

Penjadwalan Proyek Rumah Dengan Menggunakan Metode CPM Pendekatan Aljabar Max Plus

Eka Susilowati*¹, Bryan Pudji Hartono²
^{1,2}Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap
e-mail: eka250@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan jalur kritis dengan fungsi kritis dan jadwal kerja menggunakan pendekatan aljabar CPM max plus pada proyek perumahan tipe 84 dengan dimensi 7m x 12m di desa Amahusu Kota Ambon. Penelitian ini dilaksanakan karena ingin mengetahui penjadwalan proyek dengan metode CPM pendekatan aljabar max plus sehingga pembangunan proyek dapat diminimalisir biaya dan waktunya. Dalam penelitian ini data yang diambil adalah data primer dari penelitian yang penjadwalan proyek metode CPM yang telah dilakukan di kota Ambon. Hasil penelitian yang telah dicapai bahwa penjadwalan proyek pembangunan rumah yang dilakukan adalah Galian Pondasi, Pasang Pondasi, Pekerjaan Kusen, Pintu, dan Jendela, Pemasangan Genteng, Plamir, Pengecatan, dan Finishing. Total waktu yang dibutuhkan sampai selesai pengerjaan proyek ini adalah 136 hari.

Kata kunci— Aljabar Max Plus, Penjadwalan, Proyek, CPM

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi dan kebutuhan pembangunan di berbagai sektor berkembang sangat cepat dan pesat. Hal ini semakin terasa pengaruhnya di daerah-daerah yang masih berkembang, terutama di Indonesia bagian timur. Proyek merupakan suatu rangkaian kegiatan yang dimulai dari aktivitas awal, yang akan dilaksanakan serta diselesaikan dalam jangka waktu tertentu untuk mencapai suatu tujuan. Swasta dan pemerintah berlomba-lomba melaksanakan pembangunan, baik pembangunan pribadi maupun pembangunan kesejahteraan daerah. Kegiatan pembangunan tersebut dapat berupa proyek seperti proyek gedung perkantoran, proyek pembangunan jalan tol, proyek pembangunan jalan layang, proyek pembangunan rumah tinggal dan masih banyak lagi proyek infrastruktur lainnya yang sedang dibangun.

Implementasi proyek membutuhkan perencanaan yang canggih, penjadwalan dan manajemen waktu dari kegiatan proyek. Terwujudnya suatu proyek pembangunan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kapasitas yang unggul, ketersediaan alat dan bahan yang sesuai dengan standar kerja proyek, serta kondisi alam yang mendukung terwujudnya proyek tersebut. Faktor-faktor tersebut juga dapat menyebabkan ketepatan waktu penyelesaian dapat dicapai atau tidak, sesuai dengan perencanaan waktu awal. Sebuah proyek telah dirancang proses pengerjaannya dan diharapkan harus terselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan serta hasil proyek harus sesuai dengan yang sudah direncanakan. Keberhasilan sebuah proyek dapat dilihat dari kesesuaian waktu, serta hasil akhir yang sesuai dengan keinginan.

Penjadwalan proyek dapat membantu untuk memperlihatkan hubungan antar aktivitas yang dilakukan proyek tersebut. Penjadwalan ini juga berfungsi untuk mendahulukan proses perjalanan sebuah aktivitas terdahulu sebelum aktivitas berikutnya di jalankan (Ilwaru *et al.*, 2018). Salah satu metode penjadwalan yang dapat digunakan adalah CPM (*Critical Path Method*). Teknik CPM digunakan berdasarkan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki proyek masa lalu untuk memprediksi secara akurat waktu yang dibutuhkan untuk berbagai kegiatan selama pelaksanaan proyek (Cyntia, 2020). Penggunaan CPM diasumsikan jumlah waktu pengerjaan proyek, hubungan antara sumber yang digunakan dan waktu yang diperlukan dalam pengerjaan proyek dianggap diketahui dengan pasti (Nalhadi & Suntana, 2017).

Proyek rumah ini dibangun atas dasar permintaan pemilik yang harus segera dipenuhi. Kebutuhan rumah sederhana ini akan sangat membantu pemilik rumah dalam urusan tempat tinggal, sehingga akan terasa nyaman saat di huni dengan waktu pembangunan yang seefisien mungkin (Ilwaru *et al.*, 2018). Dengan mempertimbangkan kualitas, biaya, dan terutama waktu yang seefisien mungkin maka diharapkan pemilik rumah akan merasa puas dengan bangunan rumah yang akan diperoleh.

