

PENERAPAN PETRI NET PADA SISTEM ARUS LALU LINTAS

Application of Petri Net on Traffic Flow System

Sri Rejeki Puri Wahyu Pramesthi *

Prodi Pendidikan Matematika, FPMIPA, IKIP Widya Darma Surabaya
Jl. Ketintang 147 – 151 Surabaya, 60243, Indonesia

Corresponding author e-mail: * purisrwp@gmail.com

Abstrak

Kemacetan yang terjadi di Kota Surabaya dipicu oleh pertumbuhan kendaraan yang tidak sebanding dengan kapasitas jalan. Untuk mengurangi kemacetan tersebut, pemerintah kota telah membangun banyak ruas jalan baru, diantaranya pembangunan jalur lambat (*frontage road*) jalan Ahmad Yani yang terbagi atas sisi timur dan barat masing – masing sepanjang 4 km. Tujuan dalam artikel ini memperoleh simulasi sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di jalan Ahmad Yani Surabaya serta membangun *coverability tree*. Artikel ini menggunakan aplikasi petri net dalam membentuk simulasi sistem arus lalu lintas dan merepresentasikan ke dalam bentuk matriks pada sistem arus lalu lintas, serta membangun *coverability tree*. Penggunaan petri net dapat membantu membentuk simulasi sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di jalan Ahmad Yani Surabaya sehingga dapat diperoleh simulasinya, dan hasil representasi matriks serta dapat dibangun *coverability tree*.

Kata Kunci: *Coverability Tree, Petri Net, Simulasi Arus Lalu Lintas.*

Abstract

The congestion that occurs in the city of Surabaya is triggered by the growth of vehicles that are not proportional to road capacity. To reduce congestion, the city government has built many new roads, including the construction of the Ahmad Yani road frontage road, which is divided into east and west sides, each 4 km long. The purpose of this article is to obtain a traffic flow system simulation at one of the roundabouts on Jalan Ahmad Yani Surabaya and to build a *coverability tree*. This article uses the petri net application to simulate a traffic flow system and represent it in a matrix form on the traffic flow system, and build a *coverability tree*. The use of petri nets can help form a traffic flow system simulation at one of the roundabouts on Jalan Ahmad Yani Surabaya so that the simulation can be obtained, and the results of the matrix representation and *coverability tree* can be built.

Keywords: *Coverability Tree, Traffic Flow Simulation, Petri Net.*

Article info:

Submitted: 12th January 2021

Accepted: 24th February 2021

How to cite this article:

S. R. P. W. Pramesthi, "OPTIMASI PEMBACAAN SUHU KAMERA TERMAL MENGGUNAKAN REGRESI LINIER", *BAREKENG: J. Il. Mat. & Ter.*, vol. 15, no. 1, pp. 193-202, Mar. 2021.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).
Copyright © 2021 Sri Rejeki Puri Wahyu Pramesthi

1. PENDAHULUAN

Kota Surabaya merupakan Ibukota Propinsi Jawa Timur sekaligus Kota Metropolitan terbesar di Propinsi tersebut. Kota Surabaya terletak di pantai utara Pulau Jawa bagian timur dan berhadapan dengan Selat Madura serta Laut Jawa. Kota Surabaya memiliki luas sekitar 350,54 km². [3]

Menurut sensus penduduk tahun 2018, Kota Surabaya dengan luas sekitar 350,54 km² memiliki jumlah penduduk sebanyak 2.892.200 jiwa dengan memiliki kepadatan penduduk Kota Surabaya adalah sebesar 7.890 jiwa/km². Dari data jumlah kepadatan penduduk tersebut membuat Pemerintah Kota Surabaya melakukan banyak perubahan yang sangat pesat diantaranya dari perbaikan di bidang pemerintahan, perekonomian, pendidikan, lingkungan, kesehatan, pelayanan publik, transportasi, infrastruktur dan masih banyak lagi. [3]

Perkembangan infrastruktur di Kota Surabaya paling kelihatan menonjol perkembangannya disamping perkembangan – perkembangan di bidang lainnya. Hal ini dikarenakan hingga tahun 2009, pertumbuhan panjang jalan di Kota Surabaya hanya sekitar 0,01 % per tahun. Pertumbuhan panjang jalan ini tidak sebanding dengan pertumbuhan kendaraan bermotor yang mencapai sekitar 7 – 8 % setiap tahunnya. Kemacetan yang terjadi di Kota Surabaya dipicu oleh pertumbuhan kendaraan yang tidak sebanding dengan kapasitas jalan. Untuk mengurangi kemacetan tersebut, pemerintah kota telah membangun banyak ruas jalan baru, diantaranya pembangunan jalur lambat (*frontage road*) jalan Ahmad Yani yang terbagi atas sisi timur dan barat masing – masing sepanjang 4 km. [3]

