

## Pemodelan Jaringan Dan Analisa Penjadwalan KRL Commuter Line Jabodetabek Dengan Menggunakan Metode Aljabar Max-Plus

### **Network Modelling And Scheduling Analysis Of KRL Commuter Line Jabodetabek Using The Max-Plus Algebra Method**

Ikka Fakhilia<sup>1\*</sup>, Yulianti Rusdiana<sup>2</sup>, Tabah Heri Setiawan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faculty of mathematics and science, Pamulang University, South Tangerang, Indonesia

<sup>2,3</sup> Faculty of mathematics and science, Pamulang University, South Tangerang, Indonesia

[ikkaa97@gmail.com](mailto:ikkaa97@gmail.com)

---

#### **Article Info:**

Received: 10 – 03 - 2021

in revised form: 15– 03 - 2021

Accepted: 15– 03 - 2021

Available Online: 05 – 04 – 2021

#### **Keywords:**

eigenvectors, eigenvalues, KRL, max-plus algebra.

#### **Corresponding Author:**

Opole University of Technology  
(JSI\_corresponding\_author)  
Institute of Processes and Products Innovation  
ul. Ozimska 75, 45-370 Opole, Poland  
phone: (+4877) 423-40-31  
e-mail: jsi@univtech.eu

**Abstract:** The scheduling of the KRL Commuter Line is designed according to passenger needs, so there is no synchronization process. Therefore, in this study a scheduling design was formed on the departure of the KRL Commuter Line by paying attention to the synchronization process. The purpose of this study is to develop a network model and analyze the KRL Commuter Line scheduling. The research method used is max-plus algebra. Based on the calculation results, the eigenvalues are obtained, namely  $\lambda(A)=32$  and the eigenvectors consisting of real numbers, thus enabling synchronized KRL scheduling. The eigenvalues represent the time period for KRL departure from each station, which is 32 minutes. Meanwhile, the initial departure time for the KRL Commuter Line at each station is obtained based on the eigenvector.

**Abstrak:** Penjadwalan KRL Commuter Line saat ini didesain sesuai kebutuhan penumpang, sehingga belum ada proses sinkronisasi. Oleh karena itu dalam penelitian ini dibentuk suatu rancangan desain penjadwalan pada keberangkatan KRL Commuter Line dengan memperhatikan proses sinkronisasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menyusun model jaringan serta menganalisa penjadwalan KRL Commuter Line. Metode penelitian yang digunakan adalah aljabar max-plus. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai eigen yaitu  $\lambda(A)=32$  serta vektor eigen yang terdiri dari bilangan real, sehingga memungkinkan penjadwalan KRL tersinkronisasi. Nilai eigen tersebut mempresentasikan jangka waktu pemberangkatan KRL dari setiap stasiun yaitu 32 menit sekali. Sedangkan waktu keberangkatan awal KRL Commuter Line di setiap stasiun diperoleh berdasarkan vektor eigen.

---

## PENDAHULUAN

Karakteristik dari suatu daerah perkotaan yaitu padatnya jumlah penduduk dan penduduknya mempunyai mobilitas yang tinggi, hal tersebut dapat menjadikan masyarakat yang sangat bergantung pada kebutuhan transportasi. Salah satu moda transportasi yang paling dibutuhkan oleh masyarakat daerah ibukota dan sekitarnya yaitu kereta listrik yang biasa dikenal dengan istilah KRL Commuter Line Jabodetabek.

Keunggulan dari KRL Commuter Line, yaitu mudah di akses, lebih ekonomis dan cepat. Setiap harinya, banyak masyarakat yang menggunakan transportasi KRL Commuter Line untuk melakukan perjalanan. Rata-rata penumpang terdiri dari pekerja dan pelajar. Karena memiliki kepadatan yang lebih besar pada KRL Commuter Line Jabodetabek dibandingkan dengan moda transportasi

lainnya, mengakibatkan KRL *Commuter Line* Jabodetabek meningkatkan jumlah perjalannya. Kelemahan KRL lainnya yaitu kurangnya ketepatan waktu kedatangan KRL *Commuter Line* yang disebabkan pergantian masuk di stasiun transit dan mengakibatkan penumpukan penumpang. (Pradana, 2019). Saat ini Penjadwalan KRL *Commuter Line* saat ini didesain sesuai kebutuhan penumpang, sehingga belum ada proses sinkronisasi. Oleh karena itu dalam penelitian ini dibentuk suatu rancangan desain penjadwalan pada keberangkatan KRL *Commuter Line* dengan memperhatikan proses sinkronisasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menyusun model jaringan serta menganalisis penjadwalan KRL *Commuter Line*.