Penelitian tentang metode CPM telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, salah satu penelitian tentang penjadwalan proyek dengan hanya menggunakan metode CPM yang dilakukan oleh (Nalhadi & Suntana, 2017), (Ilwaru *et al.*, 2018), (Perdana & Rahman, 2019). Selain hanya menggunakan metode CPM juga digunakan metode CPM dan PERT untuk menentukan penjadwalan proyek (Maharesi, 2002) (Yuwono *et al.*, 2021) (Sahril, 2022) (Bangun, 2016) (Setiawati *et al.*, 2017) (Prabowo, 2020) (Utomo, 2021). Sejalan dengan penelitian tersebut juga telah dilakukan penelitian tentang penjadwalan proyek menggunakan Aljabar Max Plus (Yahya *et al.*, 2022).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, masih sangat terbatas penelitian dengan menggunakan metode CPM dengan pendekatan aljabar max plus berbantuan program MATLAB. Operasi penjumlahan aljabar max plus didefinisikan sebagai operasi maximum dan penggandaannya sebagai operasi penjumlahan biasa (Rudhito, 2016). Dengan demikian, elemen $\varepsilon = -\infty$ merupakan elemen identitas terhadap penjumlahan. Sistem persamaan linear min plus seperti yang dikemukakan (Rudhito, 2016) yang nantinya digunakan untuk memperoleh lintasan kritis proyek. Dalam jurnal (Ilwaru *et al.*, 2018) ditentukan penjadwalan proyek dengan menggunakan CPM. Peneliti tertarik menggunakan data waktu setiap proses pembangunan rumah tersebut namun dengan menggunakan metode CPM pendekatan aljabar max plus.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan pertama penelitian yang digunakan dengan mengumpulkan beberapa data waktu setiap tahapan proses pembangunan rumah. Data tersebut diperoleh dari jurnal (Ilwaru *et al.*, 2018). Tahapan kedua penelitian untuk metode aljabar max plus adalah menentukan nama aktivitas proyek, yang menjadi verteks – verteks dalam graf berarah. Verteks – verteks merupakan yang merupakan aktivitas persimpangan. Selanjutnya, diberikan nama verteks yang menyimbolkan aktivitas persimpangan tersebut. Setelah itu, gambar graf berarah secara utuh dari setiap rute yang dipilih. Pembobotan antar vertikal merupakan waktu yang dibutuhkan dari satu aktivitas ke aktivitas yang lain.

Tahapan selanjutnya adalah menentukan jalur kritis dalam pembangunan proyek rumah tersebut. Jalur kritis merupakan jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama. Graf berarah berbobot diubah kedalam matriks representasi.

- Langkah pertama dengan penyusunan program Matlab berdasarkan algoritma CPM pada teknik perhitungan maju dan teknik perhitungan mundur, namun menggunakan pendekatan aljabar max plus.
- Pembahasan diawali dengan menentukan waktu mulai paling awal untuk setiap verteks i dapat dilalui termasuk dalam teknik perhitungan maju dengan pendekatan aljabar max plus..

Misalkan $ES_i = x_i^e$ menyatakan saat-mulai paling awal yang berasal dari titik i

$$A_{ij} = \begin{cases} \text{waktu aktifitas dari titik } j \text{ ke titik } i, & \text{jika } (j,i) \in A \\ \varepsilon (= -\infty), & \text{jika } (j,i) \notin A \end{cases}$$

Dalam pembahasan ini diasumsikan bahwa aktivitas jaringan dimulai pada titik 1 pada saat waktu sama dengan nol, yaitu $x_1^e = 0$ sehingga dapat ditulis

$$x_i^e = \begin{cases} 0, & \text{jika } i=1 \\ \max_{1 \leq j \leq n} (A_{ij} + x_j^e), & \text{jika } i > 1 \end{cases}$$

Dengan menggunakan notasi pada aljabar max plus, dapat ditulis sebagai berikut :

$$x_i^e = \begin{cases} 0, & \text{jika } i=1 \\ \oplus_{1 \leq j \leq n} (A_{ij} \otimes x_j^e), & \text{jika } i > 1 \end{cases}$$

Untuk memperoleh waktu mulai paling awal untuk setiap verteks i dapat dilalui, dipergunakan suatu teorema sebagai berikut :