Beberapa bagian ruas jalan Ahmad Yani di bundaran dolog dan sekitarnya sampai saat ini terkadang masih terlihat kemacetannya. Sehingga dinas perhubungan Kota Surabaya melakukan rekayasa lalu lintas. Rekayasa ini untuk mengurai kemacetan di jalan tersebut. [3]

Penelitian relevan yang pernah membahas tentang aplikasi petri net diantaranya berjudul Aplikasi Petri Net Pada Sistem Pembayaran Tagihan Listrik PT. PLN (Persero) Rayon Ambon Timur pada tahun 2012 [15], Model Petri Net Tak Berwaktu Pada Sistem Produksi (Batch Plant) Dan Simulasinya Dengan Pipe2 tahun 2012 [4], dan Aplikasi Petri Net Pada Sistem Pelayanan Pasien Rawat Jalan Peserta Askes Di Rumah Sakit Umum Daerah DR. Haulussy Ambon pada tahun 2013. [14]

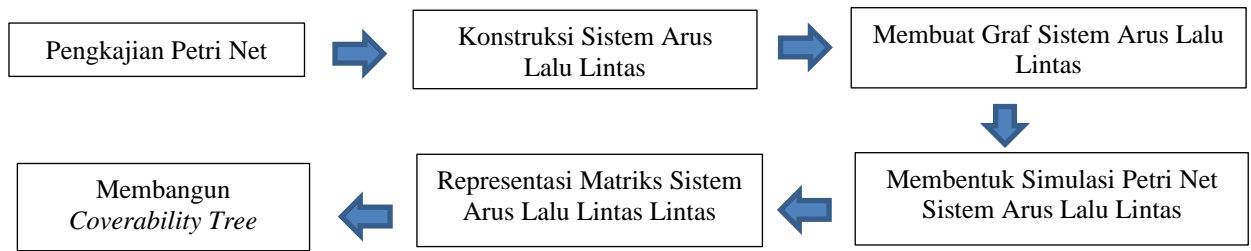
Petri net merupakan salah satu model yang dapat digunakan dalam merepresentasikan keadaan sistem yang mengandung sumber informasi sehingga dapat dibentuk menjadi bentuk simulasi. Kejadian petri net berhubungan erat dengan transisi. Supaya kejadian petri net dapat berjalan, harus terpenuhi syarat – syarat keadaannya. [11] Hal yang berkenaan dengan kejadian dan keadaan ini dinamakan transisi dan *Place*. *Place* memiliki fungsi sebagai input ataupun output pada suatu transisi. *Place* input menunjukkan keadaan yang harus dipenuhi supaya transisi dapat terjadi. Setelah transisi terjadi, keadaan akan berubah. *Place* yang menunjukkan keadaan tersebut merupakan output dari transisi. [12]

Dalam artikel ini membentuk simulasi sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di jalan Ahmad Yani Surabaya dengan menggunakan petri net, dan diperoleh hasil representasi matriksnya serta dapat dibangun *coverability tree*. [13]

2. METODE PENELITIAN

2.1. Rancangan Penelitian

Pengumpulan data – data dalam penelitian ini berkaitan dengan definisi, notasi, matriks, vektor, graf berarah, serta tentang sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di jalan Ahmad Yani Surabaya, dan petri net serta *Coverability Tree*. [8] Penelitian ini menyajikan simulasi petri net dengan menggunakan tool *WoPeD* (Workflow Petri Net Designer). Rancangan penelitian untuk penerapan petri net sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di jalan Ahmad Yani Surabaya adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Rancangan Penelitian Simulasi