Melihat permasalahan yang ada dan tujuan penelitian ini maka digunakan metode aljabar max-plus. Metode ini merupakan pengembangan dari aljabar yang berkaitan dengan *System Dinamic Event Diskrit* (SDED). Metode ini dipergunakan untuk membentuk suatu desain model penjadwalan yang mempertimbangkan sinkronisasi serta menentukan kesesuaianya menggunakan keadaan yang sebenarnya. (Rudhito, 2016)

Sebelum penelitian ini dilakukan, ada beberapa yang telah terlebih dahulu melakukan penelitian sistem jaringan. Antara lain pada penelitian Ahmad Afif dengan judul penelitian "Aplikasi Petri Net dan Aljabar Max-Plus pada Sistem Jaringan Kereta Api di Jawa Timur". Dari hasil penelitian diperoleh model dan desain jadwal pemberangkatan KA Jawa Timur Jadwal pemberangkatan KA yang stabil dan realistik dengan jangka waktu pemberangkatan setiap  $\lambda$  menit yaitu  $93,625 \leq \lambda \leq 101,25$ . Scolastika Lintang R.R juga melakukan penelitian dengan judul "Pemodelan Jaringan dan Analisa Penjadwalan Kereta Api Komuter di DAOP VI Yogyakarta Dengan Menggunakan Aljabar Max-Plus". Dalam penelitian tersebut, hasil penelitian menunjukkan bahwa matriks dari model jaringan kereta api komuter di DAOP VI Yogyakarta dinyatakan sebagai matriks tidak irreducible (tereduksi). Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai eigen yaitu  $\lambda(A)=786$  serta vektor eigen yang terdiri dari bilangan real.

## **METODE**

### **Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Kereta *Commuter* Indonesia (PT. KCI). Penelitian ini berlangsung pada bulan Agustus 2020 sampai November 2020.

### **Metode Pengumpulan Data**

Pada penelitian ini jenis penelitian yang digunakan yaitu pemodelan dan menganalisis suatu jadwal. Untuk memperoleh hasil penelitian yang diinginkan oleh penulis, maka sebelumnya penulis melakukan pengumpulan data melalui studi pustaka, yang akan menghasilkan data sekunder yaitu data yang diperoleh dari PT. Kereta *Commuter* Indonesia serta pengumpulan data dari buku-buku, karya ilmiah, pendapat ahli, jurnal-jurnal, dan data-data dari internet yang berkaitan dengan masalah penelitian.

### **Metode Analisis Data**

Metode analisis data yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode aljabar max-plus untuk memperoleh solusi dari pemodelan pada penjadwalan KRL *Commuter Line* Jabodetabek. Berikut ini akan dijelaskan tahapan-tahapan dalam penelitian ini, adalah: (1) Pengumpulan data; (2) Penyusunan graf berarah; (3) Pembentukan model aljabar max-plus; (4) Menghitung nilai eigen dan vektor eigen; (5) Penyusunan desain penjadwalan; (6) Menganalisa kesesuaian jadwal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Rute merupakan jarak yang dilalui dari satu tempat menuju ketempat tujuan. Dalam penelitian ini akan dipilih rute dan hanya memilih stasiun-stasiun besar atau stasiun transit yang dapat memudahkan penumpang berpindah kereta api. Stasiun tersebut yaitu, Stasiun Bogor, Stasiun Nambo, Stasiun Citayam, Stasiun Depok, Stasiun Manggarai, Stasiun Jakarta Kota, Stasiun Tanah Abang, Stasiun Duri, Stasiun Kampung Bandan, Stasiun Jatinegara, Stasiun Bekasi, Stasiun Cikarang, Stasiun Tanjung Priok, Stasiun Serpong, Stasiun Parung Panjang, Stasiun Maja, Stasiun Rangkas Bitung, dan Stasiun Tangerang. Pemilihan rute ini menggunakan semua rute KRL *Commuter Line* Jabodetabek.

