

## MODEL PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN PERUMAHAN MENGGUNAKAN PETRI NET DAN ALJABAR MAX-PLUS

Moh.Dody A Rauf<sup>1)</sup>, Nurwan<sup>2)</sup>, Lailany Yahya<sup>3)</sup>, Agusyarif Rezka Nuha<sup>4)</sup>

<sup>1)2)3)4)</sup>Program Studi Matematika Universitas Negeri Gorontalo, Jln Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie, Kabupaten Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

[doddyafndy@gmail.com](mailto:doddyafndy@gmail.com), [nurwan@ung.ac.id](mailto:nurwan@ung.ac.id), [lailany.yahya@ung.ac.id](mailto:lailany.yahya@ung.ac.id),  
[agusyarif@ung.ac.id](mailto:agusyarif@ung.ac.id)

### Abstract

Scheduling is an activity to determinate the time required and sequence of activity as well as to determine a completed project time target. Max-plus algebra constitutes one of the methods applicable to solve the scheduling problem. The research objective was to find out the Max-plus algebra model in housing construction and the optimum time in completing the housing construction project. The research applied data analysis method using a literature study and data collection. The research employed primary data. The research procedures were retrieving data of housing construction, petri net groove, seeking Max-plus algebra model, making Max-plus algebra matrix, processing data, and seeking Max-plus a critical path. The research finding achieved the optimum time in analyzing Max-plus algebra model for 62 days.

**Keywords:** Scheduling, Petri Net, Max-plus Algebra

### Abstrak

Penjadwalan adalah kegiatan untuk menentukan waktu yang dibutuhkan dan urutan kegiatan serta menentukan waktu proyek dapat diselesaikan. Aljabar Max-plus merupakan salah satu metode yang bisa digunakan dalam menyelesaikan masalah penjadwalan. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui model Aljabar Max-plus dalam pembangunan perumahan dan waktu optimum dalam menyelesaikan proyek pembangunan perumahan. solusi optimal waktu dalam pembangunan perumahan. Penelitian menggunakan metode Analisis data dengan menggunakan studi literatur dan pengumpulan data. Pada penelitian ini menggunakan data primer. Adapun prosedur dalam penelitian ini yaitu mengambil data pembangunan perumahan, membuat alur petri net, mencari model Aljabar Max-plus, membuat matriks Aljabar Max-plus, mengolah data, dan mencari jalur kritis. Hasil penelitian diperoleh waktu optimal menggunakan analisis model Aljabar Max-plus yaitu selama 62 hari.

**Kata Kunci :** Penjadwalan, Petri Net, Aljabar Max-plus

**Cara Menulis Sitasi:** Rauf, M., D., A., Nurwan, Yahya, L., & Nuha, Agusyarif, R. (2021). Model Penjadwalan Proyek Pembangunan Perumahan Menggunakan Petri Net dan aljabar Max-Plus. *Jurnal Edukasi dan Sains Matematika (JES-MAT)*, 7 (1),31- 42.

## PENDAHULUAN

Turek (2011) Berpendapat Aljabar Max-plus merupakan alat matematika, dimana operasi aritmatika penambahan diganti dengan menentukan maksimum, dan operasi perkalian digantikan oleh penambahan. Aljabar Max-plus sering digunakan dalam menganalisa dan mengontrol masalah-masalah pada sistem produksi perakitan, pengaturan jalur lalu lintas, sistem antrian dan sebagainya.

Setemen (2010) Berpendapat Pembuatan perumahan membutuhkan suatu perencanaan atau penjadwalan untuk meletakkan dasar sasaran proyek. Penjadwalan adalah bagaimana mengatur sejumlah komponen dengan tetapan dan syarat tertentu dalam satu waktu.

Menurut Rudhito (2016) Metode matematis yang dapat menyelesaikan masalah penjadwalan yaitu Aljabar Max-plus. Bentuk umum aljabar max-plus dengan sistem persamaan linear max-plus dapat menjadi acuan dalam menyelesaikan terapan aljabar dengan memperhatikan sifat-sifat dalam matrik dan vektor-vektornya.

Menurut Gunardi dkk, (2016) Aljabar Max-plus juga bisa diperhatikan beberapa parameter sekaligus dan dapat digunakan dalam menganalisis penjadwalan dari alur petri net yang telah dibuat. Jaringan petri berguna untuk pemodelan sistem dengan karakteristik sebagai berikut:

1. Proses tersebar.

Jika terdapat dua atau lebih proses dimana masing-masing proses memiliki hubungan yang bebas dan setiap proses dapat dijalankan secara bergantian dengan proses lain.