Teorema 1

Diberikan suatu jaringan proyek dengan n verteks dan A merupakan matriks representasi dari graf berbobot berarah jaringan proyek tersebut. Vektor waktu paling cepat verteks i dapat dilalui diberikan oleh

$$\mathbf{x}^e = (E \oplus A \oplus \dots \oplus A^{n-1}) \otimes \mathbf{b}^e$$

dimana $\mathbf{b}^e = (0, \varepsilon, \varepsilon, \dots, \varepsilon)^T$ dan $\mathbf{x}^e = (x_1^e, x_2^e, \dots, x_n^e)^T$. Lebih lanjut, x_n^e merupakan waktu minimal untuk menyelesaikan proyek.

- c. Setelah mendapatkan waktu minimal untuk menyelesaikan proyek, akan ditentukan saat-penyelesaian paling lambat (latest completion time) untuk semua kegiatan yang datang ke titik i . Pembahasan dilakukan dengan mengadopsi teknik perhitungan mundur (backward) seperti pada metode CPM, dengan menggunakan pendekatan aljabar-max-plus.

Misalkan $LC_i = x_i^l$ merupakan saat menyelesaikan paling lambat semua kegiatan yang datang ke i

$$B_{ij} = \begin{cases} \text{waktu aktifitas dari titik } i \text{ ke titik } j, & \text{jika } (j,i) \in A \\ \varepsilon (= -\infty), & \text{jika } (j,i) \notin A \end{cases}$$

Kita asumsikan jika $x_n^l = x_n^e$ sehingga dapat ditulis

$$x_i^l = \begin{cases} x_n^e, & \text{jika } i=n \\ \min_{1 \leq j \leq n} (-B_{ij} + x_j^l), & \text{jika } i < n \end{cases}$$

Dengan menggunakan notasi pada aljabar max plus maka persamaan diatas dapat ditulis

$$-x_i^l = \begin{cases} -x_n^e, & \text{jika } i=n \\ \max_{1 \leq j \leq n} (B_{ij} - x_j^l), & \text{jika } i > n \end{cases}$$

Apabila diperhatikan $B = A^T$ dengan A matriks bobot graf berarah berbobot jaringan tersebut.

Sehingga untuk menghitung B^* dengan menghitung $(A^T)^*$. Cara menghitung $(A^T)^*$ sebagai berikut :

Dalam perhitungan mundur pada metode CPM pendekatan aljabar max plus dibutuhkan teorema berikut.

Teorema 2

Jika suatu jaringan proyek dengan waktu aktivitas tegas mempunyai n titik, maka vektor saat-penyelesaian paling lambat untuk semua kegiatan yang datang ke titik i diberikan oleh

$$\mathbf{x}^l = -\left((A^T)^* \otimes \mathbf{b}^l \right)$$

di mana A adalah matriks bobot dari graf berarah berbobot jaringan tersebut dan vektor

$$\mathbf{b}^l = (\varepsilon, \varepsilon, \dots, -x_n^e)^T$$

- d. Sama halnya yang telah dikenal dalam Riset Operasi, selanjutnya dibahas mengenai waktu senggang atau waktu mengambang. Terdapat dua jenis waktu mengambang yang dibahas pada penelitian ini, yaitu waktu mengambang total (total float time) dan waktu mengambang bebas (free float time). Pada penjelasan sebelumnya, telah didefinisikan saat-mulai paling lambat (latest start (LS) time) dan saat-penyelesaian paling cepat (earliest completion (EC) time) untuk setiap aktivitas (i, j) dalam jaringan dengan

$$LS_{ij} = LC_j - A_{ji} \text{ dan } EC_{ij} = ES_i + A_{ji}$$

Waktu mengambang total merupakan besarnya tenggang waktu yang masih dimungkinkan untuk terjadi keterlambatan selesainya aktivitas tersebut, tanpa harus mempengaruhi waktu minimal penyelesaian proyek. Secara matematis waktu mengambang total untuk aktifitas $(i, j) \in A$, yang dilambangkan dengan TF_{ij} didefinisikan sebagai selisih antara waktu maksimum yang tersedia untuk melakukan aktivitas tersebut dengan waktu aktivitasnya, yaitu