Selain itu, waktu referensi pada jam sibuk (pukul 06.00 sampai pukul 09.00) akan digunakan untuk memberikan data waktu keberangkatan KRL dalam pengoperasian dan jumlah KRL yang dioperasikan pada sistem disetiap trayek yang ada. Waktu tempuh yang diberikan pada tabel di bawah ini adalah rata-rata total waktu yang dibutuhkan untuk perjalanan KRL dari satu stasiun ke stasiun lainnya. Untuk data lengkapnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 1. Waktu Tempuh KRL *Commuter Line* Jabodetabek**

Rute	Variabel	Stasiun Keberangkatan	Stasiun Persinggahan	Waktu Tempuh	Banyak K.A
1	X <sub>1</sub>	Bogor	Citayam	t <sub>1</sub> = 23	1
1	X <sub>2</sub>	Citayam	Depok	t <sub>2</sub> = 7	1
1	X <sub>3</sub>	Depok	Manggarai	t <sub>3</sub> = 43	3
1	X <sub>4</sub>	Manggarai	Jakarta Kota	t <sub>4</sub> = 23	3
1	X <sub>5</sub>	Jakarta Kota	Manggarai	t <sub>5</sub> = 24	1
1	X <sub>6</sub>	Manggarai	Depok	t <sub>6</sub> = 43	1
1	X <sub>7</sub>	Depok	Citayam	t <sub>7</sub> = 8	1
1	X <sub>8</sub>	Citayam	Bogor	t <sub>8</sub> = 22	1
2	X <sub>9</sub>	Nambo	Citayam	t <sub>9</sub> = 24	1
2	X <sub>10</sub>	Bogor	Citayam	t <sub>10</sub> = 23	0
2	X <sub>11</sub>	Citayam	Depok	t <sub>11</sub> = 7	1
2	X <sub>12</sub>	Depok	Manggarai	t <sub>12</sub> = 43	2
2	X <sub>13</sub>	Manggarai	Tanah Abang	t <sub>13</sub> = 13	5
2	X <sub>14</sub>	Tanah Abang	Duri	t <sub>14</sub> = 8	5
2	X <sub>15</sub>	Duri	Kampung Bandan	t <sub>15</sub> = 12	1
2	X <sub>16</sub>	Kampung Bandan	Jatinegara	t <sub>16</sub> = 24	1
2	X <sub>17</sub>	Jatinegara	Kampung Bandan	t <sub>17</sub> = 25	0
2	X <sub>18</sub>	Kampung Bandan	Duri	t <sub>18</sub> = 12	0
2	X <sub>19</sub>	Duri	Tanah Abang	t <sub>19</sub> = 8	2
2	X <sub>20</sub>	Tanah Abang	Manggarai	t <sub>20</sub> = 13	2
2	X <sub>21</sub>	Manggarai	Depok	t <sub>21</sub> = 43	2
2	X <sub>22</sub>	Depok	Citayam	t <sub>22</sub> = 7	1
2	X <sub>23</sub>	Citayam	Bogor	t <sub>23</sub> = 22	1
2	X <sub>24</sub>	Citayam	Nambo	t <sub>24</sub> = 23	0
3	X <sub>25</sub>	Cikarang	Bekasi	t <sub>25</sub> = 30	0
3	X <sub>26</sub>	Bekasi	Jatinegara	t <sub>26</sub> = 27	5
3	X <sub>27</sub>	Jatinegara	Manggarai	t <sub>27</sub> = 7	5
3	X <sub>28</sub>	Manggarai	Jakarta Kota	t <sub>28</sub> = 23	2
3	X <sub>29</sub>	Jakarta Kota	Manggarai	t <sub>29</sub> = 24	3
3	X <sub>30</sub>	Manggarai	Jatinegara	t <sub>30</sub> = 6	4
3	X <sub>31</sub>	Jatinegara	Bekasi	t <sub>31</sub> = 28	4
3	X <sub>32</sub>	Bekasi	Cikarang	t <sub>32</sub> = 26	1