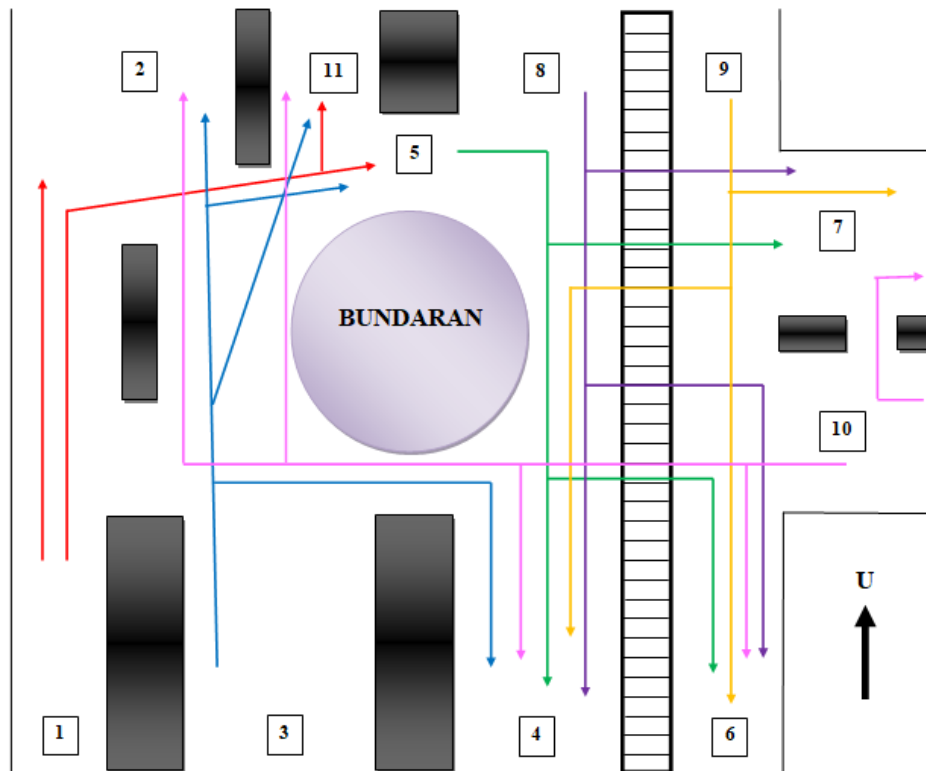
2.2. Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data

Penelitian ini mengumpulkan data – data yang berhubungan dengan definisi, notasi, matriks, vektor, graf berarah, serta tentang Sistem Arus Lalu Lintas salah satu bundaran di jalan Ahmad Yani Surabaya, petri net dan *coverability tree*. Analisis data dengan merepresentasikan petri net dengan menggunakan matriks serta membangun *coverability tree*. [8]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Konstruksi Sistem Arus Lalu Lintas Salah Satu Bundaran Di Jalan Ahmad Yani Surabaya

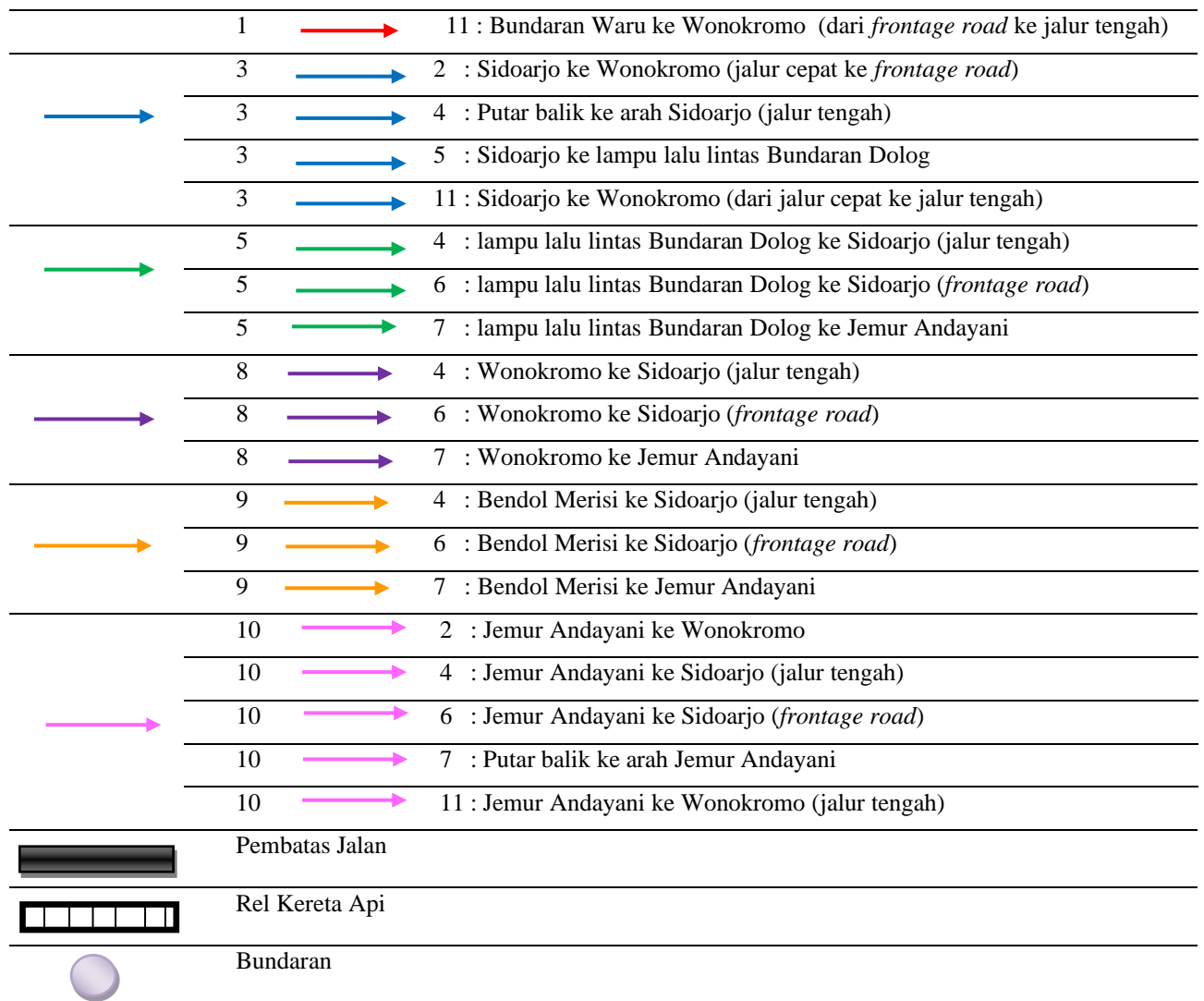
Berikut merupakan gambar konstruksi sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di Jalan Ahmad Yani Surabaya:



Gambar 2. Gambar Konstruksi Sistem Arus Lalu Lintas Salah Satu Bundaran Di Jalan Ahmad Yani Surabaya

Keterangan Gambar 2:

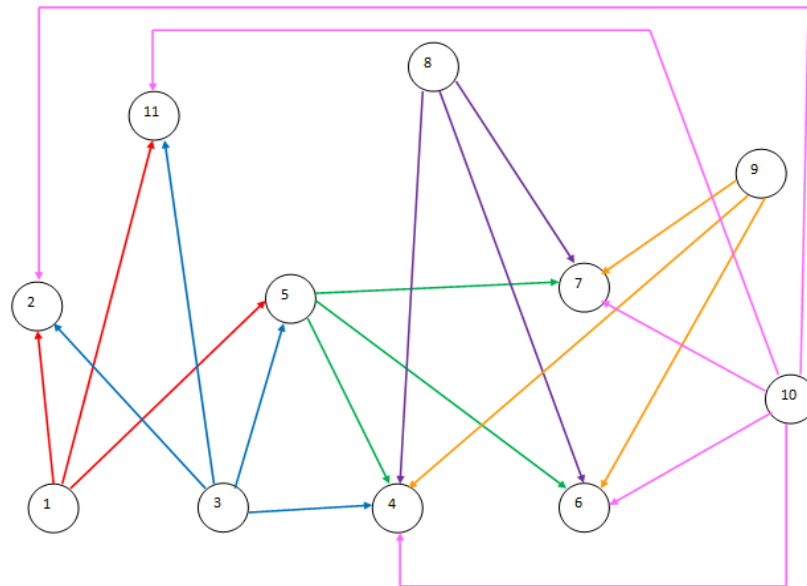
Simbol	Penjelasan
→	2 : Bundaran Waru ke Wonokromo (melalui <i>frontage road</i>)
→	5 : Bundaran Waru ke lampu lalu lintas Bundaran Dolog



3.2. Graf Sistem Arus Lalu Lintas Salah Satu Bundaran Di Jalan Ahmad Yani Surabaya

Berdasarkan Gambar 2 yaitu gambar konstruksi sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di Jalan Ahmad Yani Surabaya dapat diperoleh graf nya. [7]