2. Proses sinkronisasi.

Proses penyatuan kembali suatu proses dari banyaknya proses yang terjadi.

3. Konflik

Susunan proses yang mungkin untuk dijalankan, tetapi hanya satu proses saja yang dapat dijalankan.

4. Penggerak event

Pada suatu sistem dapat ditunjukkan sebagai urutan dari event diskrit yang mana event sebelumnya merupakan penggerak untuk event selanjutnya dan urutan event ini juga harus diperhatikan.

Beberapa artikel yang menggunakan metode Aljabar max-plus yaitu penelitian yang dilakukan oleh Mustofani dkk (2018) tentang model antrian pelayanan farmasi menggunakan Aljabar max-plus, penelitian yang dilakukan oleh Subiono (2009) tentang Aljabar max-plus dan aplikasinya : model sistem antrian, penelirian yang dilakukan oleh Rafflesia (2012) tentang penerapan Aljabar max-plus pada sistem produksi meubel rotan, penelirian yang dilakukan oleh Nurwan (2017) tentang pemodelan sistem metabolisme menggunakan Aljabar max-plus, penelirian yang dilakukan oleh Novitasari (2011) tentang algoritma menentukan himpunan terbesar dari suatu matriks interval dalam Aljabar max-plus, penelirian yang dilakukan oleh Wibowo dkk (2018) tentang penerapan Aljabar max-plus pada pengaturan sistem antrian trafic light, penelirian yang dilakukan oleh Rakhmawati dkk (2017) tentang penerapan Aljabar max-plus pada permasalahan penjadwalan angkutan pedesaan di Jombang, penelirian yang dilakukan oleh Hasanah dkk (2015) tentang penggunaan Aljabar max-plus dalam pembentukan model matematis pada sistem penjadwalan praktikum laboratorium, penelirian yang dilakukan oleh Hardiyanti (2017) tentang

bentuk petri net dan model Aljabar max-plus pada sistem pelayanan pasien rawat jalan rumah sakit Al Huda Genteng Banyuwangi, penelitian yang dilakukan oleh Auliansyah dkk, (2018) tentang penjadwalan pada proses produksi tahu menggunakan metode aljabar Max-plus dan penelitian yang dilakukan oleh Suwanti(2017) tentang Penerapan min-plus Algebra pada penentuan rute tercepat distribusi susu.

Penelitian acuan yang saya gunakan yaitu penelitian Noor (2015) yang melakukan penelitian menggunakan metode Aljabar Max-plus untuk penjadwalan proyek menggunakan metode Aljabar Max-plus serta penelitian Nurmalitasari dkk,(2018) tentang mencari model Aljabar max-plus dan petri net pada sistem pelayanan pendaftaran ujian akhir semester.

## LANDASAN/KAJIAN TEORI

Noor (2015) berpendapat Aljabar Max-Plus adalah struktur aljabar yang terdiri dari himpunan bilangan real digabung dengan  $-\infty$  dengan operasi penjumlahan  $\oplus$  yang didefinisikan sebagai pengambilan nilai maksimum dan operasi perkalian  $\otimes$  yang didefinisikan sebagai operasi penjumlahan biasa pada himpunan bilangan real. Untuk lebih jelasnya, diberikan  $\mathbb{R}_{max} = \mathbb{R}_{max} \cup -\infty$  diberikan operasi,  $\oplus$  di dalam  $\mathbb{R}_{max}$  dengan  $x \oplus y = \max(x, y)$  dan operasi  $\otimes$  dalam  $\mathbb{R}_{max}$  dengan  $x \otimes y = x + y$ . Struktur aljabar yang terdiri dari himpunan  $\mathbb{R}_{max}$  dengan operasi biner  $\oplus$  dan  $\otimes$ , dinotasikan sebagai  $(\mathbb{R}_{max}, \oplus, \otimes)$ , disebut aljabar Max-plus.

Subiono (2015) menyatakan dengan operasi bilangan perkalian pada bilangan real. Pangkat aljabar Max-plus mempunyai

prioritas tertinggi dibandingkan operasi  $\oplus$  dan  $\otimes$  dalam hal urutan pengoperasian.

Rudhito (2016) mendefinisikan Pernyataan-pernyataan yang berlaku untuk sebarang skalar  $\alpha$  dan  $\beta$ , dan sebarang matriks  $A$ ,  $B$ , dan  $C$ , asalkan operasi yang dimaksud terdefinisi.