4	X <sub>33</sub>	Tanjung Priok	Kampung Bandan	t <sub>33</sub> = 16	4
4	X <sub>34</sub>	Kampung Bandan	Jakarta Kota	t <sub>34</sub> = 5	7
4	X <sub>35</sub>	Jakarta Kota	Kampung Bandan	t <sub>35</sub> = 6	7
4	X <sub>36</sub>	Kampung Bandan	Tanjung Priok	t <sub>36</sub> = 14	4
5	X <sub>37</sub>	Rangkas Bitung	Maja	t <sub>37</sub> = 26	1
5	X <sub>38</sub>	Maja	Parung Panjang	t <sub>38</sub> = 35	2
5	X <sub>39</sub>	Parung Panjang	Serpong	t <sub>39</sub> = 15	4
5	X <sub>40</sub>	Serpong	Tanah Abang	t <sub>40</sub> = 36	5
5	X <sub>41</sub>	Tanah Abang	Serpong	t <sub>41</sub> = 37	6
5	X <sub>42</sub>	Serpong	Parung Panjang	t <sub>42</sub> = 15	5
5	X <sub>43</sub>	Parung Panjang	Maja	t <sub>43</sub> = 34	3
5	X <sub>44</sub>	Maja	Rangkas Bitung	t <sub>44</sub> = 26	2
6	X <sub>45</sub>	Tangerang	Duri	t <sub>45</sub> = 32	5
6	X <sub>46</sub>	Duri	Tangerang	t <sub>46</sub> = 32	5

Berdasarkan hasil komputasi, didapatkan nilai eigen yaitu sebesar 32. Nilai eigen yang dimaksud adalah periode waktu keberangkatan KRL di setiap stasiun asal yaitu setiap 32 menit sekali atau  $\lambda(A)=32$ . Karena jadwal pemberangkatan KRL bersifat periodik, maka eigen vektor matrix A dapat digunakan sebagai keadaan awal keberangkatan untuk menyusun jadwal pemberangkatan KRL. Oleh karena itu didapatkan vektor akhir v' dengan ukuran  $46 \times 1$ , yaitu:

$$\begin{bmatrix} 0 & 11 & 11 & 0 & 11 & 0 & 32 & 11 & 0 & 11 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 0 & 6 & 19 & 0 & 0 & 0 & 6 & 24 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 2 \\ 0 & 0 & 14 & 0 & 0 & 20 & 0 & 0 & 0 & 11 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 \end{bmatrix}$$

Selain itu, jadwal reguler pemberangkatan KRL di setiap stasiun dapat diatur sebagai  $\lambda(A) = 32$ . Akibat  $[v']_{37,1} = [0]$ , pemberangkatan awal sebenarnya dari stasiun Rangkas Bitung menuju stasiun Maja digunakan sebagai titik acuan penjadwalan, yaitu pukul 06.30 WIB. Oleh karena itu, waktu keberangkatan awal setiap perhentian akan berbeda-beda sesuai dengan titik referensi ini.

Maka di dapat waktu keberangkatan di setiap stasiun sebagai berikut:

**Tabel 2. Pilihan Desain Jadwal Keberangkatan KRL**

Rute	Stasiun Keberangkatan	Stasiun Persinggahan	Jadwal I	Jadwal II
1	Bogor	Citayam	06:30	07:02
1	Citayam	Depok	07:09	07:41
1	Depok	Manggarai	07:34	08:06
1	Manggarai	Jakarta Kota	08:17	08:49
1	Jakarta Kota	Manggarai	08:38	09:10
1	Manggarai	Depok	09:10	09:42
1	Depok	Citayam	09:53	10:25
1	Citayam	Bogor	10:20	10:52
2	Nambo	Citayam	06:44	07:16
2	Bogor	Citayam	06:30	07:02
2	Citayam	Depok	07:21	07:53
2	Depok	Manggarai	07:34	08:06
2	Manggarai	Tanah Abang	08:17	08:49
2	Tanah Abang	Duri	08:38	09:10

