7, ik1, ik2, dan irs menyatakan bahwa tempat karantina dan rumah sakit tersedia bagi pendatang. Pada kajian ini, masing-masing *place* tersebut diasumsikan hanya memiliki satu token.

Transisi awal, yaitu transisi datang akan selalu *enable*. Pemfirean transisi ini akan mengakibatkan penambahan token di *place* antri. Apabila terus terjadi pemfirean, maka akan terjadi penumpukan token atau jumlah pendatang yang antri untuk dilakukan pemeriksaan awal. Misal pada keadaan awal transisi datang *difire*, maka akan terdapat token di *place* antri. Pada keadaan ini, ada empat transisi yang menjadi *enable*, yaitu transisi datang, mln, mdn, dan mt. Transisi datang, seperti yang sudah dibahas sebelumnya, akan selalu *enable*. Sedangkan untuk tiga transisi lainnya, selain karena dipengaruhi *place* antri, juga dipengaruhi oleh *place* iln untuk transisi mln, *place* idn untuk transisi mdn, dan *place* ict untuk transisi mt. *Place* iln, idn, dan ict merupakan jumlah petugas yang siap melakukan pemeriksaan awal. Jumlah token yang merepresentasikan jumlah petugas ini harus diupayakan selalu tersedia agar semua penumpang datang bisa selalu atau segera diperiksa dan tidak terjadi penumpukan antrian.

Selanjutnya analisis akan dilakukan terhadap prosedur karantina bagi pendatang dari dalam negeri dengan tujuan akhir Kota Tarakan. Petri net terdiri dari delapan transisi dan sembilan *place*.



Gambar 2. Petri net prosedur karantina pendatang dari dalam negeri dengan tujuan akhir Kota Tarakan

- | | |
|---|---|
| t_1 : pendatang tiba di Kota Tarakan | p_1 : pendatang antri |
| t_2 : pendatang mulai cek kesehatan | p_2 : <i>idle</i> petugas cek kesehatan |
| t_3 : pendatang sehat | p_3 : pendatang cek kesehatan |
| t_4 : pendatang sakit ringan/ sakit sedang | p_4 : <i>idle</i> karantina 1 hari |
| t_5 : pendatang sakit berat | p_5 : karantina 1 hari |
| t_6 : pendatang selesai karantina 1 hari | p_6 : <i>idle</i> karantina 2 - 14 hari |
| t_7 : pendatang selesai karantina 2-14 hari | p_7 : karantina 2 - 14 hari |
| t_8 : pendatang selesai/ keluar rs | p_8 : <i>idle</i> rumah sakit |
| | p_9 : rumah sakit |

Representasi matriks dari petri net di gambar tersebut adalah matriks dengan ukuran 9 (*place*) × 8 (transisi), yaitu matriks *backward incidence* dan matriks *forward incidence* serta matriks *A* yang merupakan matriks *combined incidence* atau matriks *incidence*. Keadaan awal ditunjukkan oleh matriks x_0 . Evolusi keadaan diperoleh dengan cara melakukan pemfirean transisi yang *enable* secara bergantian sehingga diperoleh evolusi keadaan hingga kembali lagi kepada keadaan awal.

$$A_b = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_f = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A = A_f - A_b = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Keadaan awal petri net adalah $x_0 = [0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0]^T$. Transisi t_1 *enable* karena $x_0 \geq A_b(:,1)$. Dengan memfire t_1 , maka keadaan berikutnya adalah

$$x_1 = x_0 + Ae_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Pada keadaan x_1 , terdapat token di *place* p_1 yang berarti terdapat pendaang yang sedang antri. Karena $x_1 = [1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0]^T$, maka selain transisi t_1 yang selalu *enable*, transisi t_2 juga *enable* karena $x_1 \geq A_b(:,2)$. Dengan memfire t_2 , maka keadaan berikutnya adalah

$$x_2 = x_1 + Ae_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Pada keadaan x_2 , terdapat token di *place* p_3 yang berarti pendaang sedang di cek kesehatannya oleh petugas. Sehingga transisi t_2 menjadi tidak *enable*. Karena $x_2 = [0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0]^T$, maka selain transisi t_1 yang selalu *enable*, transisi t_3, t_4 , dan t_5 menjadi *enable* karena $x_2 \geq A_b(:,j)$ untuk $j = 3, 4, 5$.