- a.  $(A \oplus B) \oplus C = A \oplus (B \oplus C)$
- b.  $A \oplus B = B \oplus A$
- c.  $(A \otimes B) \otimes C = A \otimes (B \otimes C)$
- d.  $A \otimes (B \oplus C) = (A \otimes B) \oplus (A \otimes C)$
- e.  $(A \oplus B) \otimes C = (A \otimes C) \oplus (B \otimes C)$
- f.  $\alpha \otimes A = A \otimes \alpha$
- g.  $\alpha \otimes (\beta \otimes A) = (\alpha \otimes \beta) \otimes A$
- h.  $\alpha \otimes (A \otimes B) = (\alpha \otimes A) \otimes B = A \otimes (\alpha \otimes B)$
- i.  $(\alpha \oplus \beta) \otimes A = (\alpha \otimes A) \oplus (\beta \otimes A)$
- j.  $\alpha \otimes (A \oplus B) = (\alpha \otimes A) \oplus (\alpha \otimes B)$
- k.  $A \oplus A = A$

Pada tahun 2015 Noor (2015) melakukan penelitian yang berjudul "Penjadwalan proyek menggunakan metode aljabar Max-plus". Dengan mengformulasikan data yang ada kedalam bentuk diagram. Kemudian membuat matriks-matriks Aljabar Max-plus dan menghitung  $X^*$  dengan mengoperasikan matriks-matriks Aljabar Max-plus menggunakan operasi  $\oplus$  yang akan mendapatkan hasil penyelesaian yang optimum. Dan yang terakhir mencari jalur kritis.

## METODE PENELITIAN

### Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini yaitu Analisis data dengan menggunakan studi literatur.

### Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2020 dan tempat pelaksanaan penelitian ini yaitu di perumahan Griya Solaria Indah III kota Gorontalo.

### Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara mewawancarai secara langsung pekerja yang bekerja dalam proses pembangunan perumahan tentang aktifitas-aktifitas pembangunan perumahan dan durasi waktu tiap aktifitas.

### Teknik Analisis Data

Data yang telah didapat, dibuatkan alur petri net sesuai dengan urutan aktifitas pengerjaan proyek perumahan. Alur petri net dibuat dengan menggunakan bantuan software PIPE V4.3.0. Kemudian alur petri net dibuatkan model Aljabar Max-plus untuk mengetahui durasi waktu tiap aktifitas pembangunan proyek perumahan. Selanjutnya model Aljabar Max-plus dibentuk kedalam matriks sehingga

menghasilkan matriks Aljabar Max-plus dari pembangunan perumahan. Kemudian dilanjutkan mengolah data yang dibantu software Scilab dengan membuat syntax sesuai dengan model Aljabar Max-plus dan memisalkan waktu awal  $T_1(0)$  sampai  $T_{15}(0)$  sama dengan nol serta memasukan nilai dari durasi-durasi waktu untuk setiap kegiatan. Dan yang terakhir mencari jalur kritis penjadwalan pembangunan perumahan.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Data dan Asumsi

Dalam pembangunan terdapat beberapa urutan kegiatan dan ada beberapa kegiatan yang bisa dikerjakan secara bersamaan. Durasi setiap kegiatan bermacam-macam dan jangka waktu dalam membangun 1 unit rumah memakan waktu 60 hari serta untuk membangun 10 rumah memakan waktu 5 bulan.

**Tabel 1. Data Waktu Proyek Pembangunan Rumah**

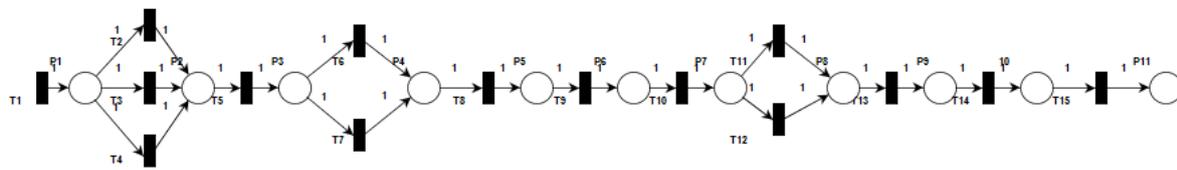
No.	Urutan Aktifitas	Simbol Aktifitas	Aktifitas Lanjutan	Durasi Waktu
1	Galian pondasi	A	B,C,D	2
2	Pasang pondasi	B	E	3
3	Pembesian	C	E	4
4	Pengecoran Sloof	D	E	2
5	Pekerjaan pintu dan jendela	E	F,G	3
6	Pengecoran ring balak	F	H	1
7	Pemasangan batu bata	G	H	9
8	Pemasangan rangka genteng	H	I	2
9	Pemasangan genteng	I	J	6
10	Pemasangan gewel	J	K,L	3
11	Pemlesteran	K	M	7
12	Pemasangan plafon	L	M	2
13	Pemasangan ubin	M	N	3
14	Pengecetan	N	O	3
15	<i>finishing</i>	O	-	2