2	Duri	Kampung Bandan	09:10	09:42
2	Kampung Bandan	Jatinegara	09:42	10:14
2	Jatinegara	Kampung Bandan	10:14	10:46
2	Kampung Bandan	Duri	10:34	11:06
2	Duri	Tanah Abang	10:46	11:18
2	Tanah Abang	Manggarai	11:18	11:50
2	Manggarai	Depok	11:50	12:22
2	Depok	Citayam	12:33	13:05
2	Citayam	Bogor	13:00	13:32
2	Citayam	Nambo	12:54	13:26
3	Cikarang	Bekasi	06:30	07:02
3	Bekasi	Jatinegara	06:54	07:26
3	Jatinegara	Manggarai	07:34	08:06
3	Manggarai	Jakarta Kota	07:45	08:17
3	Jakarta Kota	Manggarai	08:06	08:38
3	Manggarai	Jatinegara	08:49	09:21
3	Jatinrgara	Bekasi	09:10	09:42
3	Bekasi	Cikarang	09:42	10:14
4	Tanjung Priok	Kampung Bandan	06:30	07:02
4	Kampung Bandan	Jakarta Kota	07:02	07:34
4	JakartaKota	Kampung Bandan	07:34	08:06
4	Kampung Bandan	Tanjung Priok	08:06	08:38
5	Rangkas Bitung	Maja	06:30	07:02
5	Maja	Parung Panjang	07:02	07:34
5	Parung Panjang	Serpong	07:34	08:06
5	Serpong	Tanah Abang	08:06	08:38
5	Tanah Abang	Serpong	08:42	09:14
5	Serpong	Parung Panjang	09:15	09:47
5	Parung Panjang	Maja	09:42	10:14
5	Maja	Rangkas Bitung	10:16	10:48
6	Tangerang	Duri	06:30	07:02
6	Duri	Tangerang	07:02	07:34

Berdasarkan Tabel 2, dapat ditunjukkan proses sinkronisasi ke enam rute KRL Commuter Line Jabodetabek, yaitu:

1. Keberangkatan KRL dari Stasiun Bogor menuju ke Stasiun Citayam pada rute 1 bersamaan dengan keberangkatan KRL dari Stasiun Bogor menuju ke Stasiun Citayam pada rute 2.
2. Keberangkatan KRL dari Stasiun Depok menuju ke Stasiun Manggarai pada rute 1 bersamaan dengan keberangkatan KRL dari Stasiun Depok menuju ke Stasiun Manggarai pada rute 2.
3. Keberangkatan KRL dari Stasiun Manggarai menuju ke Stasiun Jakarta Kota pada rute 1 bersamaan dengan keberangkatan KRL dari Stasiun Manggarai menuju ke Stasiun Tanah Abang pada rute 2.

Jadwal yang diatur di atas merupakan jadwal yang menekankan pada aturan sinkronisasi. Berdasarkan nilai eigen yang diperoleh,  $\lambda (A) = 32$  atau 32 menit. Desain penjadwalan ini dapat dijadikan sebagai acuan oleh PT. KCI dalam penjadwalan yang telah tersinkronisasi, tetapi tetap harus memperhitungkan rancangan penjadwalan sesuai dengan kebutuhan konsumen sehingga dapat diperoleh rancangan penjadwalan KRL Commuter Line Jabodetabek secara optimal.

Selanjutnya akan dibuat tabel untuk membandingkan desain penjadwalan yang telah dibuat dengan penjadwalan sebenarnya yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. Perbandingan Desain Penjadwalan