$$TF_{ij} = (LC_j - ES_i) - A_{ji} = (x_j^l - x_i^e) - A_{ji}$$

Waktu mengambang bebas merupakan besarnya tenggang waktu yang masih dimungkinkan pada suatu aktivitas untuk dilakukan penundaan tanpa perlu mempengaruhi saat dimulainya aktivitas berikutnya. Secara matematis waktu mengambang bebas untuk aktifitas $(i, j) \in A$, yang dilambangkan dengan FF_{ij} dengan mengasumsikan semua kegiatan dimulai sedini mungkin, didefinisikan sebagai kelebihan waktu yang tersedia di sepanjang aktivitasnya, yaitu

$$FF_{ij} = (ES_j - ES_i) - A_{ji} = (x_j^e - x_i^e) - A_{ji}$$

Jika dituliskan dalam bentuk matriks akan diperoleh matriks waktu ambang $FF = EJ - EI - A^T$ dengan EJ adalah matriks dengan semua kolomnya adalah vektor x^e dan EI adalah matriks dengan semua barisnya adalah vektor baris $(x^e)^T$.

Selanjutnya diperhatikan aktivitas $(i, j) \in A$ dengan waktu mengambang totalnya $TF_{ij} = 0$, hal ini berarti waktu maksimum yang ada untuk dapat menjalankan aktivitas tersebut sama dengan waktu aktivitasnya. Dengan kata lain tidak ada waktu senggang antara saat-mulai paling cepat dan saat-mulai paling lambat penyelesaian aktivitas tersebut. Aktifitas seperti ini dikatakan sebagai aktivitas kritis. Misalkan P adalah himpunan semua lintasan di dalam S dari titik 1 ke titik n . Berdasarkan pada (Rudhito, 2016) diperoleh definisi lintasan kritis sebagai berikut :

Definisi 3.

Suatu aktifitas $(i, j) \in A$ dalam jaringan proyek S disebut aktivitas kritis jika $TF_{ij} = 0$

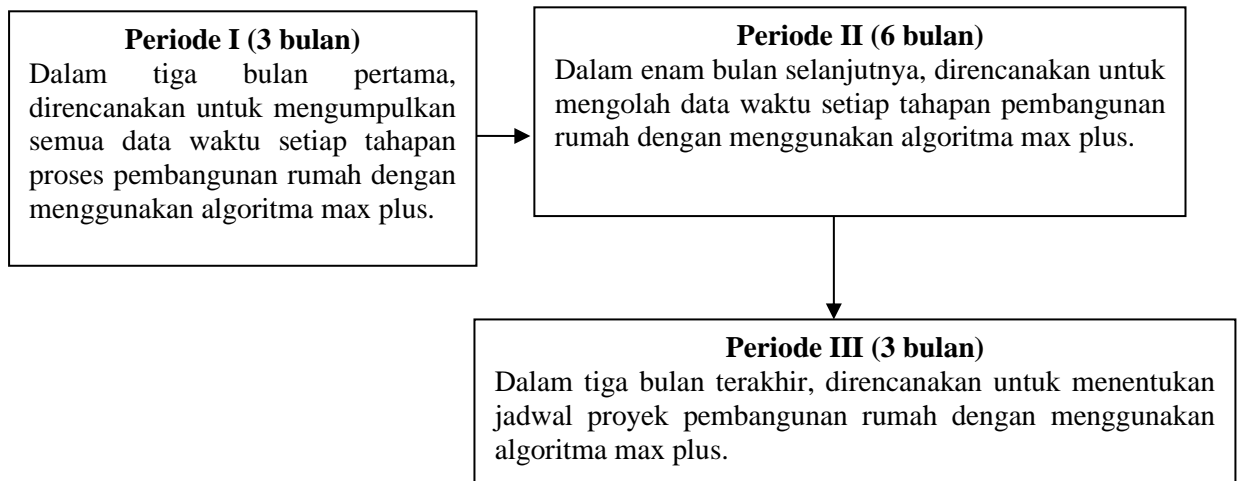
Definisi 4

Suatu lintasan $P \in P$ dalam jaringan proyek S disebut lintasan kritis jika semua aktifitas yang terletak dalam p merupakan aktivitas kritis.

Berdasarkan Definisi 3 dan Definisi 4 yang dijelaskan di atas, maka didapat teorema berikut yang merupakan teorema yang menjelaskan lintasan kritis.