Untuk membatasi masalah yang akan diteliti, maka digunakan asumsi-asumsi berikut:

1. Rumah yang akan dibangun, ukurannya sama semua.
2. Bahan yang akan digunakan mencukupi.
3. Setiap kegiatan punya pekerja masing-masing.
4. Rumah yang dibangun aman dan layak huni

### Alur Petri Net

Dengan menggunakan metode pada penelitian sebelumnya Nurmalitasari dkk(2018), setelah mengumpulkan data peneliti membuat alur petri net. Kemudian dilanjutkan membuat model Aljabar Max-plus dan dibentuk kedalam matriks Aljabar Max-plus.



**Gambar 1.** Petri Net Pembangunan Proyek Perumahan

Petri net pada Gambar 1 terdiri dari transisi(T) dan place(P). Dimana transisi-transisi dijelaskan sebagai berikut.

- a. T1 menyatakan waktu mulainya pekerjaan galian pondasi.
- b. T2 menyatakan waktu mulainya pekerjaan pasang pondasi.
- c. T3 menyatakan waktu mulainya pekerjaan pembesian.
- d. T4 menyatakan waktu mulainya pekerjaan pengecoran sloof.
- e. T5 menyatakan waktu mulainya pekerjaan pintu dan jendela.
- f. T6 menyatakan waktu mulainya pekerjaan pengecoran ring balak.
- g. T7 menyatakan waktu mulainya pekerjaan pemasangan batu bata.
- h. T8 menyatakan waktu mulainya pekerjaan pemasangan rangka genteng.
- i. T9 menyatakan waktu mulainya pekerjaan pemasangan genteng.
- j. T10 menyatakan waktu mulainya pekerjaan pemasangan gewel.

- k. T11 menyatakan waktu mulainya pekerjaan pemlesteran.
- l. T12 menyatakan waktu mulainya pekerjaan pemasangan plafon.
- m. T13 menyatakan waktu mulainya pekerjaan pemasangan ubin.
- n. T14 menyatakan waktu mulainya pekerjaan pengecatan.
- o. T15 menyatakan waktu mulainya pekerjaan *finishing*.

Sedangkan place-place pada petri net yaitu,

- a. P1 proses penyelesaian pekerjaan galian pondasi.
- b. P2 proses penyelesaian pekerjaan pasang pondasi, pembesian, pengecoran sloof.
- c. P3 proses penyelesaian pekerjaan pintu dan jendela.
- d. P4 proses penyelesaian pekerjaan pengecoran ring balak dan pemasangan batu bata.
- e. P5 proses penyelesaian pekerjaan pemasangan rangka genteng.

- f. P6 proses penyelesaian pekerjaan pemasangan genteng.
- g. P7 proses penyelesaian pekerjaan pemasangan gewel.
- h. P8 proses penyelesaian pekerjaan pemlesteran dan pemasangan plafon.
- i. P9 proses penyelesaian pekerjaan pemasangan ubin.
- j. P10 proses penyelesaian pekerjaan pengecatan.
- k. P11 proses penyelesaian pekerjaan *finishing*.

### Model Aljabar Max-plus

Model Aljabar Max-plus untuk mengetahui durasi waktu tiap aktifitas pembangunan proyek perumahan. Berikut merupakan model dari Aljabar Max-plus.

1.  $T_1(k) = v_1 \otimes T_1(k - 1)$
2.  $T_2(k) = v_2 \otimes T_1(1)$
3.  $T_3(k) = v_3 \otimes T_1(1)$
4.  $T_4(k) = v_4 \otimes T_1(1)$
5.  $T_5(k) = v_5 \otimes (T_2(k) \oplus T_3(k) \otimes T_4(k))$
6.  $T_6(k) = v_6 \otimes T_5(k)$
7.  $T_7(k) = v_7 \otimes T_5(k)$
8.  $T_8(k) = v_8 \otimes (T_6(k) \oplus T_7(k))$
9.  $T_9(k) = v_9 \otimes T_8(k)$
10.  $T_{10}(k) = v_{10} \otimes T_9(k)$
11.  $T_{11}(k) = v_{11} \otimes T_{10}(k)$
12.  $T_{12}(k) = v_{12} \otimes T_{10}(k)$
13.  $T_{13}(k) = v_{13} \otimes (T_{11}(k) \oplus T_{12}(k))$
14.  $T_{14}(k) = v_{14} \otimes T_{13}(k)$   
 $T_{15}(k) = v_{14} \otimes T_{14}(k)$