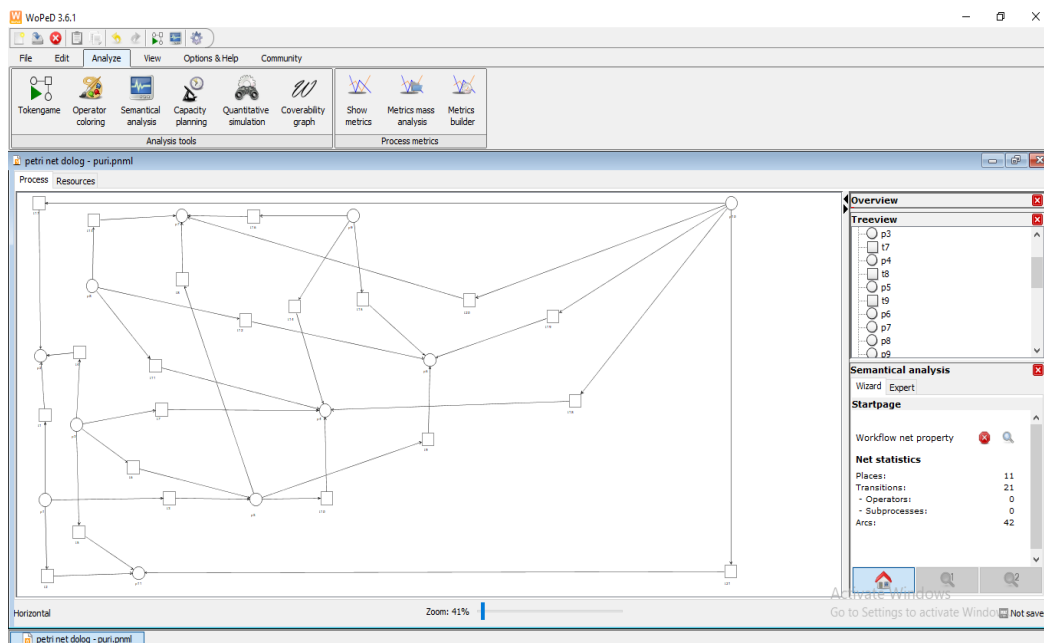
Berikut merupakan graf sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di Jalan Ahmad Yani Surabaya. Graf dapat dibuat berdasarkan dari konstruksi sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di Jalan Ahmad Yani Surabaya:



Gambar 3. Graf Sistem Arus Lalu Lintas Salah Satu Bundaran Di Jalan Ahmad Yani Surabaya

3.3. Simulasi Petri Net Sistem Arus Lalu Lintas Salah Satu Bundaran Di Jalan Ahmad Yani Surabaya

Berdasarkan dari Graf Sistem Arus Lalu Lintas salah satu bundaran di Jalan Ahmad Yani Surabaya, berikut ini merupakan Model Petri Net Sistem Arus Lalu Lintas salah satu bundaran di Jalan Ahmad Yani Surabaya:



Gambar 4. Simulasi Petri Net Sistem Arus Lalu Lintas Salah Satu Bundaran Di Jalan Ahmad Yani Surabaya

Gambar 4, menunjukkan bahwa terdapat 11 *places* yaitu P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, dan P11 serta terdapat 21 transisi (*transitions*) yaitu t1 sampai dengan t21.

Keterangan Gambar 4:

<i>Places</i>	Penjelasan
<input type="radio"/> P ₁	Bundaran Waru
<input type="radio"/> P ₂	Ke Wonokromo (jalur cepat ke <i>frontage road</i>)
<input type="radio"/> P ₃	Dari Sidoarjo (jalur tengah)
<input type="radio"/> P ₄	Ke Sidoarjo (jalur tengah)
<input type="radio"/> P ₅	Lampu lalu lintas Bundaran Dolog
<input type="radio"/> P ₆	Ke Sidoarjo (<i>frontage road</i>)
<input type="radio"/> P ₇	Ke Jemur Andayani
<input type="radio"/> P ₈	Wonokromo
<input type="radio"/> P ₉	Bendol Merisi
<input type="radio"/> P ₁₀	Dari Jemur Andayani
<input type="radio"/> P ₁₁	Ke Wonokromo (jalur tengah)

Keterangan Gambar 4:

<i>Transitions</i>	Penjelasan
<input type="checkbox"/> t ₁	Bundaran Waru ke Wonokromo (melalui <i>frontage road</i>)
<input type="checkbox"/> t ₂	Bundaran Waru ke Wonokromo (dari <i>frontage road</i> ke jalur tengah)
<input type="checkbox"/> t ₃	Bundaran Waru ke lampu lalu lintas Bundaran Dolog
<input type="checkbox"/> t ₄	Sidoarjo ke Wonokromo (jalur cepat ke <i>frontage road</i>)
<input type="checkbox"/> t ₅	Sidoarjo ke Wonokromo (dari jalur cepat ke jalur tengah)
<input type="checkbox"/> t ₆	Sidoarjo ke lampu lalu lintas Bundaran Dolog
<input type="checkbox"/> t ₇	Putar balik ke arah Sidoarjo (jalur tengah)
<input type="checkbox"/> t ₈	Lampu lalu lintas Bundaran Dolog ke Jemur Andayani
<input type="checkbox"/> t ₉	Lampu lalu lintas Bundaran Dolog ke Sidoarjo (<i>frontage road</i>)
<input type="checkbox"/> t ₁₀	Lampu lalu lintas Bundaran Dolog ke Sidoarjo (jalur tengah)
<input type="checkbox"/> t ₁₁	Wonokromo ke Sidoarjo (jalur tengah)
<input type="checkbox"/> t ₁₂	Wonokromo ke Sidoarjo (<i>frontage road</i>)
<input type="checkbox"/> t ₁₃	Wonokromo ke Jemur Andayani
<input type="checkbox"/> t ₁₄	Bendol Merisi ke Sidoarjo (jalur tengah)
<input type="checkbox"/> t ₁₅	Bendol Merisi ke Sidoarjo (<i>frontage road</i>)
<input type="checkbox"/> t ₁₆	Bendol Merisi ke Jemur Andayani
<input type="checkbox"/> t ₁₇	Jemur Andayani ke Wonokromo
<input type="checkbox"/> t ₁₈	Jemur Andayani ke Sidoarjo (jalur tengah)
<input type="checkbox"/> t ₁₉	Jemur Andayani ke Sidoarjo (<i>frontage road</i>)
<input type="checkbox"/> t ₂₀	Putar balik ke arah Jemur Andayani
<input type="checkbox"/> t ₂₁	Jemur Andayani ke Wonokromo (jalur tengah)

3.4. Representasi Matriks Sistem Arus Lalu Lintas Salah Satu Bundaran Di Jalan Ahmad Yani Surabaya

Matriks *backward*, *forward*, dan *incidence* yang merepresentasikan Petri net adalah matriks berukuran $n \times m$ dengan elemen baris ke- i kolom ke- j adalah $A_b(i, j) = \omega(p_i, t_j)$ ($A_f(i, j) = \omega(t_j, p_i)$) [1]. Jumlah *place* dan transisi petri net pada sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di Jalan Ahmad Yani Surabaya adalah 11 *place* dan 21 transisi sehingga n (baris) = 11 dan m (kolom) = 21. Jadi ukuran matriks adalah 11 x 21.

Berikut ini hasil dari matriks *forward* dari model petri net sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di Jalan Ahmad Yani Surabaya:

$$A_f = \begin{matrix} & t1 & t2 & t3 & t4 & t5 & t6 & t7 & t8 & t9 & t10 & t11 & t12 & t13 & t14 & t15 & t16 & t17 & t18 & t19 & t20 & t21 \\ \begin{matrix} P1 \\ P2 \\ P3 \\ P4 \\ P5 \\ P6 \\ P7 \\ P8 \\ P9 \\ P10 \\ P11 \end{matrix} & \left[\begin{array}{cccccccccccccccccccccccc} 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right. \end{matrix}$$

Hasil matriks *backward* dari model petri net sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di Jalan Ahmad Yani Surabaya adalah berikut ini:

$$A_b = \begin{matrix} & t1 & t2 & t3 & t4 & t5 & t6 & t7 & t8 & t9 & t10 & t11 & t12 & t13 & t14 & t15 & t16 & t17 & t18 & t19 & t20 & t21 \\ \begin{matrix} P1 \\ P2 \\ P3 \\ P4 \\ P5 \\ P6 \\ P7 \\ P8 \\ P9 \\ P10 \\ P11 \end{matrix} & \left[\begin{array}{cccccccccccccccccccccccc} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{array} \right. \end{matrix}$$

Sehingga diperoleh matriks *incidence* A berikut ini:

$$A = \begin{matrix} & t1 & t2 & t3 & t4 & t5 & t6 & t7 & t8 & t9 & t10 & t11 & t12 & t13 & t14 & t15 & t16 & t17 & t18 & t19 & t20 & t21 \\ \begin{matrix} P1 \\ P2 \\ P3 \\ P4 \\ P5 \\ P6 \\ P7 \\ P8 \\ P9 \\ P10 \\ P11 \end{matrix} & \left[\begin{array}{cccccccccccccccccccccccc} -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right. \end{matrix}$$

Berdasarkan proses simulasi petri net sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di Jalan Ahmad Yani Surabaya bahwa pada *place* P1, *place* P3, *place* P8, *place* P9, dan *place* P10 diberikan token masing – masing 1 buah token, maka dapat ditentukan keadaan awal petri net yaitu $x_0 =$

$[1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0]^T$. Dengan keadaan awal tersebut, transisi yang *enabled* adalah transisi $t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7, t11, t12, t13, t14, t15, t16, t17, t18, t19, t20$, dan $t21$.