Teorema 5

Suatu lintasan $P \in P$ merupakan lintasan kritis jika dan hanya jika p mempunyai bobot maksimum, yaitu sama dengan x_n^e



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian Selama Dua Periode

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

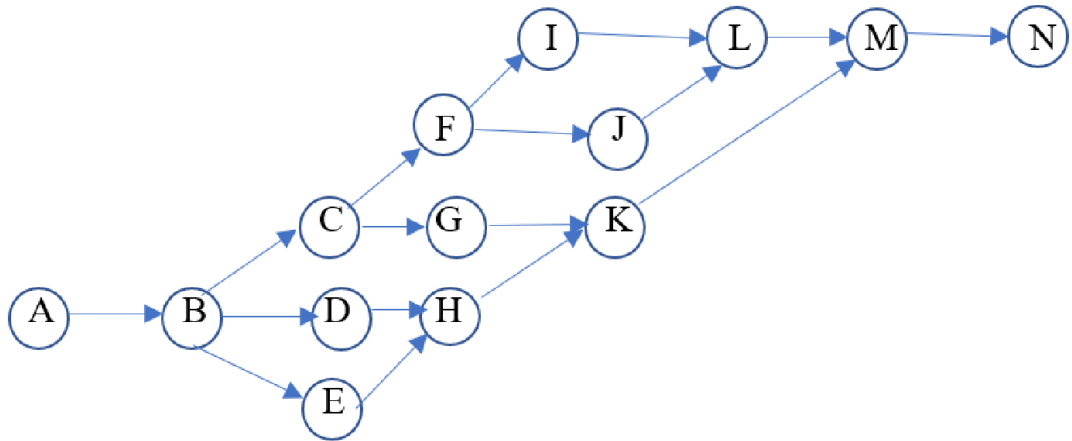
Penelitian yang dilakukan oleh (Ilwaru *et al.*, 2018), Proyek pembangunan rumah ini dikerjakan sampai selesai selama 238 hari oleh 6 pekerja yang terdiri dari tiga pekerja tukang dan tiga pekerja kuli. Pada proyek ini bahan bangunan yang diperlukan sebagian sudah disediakan oleh pemilik rumah.. Alat alat yang digunakan untuk membangun rumah sebagian sudah disediakan oleh pemilik proyek. Dalam pembahasan ini data yang digunakan adalah data primer yang diperoleh langsung dari hasil wawancara antara peneliti dan pemilik proyek yang telah tercantum dalam (Ilwaru *et al.*, 2018). Data yang digunakan berupa urutan nama aktivitas pekerjaan, aktivitas lanjutan, data durasi waktu tercepat dan data durasi waktu normal sebagaimana data di bawah ini.

Tabel 1. Rekapitulasi Aktivitas Proyek

No	Urutan Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Aktivitas Lanjutan	Durasi (hari) waktu normal
1.	Awal aktivitas	-	A	0
2.	Galian Pondasi	A	B	3
3.	Pasang Pondasi	B	C	7
4.	Pembesian	B	D	4
5.	Pengecoran Slop	B	E	2
6.	Pekerjaan Kusen, Pintu, dan Jendela	C	F	14
7.	Pemasangan Batu Bata	C	G	30
8.	Pengecoran Ring Balak	D	H	7
9.	Pemasangan Gewel (Segitiga Rumah)	C	H	7
10.	Pemasangan Ring Usuk(Gorden)	F	I	3
11.	Pemasangan Genteng	F	J	5
12.	Pemlesteran	G	K	14
13.	Pemasangan Plafon	H	K	14
14.	Pemasangan Instalasi Listrik	I	L	7
15.	Plamir	J	L	40
16.	Pengecatan	L	M	7

No	Urutan Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Aktivitas Lanjutan	Durasi (hari) waktu normal
17.	Pemasangan Keramik	K	M	14
18.	Finishing	M	N	60

Berdasarkan data di atas, jika digambarkan dalam bentuk graf sebagai berikut:



Matriks yang bersesuaian dengan graf di atas adalah

$$\begin{pmatrix}
 -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & \infty & \infty \\
 3 & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & \infty & \infty \\
 -\infty & 7 & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & \infty & \infty \\
 -\infty & 4 & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & \infty & \infty \\
 -\infty & 2 & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & \infty & \infty \\
 -\infty & -\infty & 14 & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty \\
 \infty & \infty & 30 & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty \\
 \infty & \infty & -\infty & 7 & 7 & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty \\
 \infty & \infty & -\infty & -\infty & -\infty & 3 & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty \\
 \infty & \infty & -\infty & -\infty & -\infty & 5 & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty \\
 \infty & \infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & 14 & 14 & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty \\
 \infty & \infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & 7 & 40 & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty \\
 \infty & \infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & 14 & 7 & -\infty & -\infty \\
 \infty & \infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & -\infty & 60 & -\infty
 \end{pmatrix}$$