Adapun kererangan variabel-variabel yang digunakan sebagai berikut:

$T_1$  = Waktu mulai pekerjaan galian pondasi

$T_2$  = Waktu mulai pekerjaan pasang pondasi

$T_3$  = Waktu mulai pekerjaan pembesian

$T_4$  = Waktu mulai pekerjaan pengecoran sloof

$T_5$  = Waktu mulai pekerjaan pintu dan jendela

$T_6$  = Waktu mulai pekerjaan pengecoran ring balok

$T_7$  = Waktu mulai pekerjaan pengecoran batu bata

$T_8$  = Waktu mulai pekerjaan pemasangan rangka genteng

$T_9$  = Waktu mulai pekerjaan pemasangan genteng

$T_{10}$  = Waktu mulai pekerjaan pemasangan gewel

$T_{11}$  = Waktu mulai pekerjaan pemlesteran

$T_{12}$  = Waktu mulai pekerjaan pemasangan plafon

$T_{13}$  = Waktu mulai pekerjaan pemasangan ubin

$T_{14}$  = Waktu mulai pekerjaan pengecatan

$T_{15}$  = Waktu mulai pekerjaan *finishing*

$v_1$  = Durasi proses pekerjaan galian pondasi

$v_2$  = Durasi proses pekerjaan pasang pondasi

$v_3$  = Durasi proses pekerjaan pembesian

$v_4$  = Durasi proses pekerjaan pengecoran sloof

$v_5$  = Durasi proses pekerjaan pintu dan jendela

$v_6$  = Durasi proses pekerjaan pengecoran ring balok

$v_7$  = Durasi proses pekerjaan pengecoran batu bata

$v_8$  = Durasi proses pekerjaan pemasangan rangka genteng

$v_9$  = Durasi proses pekerjaan pemasangan genteng

$v_{10}$  = Durasi proses pekerjaan gewel

$v_{11}$  = Durasi proses pekerjaan pemlesteran

$v_{12}$  = Durasi proses pekerjaan pemasangan plafon

$v_{13}$  = Durasi proses pekerjaan pemasangan ubin

$v_{14}$  = Durasi proses pekerjaan pengecatan

$v_{15}$  = Durasi proses pekerjaan finishing

### Matrix Aljabar Max-plus

Model Aljabar Max-plus dibentuk kedalam matriks sehingga menghasilkan matriks Aljabar Max-plus dari pembangunan perumahan.

$$\begin{pmatrix} T_1(k) \\ T_2(k) \\ T_3(k) \\ T_4(k) \\ T_5(k) \\ T_6(k) \\ T_7(k) \\ T_8(k) \\ T_9(k) \\ T_{10}(k) \\ T_{11}(k) \\ T_{12}(k) \\ T_{13}(k) \\ T_{14}(k) \\ T_{15}(k) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \otimes v_1 \\ v_3 \otimes v_1 \\ v_4 \otimes v_1 \\ \alpha \oplus \beta \oplus \gamma \\ v_6 \otimes x_4 \\ v_7 \otimes x_4 \\ \sigma \oplus \mu \\ v_9 \otimes x_7 \\ v_{10} \otimes x_8 \\ v_{11} \otimes x_9 \\ v_{12} \otimes x_9 \\ \delta \oplus \theta \\ v_{14} \otimes x_{12} \\ v_{15} \otimes x_{13} \end{pmatrix} \otimes (T_1(k-1))$$

Keterangan yang ada pada matriks Aljabar Max-plus sebagai berikut:

$$x_1 = v_2 \otimes v_1$$

$$x_2 = v_3 \otimes v_1$$

$$x_3 = v_4 \otimes v_1$$

$$x_4 = (\alpha \oplus \beta \oplus \gamma)$$

$$x_5 = v_6 \otimes x_4$$

$$x_6 = v_7 \otimes x_4$$

$$x_7 = (\sigma \oplus \mu)$$

$$x_8 = v_9 \otimes x_7$$

$$x_9 = v_{10} \otimes x_8$$

$$x_{10} = v_{11} \otimes x_9$$

$$x_{11} = v_{12} \otimes x_9$$

$$x_{12} = (\delta \oplus \theta)$$

$$x_{13} = v_{14} \otimes x_{12}$$

$$x_{14} = v_{15} \otimes x_{13}$$

$$\alpha = v_5 \otimes x_1$$

$$\beta = v_5 \otimes x_2$$

$$\gamma = v_5 \otimes x_3$$

$$\sigma = v_8 \otimes x_5$$

$$\mu = v_8 \otimes x_6$$

$$\sigma = v_{13} \otimes x_{10}$$

$$\theta = v_{13} \otimes x_{10}$$

### Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan cara memasukan model Aljabar Maxplus pada *software* Scilab. Model Aljabar Max-plus disimulasi dengan menggunakan *software* Scilab dengan durasi waktu sesuai data pada Tabel 1. Hasil dari pengolahan data menggunakan *software* Scilab sebagai berikut.

. Tabel 2. Hasil Pengolahan Data Menggunakan Scilab

No.	Urutan Kegiatan	Pekerjaan Selesai(hari)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Galian pondai	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
2.	Pasang pondasi	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
3.	Pembesian	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4.	Pengecoran sloof	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
5.	Pekerjaan pintu dan jendela	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
6.	Pengecoran ring balak	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
7.	Pemasangan batu bata	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
8.	Pemasangan rangka genteng	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
9.	Pemasangan Genteng	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44
10.	Pemasangan gewel	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47
11.	Pemlesteran	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
12.	Pasang plafon	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49
13.	Pemasangan ubin	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57
14.	Pengecetan	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
15.	<i>Finishing</i>	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62

Penentuan nilai pada Tabel 2 berdasarkan hasil dari pengolahan data menggunakan *software* scilab yang bisa dilihat pada lampiran 3. Dengan hasil perhitungan, dapat dilihat waktu selesai pengerjaan tiap kegiatan. Galian pondasi pada rumah pertama selesai pada hari ke 2, pasang pondasi pada rumah pertama selesai pada hari ke 5, pembesian pada rumah pertama selesai pada hari ke 6, pengecoran sloof pada rumah pertama selesai pada hari ke 4, pekerjaan pintu dan jendela pada rumah pertama selesai pada hari ke 9, pengecoran ring balak pada rumah pertama selesai pada hari ke 10, batu bata pada rumah pertama selesai pada hari ke 18, pemasangan rangka genteng pada rumah pertama selesai pada hari ke 20, pemasangan genteng pada rumah pertama selesai pada hari ke 26, pemasangan gewel pada rumah pertama selesai pada hari ke

29, Pemlesteran pada rumah pertama selesai pada hari ke 36, pasang plafon pada rumah pertama selesai pada hari ke 31, pemasangan ubin pada rumah pertama selesai pada hari ke 39, pengecetan pada rumah pertama selesai pada hari ke 42, serta *finishing* pada rumah pertama selesai pada hari ke 44. Demikian juga waktu penyelesaian tiap kegiatan rumah-rumah yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.2 dengan waktu total penyelesaian sepuluh rumah dengan waktu selama 62 hari.

#### Jalur Kritis

Untuk menemukan jalur kritis dari proses pembangunan proyek perumahan, diperlukan nilai dari matriks  $X, X^2, X^3, X^4, X^5, X^6, X^7, X^8, X^9, X^{10}, X^{11}, X^{12}, X^{13}, X^{14}, X^{15}$  untuk mendapatkan hasil dari  $X^*$  yang mengikuti metode dari penelitian sebelumnya Noor(2015).



$$X^* = \begin{matrix} & \alpha & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & \omega \\ \alpha & (-\infty & 0 & 2 & 2 & 2 & 6 & 9 & 9 & 18 & 20 & 26 & 29 & 29 & 36 & 39 & 42 & 44) \\ 1 & (-\infty & -\infty & 2 & 2 & 2 & 6 & 9 & 9 & 18 & 20 & 26 & 29 & 29 & 36 & 39 & 42 & 44) \\ 2 & (-\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & 3 & 6 & 6 & 15 & 17 & 23 & 26 & 26 & 33 & 36 & 39 & 41) \\ 3 & (-\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & 4 & 7 & 7 & 16 & 18 & 24 & 27 & 27 & 34 & 37 & 40 & 42) \\ 4 & (-\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & 2 & 5 & 5 & 14 & 16 & 22 & 25 & 25 & 32 & 35 & 38 & 40) \\ 5 & (-\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & 3 & 3 & 12 & 14 & 20 & 23 & 23 & 30 & 33 & 36 & 38) \\ 6 & (-\infty & -\infty & 1 & 3 & 9 & 12 & 12 & 19 & 22 & 25 & 27) \\ 7 & (-\infty & -\infty & 9 & 11 & 17 & 20 & 20 & 27 & 30 & 33 & 35) \\ 8 & (-\infty & -\infty & 2 & 8 & 11 & 11 & 18 & 21 & 24 & 26) \\ 9 & (-\infty & -\infty & 6 & 9 & 9 & 16 & 19 & 22 & 24) \\ 10 & (-\infty & -\infty & 3 & 3 & 10 & 13 & 16 & 18) \\ 11 & (-\infty & -\infty & 7 & 10 & 13 & 15) \\ 12 & (-\infty & -\infty & 2 & 5 & 8 & 10) \\ 13 & (-\infty & -\infty & 3 & 6 & 8) \\ 14 & (-\infty & -\infty & 3 & 5) \\ 15 & (-\infty & -\infty & 2) \\ \omega & (-\infty & -\infty & -\infty) \end{matrix}$$