Berdasarkan model petri net sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di Jalan Ahmad Yani Surabaya sehingga dapat menghasilkan representasi matriks sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di Jalan Ahmad Yani Surabaya. Untuk penentuan keadaan awal disesuaikan dengan kebutuhan masing – masing permasalahan yang diteliti.

3.5. Membangun *Coverability Tree*

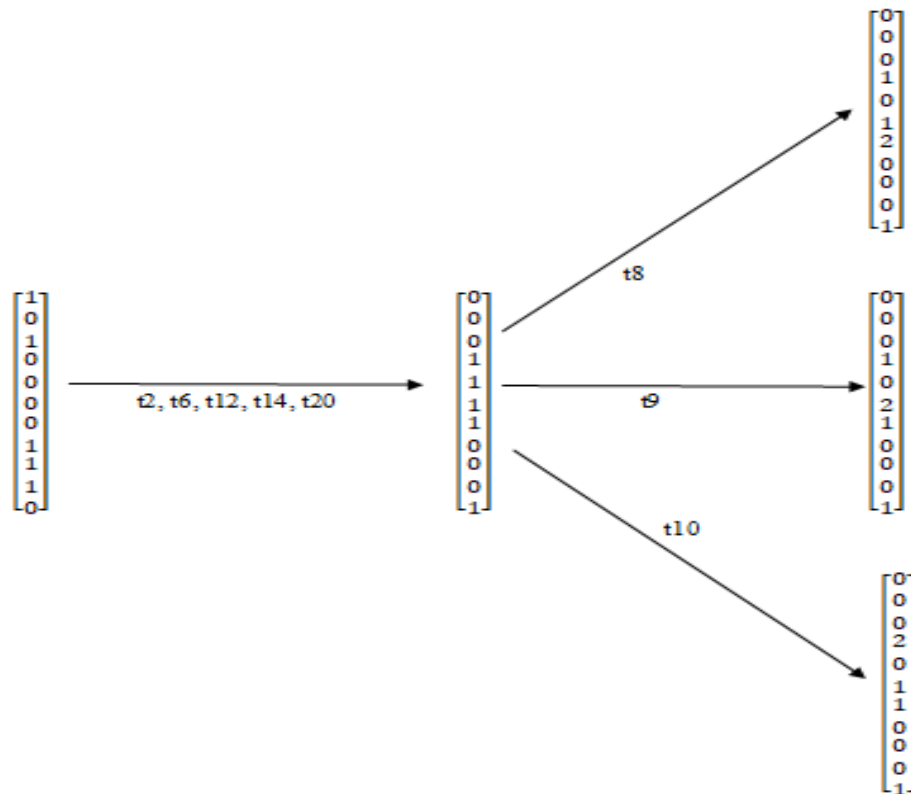
Coverability tree merupakan teknik yang digunakan untuk menyelesaikan beberapa aspek analisis pada sistem event diskrit. Setiap *node* pada *coverability tree* menyatakan keadaan Petri net. *Coverability tree* dapat dibangun dari Petri net dengan keadaan awal. Keadaan awal Petri net didefinisikan sebagai *node root*. Anak dari *node root* merupakan keadaan yang dapat dicapai dari keadaan awal dengan memfire sebuah transisi. Keadaan-keadaan ini dihubungkan ke *node root* dengan *edge*. Setiap *edge* pada *coverability tree* mempunyai bobot sebuah transisi yaitu transisi yang difire untuk mencapai keadaan tersebut. [8]

Berdasarkan proses simulasi petri net sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di Jalan Ahmad Yani Surabaya bahwa pada *place* P1, *place* P3, *place* P8, *place* P9, dan *place* P10 diberikan token masing – masing 1 buah token, maka dapat ditentukan keadaan awal petri net yang disesuaikan dengan permasalahan yaitu $x_0 = [1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0]^T$.

Dengan keadaan awal $x_0 = [1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0]^T$, transisi yang *enabled* adalah transisi $t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7, t11, t12, t13, t14, t15, t16, t17, t18, t19, t20$, dan $t21$. Misalkan:

1. Transisi $t2, t6, t12, t14$, dan $t20$ *difire* secara bersamaan, maka $x_1 = [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]^T$, sehingga transisi yang *enabled* yaitu transisi $t8, t9$, dan $t10$.
2. Misalkan transisi $t8$ *difire*, maka $x_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 2 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]^T$. Keadaan x_2 merupakan keadaan terakhir karena saat keadaan ini tidak ada transisi yang *enabled*.
3. Misalkan transisi $t9$ *difire*, maka $x_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 2 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]^T$. Keadaan x_2 merupakan keadaan terakhir karena saat keadaan ini tidak ada transisi yang *enabled*.
4. Misalkan transisi $t10$ *difire*, maka $x_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 2 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]^T$. Keadaan x_2 merupakan keadaan terakhir karena saat keadaan ini tidak ada transisi yang *enabled*.