Misal transisi t_3 difire, maka

$$x_3 = x_2 + Ae_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{x}_3 = \mathbf{x}_2 + A\mathbf{e}_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Pada keadaan \mathbf{x}_3 , terdapat token di *place* p_5 yang berarti pendatang sedang melakukan karantina selama satu hari. Karena $\mathbf{x}_3 = [0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0]^T$ maka selain transisi t_1 yang selalu *enable*, transisi t_6 juga menjadi *enable* karena $x_2 \geq A_b(:,6)$. Apabila transisi t_6 *difire* maka

$$\mathbf{x}_4 = \mathbf{x}_3 + A\mathbf{e}_6 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{x}_4 = \mathbf{x}_3 + A\mathbf{e}_6 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \mathbf{x}_0$$

Setelah dilakukan *pemfirean* transisi t_6 , kita akan mendapatkan keadaan seperti keadaan awal. Keadaan awal juga bisa kita peroleh dengan cara lain, yaitu saat keadaan \mathbf{x}_2 dicapai ada tiga transisi yang bisa *difire*. Urutan *pemfirean* yang mungkin untuk kembali ke keadaan awal tersebut adalah sebagai berikut:

$$1) \quad \mathbf{x}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \xrightarrow{t_3} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \xrightarrow{t_6} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \mathbf{x}_0$$

(pendatang sehat, karantina satu hari, dan selesai karantina satu hari)

$$2) \quad \mathbf{x}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \xrightarrow{t_4} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \xrightarrow{t_7} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \mathbf{x}_0$$

(pendatang sakit ringan/ sakit sedang, karantina dua sampai empat belas hari, dan selesai karantina dua sampai empat belas hari)

$$3) \quad x_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \xrightarrow{t_5} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{t_8} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = x_0$$

(pendatang sakit berat, dirawat di rumah sakit, dan pendatang sehat/ keluar dari rumah sakit)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis model petri net dari prosedur karantina pendatang dalam rangka pencegahan Covid-19 di Kota Tarakan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Petri net terdiri dari delapan belas transisi dan enam belas *place*.
2. Pada keadaan awal token di *place* iln, idn, dan ict menyatakan bahwa petugas pemeriksaan siap melakukan pemeriksaan kepada pendatang. Sedangkan token di *place* ik7, ik1, ik2, dan irs menyatakan bahwa tempat karantina dan rumah sakit tersedia bagi pendatang.
3. Pada kajian ini, masing-masing *place* tersebut diasumsikan hanya memiliki satu token. Pada kenyataannya penentuan token ini harus ditentukan secara serius agar prosedur karantina ini dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan tujuannya. Jumlah petugas harus benar-benar diperhitungkan agar tidak terjadi penumpukan antrian pendatang yang akan melakukan pemeriksaan. Kapasitas tempat karantina serta rumah sakit juga harus dipersiapkan dengan baik agar selalu tersedia dan siap menampung pendatang yang akan dikarantina.
4. Evolusi keadaan ditunjukkan oleh matriks keadaan yang dianalisis terhadap prosedur karantina bagi pendatang dari dalam negeri dengan tujuan akhir Kota Tarakan. Petri net terdiri dari delapan transisi dan sembilan *place*.
5. Terdapat tiga cara untuk dapat kembali kepada keadaan awal, yaitu $x_0 \rightarrow t_1, t_2, t_3, t_6 \rightarrow x_0$; $x_0 \rightarrow t_1, t_2, t_4, t_7 \rightarrow x_0$; dan $x_0 \rightarrow t_1, t_2, t_5, t_8 \rightarrow x_0$.
6. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk dapat memperkirakan waktu yang digunakan pada setiap tahapan karantina agar dapat menentukan sumber daya dengan tepat, yaitu terkait jumlah petugas dan jumlah fasilitas yang harus disediakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam mengerjakan penelitian ini. Serta kepada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan atas kesempatan dan dukungan menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Setiati and M. K. Azwar, "COVID-19 and Indonesia," *Acta Med Indones - Indones J Intern Med*, vol. 52, no. 1, pp. 84–89, 2020.
- [2] D. Telaumbanua, "Urgensi Pembentukan Aturan Terkait Pencegahan Covid-19 di Indonesia," *QALAMUNA J. Pendidikan, Sos. dan Agama*, vol. 12, no. 01, pp. 59–70, 2020.
- [3] Y. I. S. Setiawan, "Penetapan Karantina Wilayah Menurut Pandangan Legal Positivisme Dalam Rangka Pencegahan dan Pemberantasan Pandemi Coronavirus Disease (Covid)-19," pp. 1–16, 2020.
- [4] S. Komsiyah, "Model Petri Net Tak Berwaktu Pada Sistem Produksi (Batch Plant) Dan Simulasinya Dengan PIPE2," *J. Mat Stat*, vol. 12, no. 2, pp. 152–164, 2012.
- [5] D. L. Rahakbauw, "Pemodelan Hybrid Sintesis Pada Automated Manufacturing System (AMS) Dengan Menggunakan Petri Net," *J. Barekeng*, vol. 6, no. 2, pp. 1–6, 2012.