Gambar 3. Matriks  $X^*$

Vektor rute terjauh diperoleh dengan cara menjumlahkan elemen-elemen yang ada pada matriks  $X^*$ , yaitu baris pertama  $x_{ai}^*$  dengan kolom terakhir  $x_{i\omega}^*$ .

$$V = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \\ v_6 \\ v_7 \\ v_8 \\ v_9 \\ v_{10} \\ v_{11} \\ v_{12} \\ v_{13} \\ v_{14} \\ v_{15} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 + 44 \\ 2 + 41 \\ 2 + 42 \\ 2 + 40 \\ 6 + 38 \\ 9 + 27 \\ 9 + 35 \\ 18 + 26 \\ 20 + 24 \\ 26 + 18 \\ 29 + 15 \\ 29 + 10 \\ 36 + 8 \\ 39 + 5 \\ 42 + 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 44 \\ 43 \\ 44 \\ 42 \\ 44 \\ 36 \\ 44 \\ 44 \\ 44 \\ 44 \\ 44 \\ 39 \\ 44 \\ 44 \\ 44 \end{pmatrix}$$

Gambar 4. Vektor Rute Terjauh

Setelah memperoleh vektor rute terjauh, selanjutnya mencari vektor *slack* dengan menjumlahkan nilai pada matriks  $X^*$  ( $x_{\alpha\omega}^*$ ) ke setiap elemenn vektor rute terjauh( $v_i$ ).

$$S = \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ s_5 \\ s_6 \\ s_7 \\ s_8 \\ s_9 \\ s_{10} \\ s_{11} \\ s_{12} \\ s_{13} \\ s_{14} \\ s_{15} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 44 - 44 \\ 44 - 43 \\ 44 - 44 \\ 44 - 42 \\ 44 - 44 \\ 44 - 36 \\ 44 - 44 \\ 44 - 44 \\ 44 - 44 \\ 44 - 44 \\ 44 - 44 \\ 44 - 39 \\ 44 - 44 \\ 44 - 44 \\ 44 - 44 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 2 \\ 0 \\ 8 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 5 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

**Gambar 5.** Vektor *Slack*

Elemen yang bernilai 0 pada vektor slack adalah jalur kritis. Maka didapat jalur kritisnya yaitu 1-3-5-7-8-9-10-11-13-14-15. Dan elemen yang selain bernilai 0 pada vektor slack adalah waktu toleransi. Sehingga dapat diartikan aktifitas pekerjaan pasang pondasi dapat ditunda selama 1 hari, aktifitas pekerjaan pengecoran sloof dapat ditunda selama 2 hari, aktifitas pekerjaan pengecoran ring balak dapat ditunda selama 8 hari, dan aktifitas pekerjaan pasang plafon dapat ditunda selama 5 hari.

Berdasarkan paparan di atas Petri Net dan aljabar Max-plus dapat juga digunakan dalam penjadwalan proyek pembangunan perumahan. Hal ini sejalan dengan Noor (2015) yang menyatakan bahwa metode aljabar Max-plus dapat digunakan untuk penjadwalan proyek. didukung penelitian Auliansyah dkk, (2018) yang menggunakan metode aljabar Max-plus untuk penjadwalan pada proses produksi tahu.