<b>Variabel</b>	<b>Rute</b>		<b>Nilai Eigen</b>	<b>Waktu</b>	<b>Jadwal</b>	
	<b>Dari</b>	<b>Tujuan</b>		<b>Keberangkatan</b>	<b>Keberangkatan Sebenarnya</b>	<b>Selisih</b>
X <sub>1</sub>	Bogor	Citayam	32	06:30	06:42	12'
X <sub>2</sub>	Citayam	Depok	32	06:37	-	-
X <sub>3</sub>	Depok	Manggarai	32	06:30	06:32	2'
X <sub>4</sub>	Manggarai	Jakarta Kota	32	06:41	-	-
X <sub>5</sub>	Jakarta Kota	Manggarai	32	06:30	06:46	16'
X <sub>6</sub>	Manggarai	Depok	32	06:30	-	-
X <sub>7</sub>	Depok	Citayam	32	06:41	06:34	7'
X <sub>8</sub>	Citayam	Bogor	32	06:36	06:42	6'
X <sub>9</sub>	Nambo	Citayam	32	06:44	06:51	7'
X <sub>10</sub>	Bogor	Citayam	32	06:30	-	-
X <sub>11</sub>	Citayam	Depok	32	06:49	-	-
X <sub>12</sub>	Depok	Manggarai	32	06:30	06:47	17'
X <sub>13</sub>	Manggarai	Tanah Abang	32	06:41	06:55	14'
X <sub>14</sub>	Tanah Abang	Duri	32	06:30	-	-
X <sub>15</sub>	Duri	Kampung Bandan	32	06:30	-	-
X <sub>16</sub>	Kampung Bandan	Jatinegara	32	06:30	-	-
X <sub>17</sub>	Jatinegara	Kampung Bandan	32	06:30	-	-
X <sub>18</sub>	Kampung Bandan	Duri	32	06:50	-	-
X <sub>19</sub>	Duri	Tanah Abang	32	07:04	06:41, 07:06	23', 2'
X <sub>20</sub>	Tanah Abang	Manggarai	32	06:30	06:49	19'
X <sub>21</sub>	Manggarai	Depok	32	06:30	-	-
X <sub>22</sub>	Depok	Citayam	32	06:41	-	-
X <sub>23</sub>	Citayam	Bogor	32	06:36	-	-
X <sub>24</sub>	Citayam	Nambo	32	06:30	-	-
X <sub>25</sub>	Cikarang	Bekasi	32	06:30	-	-
X <sub>26</sub>	Bekasi	Jatinegara	32	06:54	06:30, 06:47, 07:07	24', 7', 13'
X <sub>27</sub>	Jatinegara	Manggarai	32	06:30	-	-
X <sub>28</sub>	Manggarai	Jakarta Kota	32	06:41	-	-
X <sub>29</sub>	Jakarta Kota	Manggarai	32	06:30	06:34	4'
X <sub>30</sub>	Manggarai	Jatinegara	32	06:41	06:31	10'
X <sub>31</sub>	Jatinegara	Bekasi	32	06:30	06:37	7'
X <sub>32</sub>	Bekasi	Cikarang	32	06:30	-	-
X <sub>33</sub>	Tanjung Priok	Kampung Bandan	32	06:30	06:30	0
X <sub>34</sub>	Kampung Bandan	Jakarta Kota	32	06:30	06:46	16'
X <sub>35</sub>	Jakarta Kota	Kampung Bandan	32	06:30	06:30	0

X <sub>36</sub>	Kampung Bandan Rangkas Bitung	Tanjung Priok	32	06:30	06:36	6'
X <sub>37</sub>	Maja	Maja	32	06:30	06:30	0'
X <sub>38</sub>	Maja	Parung Panjang	32	06:30	-	-
X <sub>39</sub>	Parung Panjang	Serpong	32	06:30	06:40	10'
X <sub>40</sub>	Serpong	Tanah Abang	32	06:30	-	-
X <sub>41</sub>	Tanah Abang	Serpong	32	06:34	06:35, 06:45	1', 11'
X <sub>42</sub>	Serpong	Parung Panjang	32	06:35	-	-
X <sub>43</sub>	Parung Panjang	Maja	32	06:30	-	-
X <sub>44</sub>	Maja	Rangkas Bitung	32	06:32	-	-
X <sub>45</sub>	Tangerang	Duri	32	06:30	06:37	7'
X <sub>46</sub>	Duri	Tangerang	32	06:30	06:36	6'