- [6] D. Murdianto and D. Santoso, "Pemodelan Mesin Pengering Biji-Bijian Tipe Batch Menggunakan Hybrid Petri Net," *Perbal J. Pertan. Berkelanjutan*, vol. 7, no. 2, pp. 115–120, 2019.
- [7] F. N. Wattimena, T. Pentury, and Y. A. Lesnussa, "Aplikasi Petri Net Pada Sistem Pembayaran Tagihan Listrik PT. PLN (Persero) Rayon Ambon Timur," *J. Berekeng*, vol. 6, no. 1, pp. 23–30, 2012.
- [8] R. K. Putri, "Aplikasi Petrinet Pada Sistem Identifikasi Sidik Jari," *J. Sains dan Inform.*, vol. 5, no. 2, pp. 148–156, 2019.
- [9] R. I. Pertiwi and L. M Tridiana, "Model Petri Net Dari Antrian Klinik Kecantikan Serta Aplikasinya Pada Aljabar Maxplus," *MAP (Mathematics Appl. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 34–40, 2020.
- [10] D. Mustofani and A. Afif, "Model Antrian Pelayanan Farmasi Menggunakan Petri Net dan Aljabar Max Plus," *J. Mat. Pendidik. Mat.*, vol. 3, no. 1, pp. 33–43, 2018.
- [11] S. A. Hardiyanti, I. Yuniwati, and A. D. Yustita, "Bentuk Petri Net Dan Model Aljabar Max Plus Pada Sistem Pelayanan Pasien Rawat Jalan Rumah Sakit Al Huda Genteng, Banyuwangi," *J. UJMC (Unisda J. Math. Comput. Sci.)*, vol. 3, no. 2, pp. 1–8, 2017.
- [12] R. I. Pertiwi and F. Khasanah, "Aplikasi Petri Net Pada Sistem Pelayanan IGD RSUD Dr. Saiful Anwar Malang," *J. Sci. Tech*, vol. 5, no. 1, pp. 1–5, 2019.
- [13] F. S. Tutupary and Y. A. Lesnussa, "Aplikasi Petri Net Pada Sistem Pelayanan Pasien Rawat Jalan Peserta Askes Di Rumah Sakit Umum Daerah Dr. Haulussy Ambon," *Gamatika*, vol. III, no. 2, pp. 147–154, 2013.
- [14] C. G. Cassandras and S. Lafortune, *Discrete-Event Systems*, Second. New York: Springer, 2008.
- [15] Subiono, *Aljabar Min-Max Plus dan Terapannya*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.