**SIMPULAN DAN SARAN**

**Simpulan**

Berdasarkan pembahasan, model dari penjadwalan pembangunan perumahan yaitu tercantum pada model Aljabar Max-plus pada bab 4 subbab model Aljabar Max-plus. Analisis model Aljabar Max-plus pada alur petri net pembangunan proyek perumahan Griya Solaria Indah III, diperoleh waktu penyelesaian dari awal mulai galian pondasi pada rumah pertama sampai selesai “finishing” pada rumah ke sepuluh membutuhkan waktu 62 hari dengan jalur kritisnya 1-3-5-7-8-9-10-11-13-14-15 dan terdapat beberapa kegiatan yang mempunyai waktu toleransi, yaitu pekerjaan pasang pondasi, pengecoran sloof dan pasang plafon yang masing masing durasinya 1 hari, 2 hari, 8 hari, dan 5 hari.

**Saran**

Pada penelitian ini menggunakan asumsi setiap pekerjaan mempunyai pekerja masing-masing sehingga belum

memperhatikan jumlah pekerja. Oleh karena itu pada penelitian selanjutnya, untuk dapat memperhatikan jumlah pekerja yang ada.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Auliansyah, Rafflesia, U., & Fauzi, Y. (2018). Penjadwalan Proses Produksi Pada Industri Tahu Menggunakan Metode Aljabar Max-Plus. *Universitas Bengkulu*, 61–67.
- Gunardi, Y., & Supegina, Fi. (2016). Simulasi Navigasi Kendali Robot Otonom Menggunakan Petri Net. *Teknologi Elektro*, 7(3), 181–186.
- Hardiyanti, S. A., Yuniwati, I., & Yustita, A. D. (2017). Bentuk Petri Net Dan Model Aljabar Max Plus Pada Sistem Pelayanan Pasien Rawat Jalan Rumah Sakit Al Huda Genteng, Banyuwangi. *Jurnal UJMC (Unisda Journal of Mathematics and Computer Science)*, 3(2), 1–8.
- Hasanah, U., & Putrawangsa, S. (2015). Penggunaan Aljabar MaxPlus Dalam Pembentukan Model Matematis Pada Sistem Penjadwalan Praktikum Laboratorium. *Beta*, 8(2), 66–78.
- Mustofani, D., & Afif, A. (2018). Model Antrian Pelayanan Farmasi Menggunakan Petri Net dan Aljabar Max Plus. *Jurnal Matematika & Pendidikan Matematika*, 3(1), 33–43.
- Noor, A. median lavandi. (2015). *Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode Aljabar Max-Plus*. Institut Pertanian Bogor.
- Novitasari, R. (2011). Algoritma Menentukan Himpunan Terbesar Dari Suatu Matriks Interval Dalam Aljabar Max-Plus. *Jurnal Matematika*, 14(3), 132–136.
- Nurmalitasari, D., & Rayungsari, M. (2018). Model Aljabar Max Plus dan Petri Net Pada Sistem Pelayanan Pendaftaran Ujian Akhir Semester. *Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 9(2), 47–56.
- Nurwan. (2017). Pemodelan Sistem Metabolisme Menggunakan Aljabar Max Plus. *Seminar Nasional Matematika Dan Pembelajaran Matematika*, 71–77.
- Rafflesia, U. (2012). Penerapan Aljabar Max-Plus Pada Sistem Produksi Meubel Rotan. *Jurnal Gradien*, 8(1), 775–779.
- Rahmawati, N., & Febriyanti, R. (2017). Penerapan Aljabar Max-Plus pada Permasalahan Penjadwalan Angkutan Perdesaan di Jombang. *Jurnal Matematika "MANTIK,"* 3(2), 51–56.
- Ruditho, M. A. (2016). *Aljabar Max-Plus Dan Penerapannya*. Universitas Sanata Dharma.
- Setemen, K. (2010). Implementasi Algoritma Genetika Dalam Pengembangan Sistem Aplikasi Penjadwalan Kuliah. *Jurnal IKA*, 8(1), 56–68.
- Subiono. (2009). Aljabar Maxplus dan Aplikasinya Model Sistem Antrian. *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, 6(1), 49–59.
- Subiono. (2015). *Aljabar Min-Max Plus dan Terapannya*. Intitute Teknologi Sepuluh November.
- Suwanti, V., Bintoto, P., & Dinullah, R. N. I. (2017). Penerapan Min Plus Algebra Pada Penentuan Rute Tercepat Distribusi Susu. *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, 14(2), 103–112.
- Turek, M. (2011). Solving Selected Traffic Problems In The Max-Plus Algebra. *Journal of Information Control and Management System*, 9(1), 25–28.
- Wibowo, A., WIjayanti, K., & Veronica, R. B. (2018). Penerapan Aljabar Max-Plus Pada Pengaturan Sistem Antrian Traffic Light. *UNNES Journal Of Mathematics*, 7(2), 192–205.