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa jaringan KRL commuter line Jabodetabek dapat dimodelkan dengan menggunakan aljabar max-plus, dan bentuk umumnya  $\mathbb{R}^{\max} X(k+1) = A \otimes X(k)$  yaitu Jabodetabek Setiap stasiun yang dijadwalkan oleh KRL commuter line memiliki jangka waktu pemberangkatan yaitu masing-masing  $\lambda(A) = 32$  menit. Sedangkan waktu pemberangkatan KRL awal tiap stasiun diperoleh dari vektor fitur, dan perbandingan desain yang direncanakan dengan rencana sebenarnya ditunjukkan pada pembahasan pada Tabel 3. Data penelitian pada Tabel 3 menunjukkan jadwal pemberangkatan KRL PT yang direncanakan. Perbedaan waktu maksimal KCI dengan desain waktu pemberangkatan adalah 24 menit, yaitu ketiga rute pemberangkatan dari Stasiun Bekasi menuju Stasiun Jatinegara, seperti terlihat pada Tabel 3. Rancangan penjadwalan yang telah tersinkronisasi dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi jadwal untuk PT. KCI karena dalam 60 menit kurang lebih hanya dua KRL yang beroperasi, sehingga meminimalisir waktu antrian di pintu masuk stasiun transit dan dapat dijadikan salah satu upaya penghematan bahan bakar listrik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih untuk semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan jurnal ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afif, A. (2015). APLIKASI PETRI NET DAN ALJABAR MAX-PLUS PADA SISTEM JARINGAN KERETA API DI JAWA TIMUR
- Alfiah, S. (2011). PEMODELAN JARINGAN KERETA REL LISTRIK MENGGUNAKAN ALJABAR MAX-PLUS
- Audya. (2020, Maret 10). *Perkembangan Kereta Api Dari Masa ke Masa*. Retrieved July 01, 2020, from Holamigo: <https://www.holamigo.id/perkembangan-kereta-api-dari-masa-ke-masa/>

- Heidergott, B., Olsder, G. J., & Woude, J. v. (2006). *Max Plus at Work: modelling and analysis of synchronized systems : a course on Max-Plus algebra and its application*. Princeton University Press
- Herdianto, A. (2019, September 28). Retrieved July 01, 2020, from <https://www.idntimes.com/science/discovery/abraham-herdyanto/sejarah-kereta-api/8>
- Pradana, R. S. (2019). *Wow, Penumpang KRL Commuter Line Tembus 900.000 Orang per Hari!* Jakarta: <https://ekonomi.bisnis.com/read/20191121/98/1172892/wow-penumpang-krl-commuter-line-tembus-900.000-orang-per-hari>
- PT.KCI. *Perjalanan KRL*. Retrieved Februari 14, 2020, from KAI Commuter: <http://www.krl.co.id/>
- Radityani, S. L. (2016). *Pemodelan Jaringan dan Analisa Penjadwalan Kereta Api Komuter Di DAOP VI Yogyakarta dengan Menggunakan Aljabar Max-Plus*
- Rudhito, M. A. (2016). *ALJABAR MAX-PLUS DAN PENERAPANNYA*. Yogyakarta
- Rudi, A. (2016, February 4). *Mengapa KRL Commuter Line Rentan Gangguan*. Retrieved Juni 3, 2020, from <https://megapolitan.kompas.com/read/2016/02/04/07211541/Mengapa.KRL.Commuter.Line.Rentan.Gangguan.?page=2>
- Sahroji, A. (2017, September 28). Retrieved July 01, 2020, from Okezone: <https://nasional.okezone.com/amp/2017/09/27/337/1784214/selamat-hari-kereta-api-nasional-ini-uraian-sejarah-perkeretaapian-indonesia>
- Setiawan, S. R. (2020, January 1). *Imbas Banjir, Berikut Penyesuaian Perjalanan KRL Hari Ini*. Retrieved Juni 3, 2020, from <https://money.kompas.com/read/2020/01/01/112359726/imbas-banjir-berikut-penesuaian-perjalanan-krl-hari-ini>
- Subiono. (2015). *Aljabar Min-Max Plus dan Terapannya*. Surabaya
- Winarni. (2011). *PENJADWALAN JALUR BUS DALAM KOTA DENGAN PATRINET DAN ALJABAR MAX-PLUS*.