Berdasarkan representasi matriks sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di Jalan Ahmad Yani Surabaya sehingga dapat dibangun *coverability tree*. Berikut ini merupakan *coverability tree* Gambar 4:



Gambar 5. *Coverability tree* Simulasi Petri Net Sistem Arus Lalu Lintas

4. KESIMPULAN

Jumlah *place* dan transisi petri net pada sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di Jalan Ahmad Yani Surabaya adalah 11 *place* dan 21 transisi. Sehingga didapatkan hasil representasi matriks serta dapat dibangun *coverability tree*. Penggunaan petri net dapat membantu membentuk simulasi sistem arus lalu lintas salah satu bundaran di jalan Ahmad Yani Surabaya sehingga dapat diperoleh simulasinya, dan hasil representasi matriks serta dapat dibangun *Coverability tree*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Yayasan Pendidikan Widya Dharma Surabaya dan IKIP Widya Darma Surabaya serta Ka. LPPM IKIP Widya Darma Periode 2014-2019 Ibu Rina Rachmawati, M.Pd.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cassandras, C.G., *Discrete Event Systems: Modelling and Performance Analysis*. Boston: Aksen Associates Incorporated Publishers, 1993.
- [2] Cechlarova, Katarina, "Eigenvectors of Interval Matrices over Max-Plus Algebra", *Journal of discrete Applied Mathematics*, vol. 150, hal. 2 – 15, 2005.
- [3] https://id.m.wikipedia.org/wiki/Kota_Surabaya#Infrastruktur
- [4] Komsiyah, Siti., "Model Petri Net Tak Berwaku Pada Sistem Produksi (Batch Plant) Dan Simulasinya Dengan Pipe2", *Jurnal Mat Stat*, Vol.12, No.2, Hal 152 – 164, Juli 2012.
- [5] Nurmalitasari, Dewi., Rayungsari, Maya., "Model Aljabar Max Plus dan Petri Net Pada Sistem Pelayanan Pendaftaran Ujian Akhir Semester", *Aksioma*, Vol. 9, No.2, Hal. 47 – 56, Desember 2018.
- [6] Pertiwi, RuvitaIffahtur., Tridiana M, Liza., "Model Petri Net Dari Antrian Klinik Kecantikan Serta Aplikasinya Pada Aljabar MaxPlus", *MAp Journal*, Vol. 2, No. 1, Hal. 34 – 40, Juni 2020.

- [7] Pramesthi, Sri Rejeki Puri W., “Analisis Sistem Jaringan Antrean Dengan Elemen – Elemen Matriks Adjasen Berupa Interval Dalam Aljabar Max – Plus”, Tesis Magister Sains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2010.
- [8] Pramesthi, Sri Rejeki Puri Wahyu., “Model Petri Net Sistem Pelayanan IGD Rumah Sakit”, *Jurnal Widyaloka*, Vol. 2, Edisi XXVII, Hal. 57 – 64, Januari 2013.
- [9] Pramesthi, Sri Rejeki Puri Wahyu., “Model Petri Net Sistem Jaringan Antrean *Multichannel* Tak-Siklik 5 Server”, *Jurnal Transformasi*, Vol. 2, No. 2, Hal.40 – 50, Desember 2018.
- [10] Pramesthi, Sri Rejeki Puri Wahyu.,”Jadwal Pelayanan Sistem Antrean 5 Server Dalam Aljabar Max-Plus Interval”, *Jurnal Berekeng*, Vol. 13, No. 1, Hal. 39 – 45, Maret 2019.
- [11] Subiono, “On Classes of Min – Max – Plus Systems And Their Application”, Ph.D.dissertation, Technische Universiteit Delft, Delft, 2000.
- [12] Subiono, *Aljabar Max – Plus*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2009.
- [13] Subiono, *Aljabar Min – Max – Plus Dan Terapannya*, Buku Ajar Mata Kuliah Pilihan Pasca Sarjana Matematika, 1 – 165, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2015.
- [14] F. S. Tutupary, 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, Hal 147 – 154, Mei 2013.
- [15] F. N. Wattimena, Th. Pentury, Y. A. Lesnussa, ”Aplikasi Petri Net Pada Sistem Pembayaran Tagihan Listrik PT. PLN (Persero) Rayon Ambon Timur”, *BAREKENG: J. Il. Mat. & Ter.*, vol. 6, no. 1, pp. 23 – 30, 2012.