Hasil yang ditampilkan setelah program Matlab dijalankan adalah sebagai berikut :

1, Matriks di bawah ini adalah matriks yang berkorespondensi dengan graf berbobotnya.

```

Matriks A =
-Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
  3 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
-Inf  7 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
-Inf  4 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
-Inf  2 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
-Inf -Inf 14 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
-Inf -Inf 30 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
-Inf -Inf -Inf  7  7 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
-Inf -Inf -Inf -Inf -Inf  3 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
-Inf -Inf -Inf -Inf -Inf  5 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
-Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf 14 14 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
-Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf  7 40 -Inf -Inf -Inf -Inf
-Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf 14  7 -Inf -Inf
-Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf 60 -Inf
    
```

2. Selanjutnya, matrik A^* hasil perhitungannya.

```

A_star =
  0 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
  3  0 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
 10  7  0 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
  7  4 -Inf  0 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
  5  2 -Inf -Inf  0 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
 24 21 14 -Inf -Inf  0 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
 40 37 30 -Inf -Inf -Inf  0 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
 14 11 -Inf  7  7 -Inf -Inf  0 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
 27 24 17 -Inf -Inf  3 -Inf -Inf  0 -Inf -Inf -Inf -Inf -Inf
 29 26 19 -Inf -Inf  5 -Inf -Inf -Inf  0 -Inf -Inf -Inf -Inf
 54 51 44 21 21 -Inf 14 14 -Inf -Inf  0 -Inf -Inf -Inf
 69 66 59 -Inf -Inf 45 -Inf -Inf  7 40 -Inf  0 -Inf -Inf
 76 73 66 35 35 52 28 28 14 47 14  7  0 -Inf
136 133 126 95 95 112 88 88 74 107 74 67 60  0
    
```

3. Tampilan output selanjutnya adalah waktu mulai paling awal dari titik ke i

```
ESi =  
    0  
    3  
   10  
    7  
    5  
   24  
   40  
   14  
   27  
   29  
   54  
   69  
   76  
  136
```

4. Selanjutnya akan muncul waktu selesai paling lambat untuk semua kegiatan yang datang ke titik j

LCj =

0
3
10
41
41
24
48
48
62
29
62
69
76
136

5. berikut ditampilkan tabel aktivitas dan waktu mengambang.

TABEL WAKTU AKTIFITAS DAN WAKTU MENGAMBANG:

i	j	Aji	ESi	ECij	LSij	LCj	TFij	FFij		
1	2	3	0	3	0	3	0	0		
2	3	7	3	10	3	10	0	0		
2	4	4	3	7	37	41	34	0		
2	5	2	3	5	39	41	36	0		
3	6	14	10	24	10	24	0	0		
3	7	30	10	40	18	48	8	0		
4	8	7	7	14	41	48	34	0		
5	8	7	5	12	41	48	36	2		
6	9	3	24	27	59	62	35	0		
6	10	5	24	29	24	29	0	0		
7	11	14	40	54	48	62	8	0		
8	11	14	14	28	48	62	34	26		
9	12	7	27	34	62	69	35	35		
10	12	40	29	69	29	69	0	0		
11	13	14	54	68	62	76	8	8		
12	13	7	69	76	69	76	0	0		
13	14	60	76	136	76	136	0	0		

6. Selanjutnya dapat dilihat aktivitas kritisnya

AKTIFITAS KRITIS :

i	j	Aji	ESi	ECij	LSij	LCj	TFij	FFij		
1	2	3	0	3	0	3	0	0		
2	3	7	3	10	3	10	0	0		
3	6	14	10	24	10	24	0	0		
6	10	5	24	29	24	29	0	0		
10	12	40	29	69	29	69	0	0		
12	13	7	69	76	69	76	0	0		
13	14	60	76	136	76	136	0	0		

Berdasarkan dengan tampilan output di atas, aktivitas kritis yang dilakukan adalah A – B – C – F – J – L – M – N . Hal tersebut menandakan penjadwalan proyek pembangunan rumah yang dilakukan adalah Galian Pondasi - Pasang Pondasi - Pekerjaan Kusen, Pintu, dan Jendela - Pemasangan Genteng – Plamir – Pengecatan – Finishing. Total waktu yang dibutuhkan sampai selesai pengerjaan proyek ini adalah 136 hari. Hal tersebut diperoleh dari menjumlahkan waktu yang diperlukan pada setiap aktivitas yang ada pada lintasan kritisnya. Jika melihat lagi pada hasil penelitian yang dilakukan (Ilwaru *et al.*, 2018) yang penjadwalan proyek yang dicari dengan menggunakan metode CPM biasa tidaklah jauh berbeda dengan penjadwalan proyek yang dicari dengan menggunakan metode CPM pendekatan aljabar max plus.

4. KESIMPULAN

Penjadwalan proyek pembangunan rumah yang dilakukan adalah Galian Pondasi - Pasang Pondasi - Pekerjaan Kusen, Pintu, dan Jendela - Pemasangan Genteng – Plamir – Pengecatan – Finishing. Total waktu yang dibutuhkan sampai selesai pengerjaan proyek ini adalah 136 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Bangun, V. H. (2016). *Analisa Perbandingan Waktu Penjadwalan Proyek Dengan Metode CPM (Critical Path Method) dan PERT (Project Evaluation and Review Technique)*. 94. <https://repository.unugha.ac.id/498/>
- Cynthia, O.U., (2020). Implementation of Project Evaluation and Review Technique (PERT) and Critical Path Method (CPM): A Comparative Study. *International Journal of Industrial and Operations Research*. Res 3:004. 1-9. <https://10.35840/2633-8947/6504>
- Utomo, F. P., & Mulyono, M. (2021). Penjadwalan ulang proyek konstruksi menggunakan metode PDM dan CPM (studi kasus pada pembangunan Toserba Yogya di Pekalongan). *Unnes Journal of Mathematics*, 63-74.
- Ilwaru, V. Y. I., Rahakbauw, D. L., & Tetimelay, J. (2018). Penjadwalan Waktu Proyek Pembangunan Rumah Dengan Menggunakan Cpm (Critical Path Method). *Barekeng: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 12(2), 061–068. <https://doi.org/10.30598/vol12iss2pp061-068ar617>
- Maharesi, R. (2002). Penjadwalan Proyek Dengan Menggabungkan Metode PERT Dan CPM Retno Maharesi. *KOMMIT 2002*, 51–60.
- Nalhadi, A., & Suntana, N. (2017). Analisa Infrastruktur Desa Sukaci-Baros Dengan Metode Critical Path Method (CPM). *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 1(1), 35-42. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v1i1.167>

- Perdana, S., Rahman, A. (2019). PENERAPAN MANAJEMEN PROYEK DENGAN METODE CPM (*Critical Path Method*) PADA PROYEK PEMBANGUNAN SPBE. *Amaliah: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 3(1). 242-250.
- Prabowo, H. (2021). *OPTIMALISASI PROJECT MANAGEMENT PADA PT. CIPTA EKATAMA NUSANTARA MENGGUNAKAN METODE CPM/PERT DALAM PEMBANGUNAN PERUMAHAN CENDANA SAWANGAN REGENCY* (Doctoral dissertation, Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia Jakarta).
- Rudhito, M. A. (2020). *Aljabar max-plus dan penerapannya*. Sanata Dharma University Press.
- Sahril, S. (2022). *Analisis Manajemen Waktu Menggunakan Metode CPM Dan PERT Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru-Bangkinang* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- Setiawati, S., Syahrizal, & Rezky, A. D. (2017). Penerapan Metode CPM Dan PERT Pada Penjadwalan Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Rehabilitasi / Perbaikan Dan Peningkatan Infrastruktur Irigasi Daerah Lintas Kabupaten/Kota D.I Pekan Dolok). *Jurnal Teknik Sipil USU*, 6(1), 1–14. <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jts/article/viewFile/16596/7011>
- Yahya, L., Nurwan., Resmawan. (2022). Menentukan Waktu Optimal untuk Pembuatan Kerajinan Sulaman Karawo Menggunakan Aljabar Max-Plus. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika*.4(1). 23-34. <https://doi.org/10.30736/voj.v4i1.442>
- Yuwono, W., Kaukab, M. E., & Mahfud, Y. (2021). Kajian Metode PERT-CPM dan Pemanfaatannya dalam Manajemen Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek. *Journal of Economic, Management, Accounting and Technology*, 4(2), 192–214. <https://doi.org/10.32500/jematech.v4i2.1925>