

## Analisis Waktu Dan Biaya Proyek Pembangunan NSAP (*New Sulphuric Acid Plant*) Dengan Metode Earned Value.

Arif Al Mahdi<sup>1\*</sup>, R. Dimas Endro Witjonarko, S.T., M.T.<sup>2</sup>, Edi Haryono S.T., M.T.<sup>3</sup>

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>1\*2</sup>

Program studi D-III Teknik Permesinan kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: [arifal@student.ppns.ac.id](mailto:arifal@student.ppns.ac.id)<sup>1\*</sup>; [dimasend@ppns.ac.id](mailto:dimasend@ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [edi.haryono@ppns.ac.id](mailto:edi.haryono@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>;

**Abstract** – In Gresik, East Java, a New Sulphuric Acid Plant (NSAP) construction project with a capacity of 1.350 TPD is underway. However, the project has faced delays due to labor shifts across different work areas, leading to a decline in project performance. If the project is delayed, the company faces a penalty of 0,1% per day of the contract value. This study evaluates the performance of the NSAP project at a copper smelting company in Gresik using the Earned Value method. The Earned Value method is crucial in managing construction projects like NSAP to enhance control, monitoring, and efficiency. The project, with a budget of Rp 44.450.000.000, is scheduled to be completed in 13 months. By the 13th month, the Schedule Performance Index (SPI) was 0,90 (<1), indicating a delay of 9,512%. The Cost Performance Index (CPI) was 1,03 (>1), showing that the actual cost of Rp 38.896.768.171 was below the budget, making the project more cost-efficient despite the extended timeline. The project is expected to be delayed by 38 days, with a final estimated cost of Rp 42.985.536.316. After rescheduling using the PDM method, it was determined that the project could be completed on schedule without incurring late fees.

**Keyword:** Cost Performance Index (CPI), Earned Value, Project Performance, Schedule Performance Index (SPI), PDM.

### Nomenclature

<b>CPI</b>	Cost Performance Index
<b>SPI</b>	Schedule Performance Index
<b>EAC</b>	Estimate at Complete
<b>ETC</b>	Estimate to Completion
<b>TE</b>	Time Estimate
<b>PDM</b>	Precedence Diagram Method

### 1. PENDAHULUAN

Pelaksanaan proyek konstruksi melibatkan serangkaian kegiatan yang saling bergantung. Semakin besar proyek, semakin tinggi tingkat kompleksitasnya. Beberapa faktor yang menyebabkan perubahan durasi dan penyelesaian proyek meliputi perubahan desain, kondisi lokasi, kekurangan tenaga kerja, manajemen perizinan alat berat yang buruk, dan kurangnya kerjasama yang efektif antar vendor. Pekerjaan konstruksi *New Sulphuric Acid Plant* dijadwalkan selesai dalam 13 bulan. Hal tersebut menyebabkan keterlambatan di beberapa *scope* pekerjaan dan mengakibatkan performa kegiatan proyek berada pada kondisi yang buruk. Apabila terjadi keterlambatan perusahaan akan mendapatkan denda *penalty* sebesar 0,1% perhari dari nilai kontrak. Selama konstruksi, keterlambatan terjadi akibat alokasi perpindahan sumber daya antar *scope* pekerjaan untuk memenuhi permintaan prioritas yang harus diselesaikan terlebih dahulu. Tapi kenyataann yang ada itu berbalik dari *schedule* yang telah direncanakan sebelumnya dan menyebabkan

keterlambatan pada proses pekerjaan. Oleh karena itu, diperlukan analisis untuk mempertimbangkan berbagai variabel pekerjaan yang terkait dengan sumber daya seperti waktu dan biaya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja proyek dari segi biaya dan waktu menggunakan metode *Earned Value*. Kemudian dilakukan penjadwalan ulang pada pekerjaan yang mengalami *delay* dan mendeskripsikan aktivitas jaringan kerja yang baik dengan metode PDM (*Precedence Diagram Method*).

### 2. METODOLOGI.

#### 2.1 Tahap Identifikasi Awal

Pada tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada berdasarkan dari analisa pengamatan dan pemikiran sehingga dapat diangkat sebagai sebuah penelitian. Penelitian ini menggunakan metode *Earned Value* digunakan untuk menghasilkan kinerja proyek serta estimasi waktu dan biaya penyelesaian proyek. Selain itu, menggunakan pendekatan penjadwalan ulang untuk mengetahui durasi proyek dan pekerjaan yang mengalami *delay*. Hubungan ketergantungan antar kegiatan digambarkan dengan metode jaringan kerja *Precedence Diagram Method* (PDM).

#### 2.2 Indikator Pada *Earned Value*

Konsep dasar nilai hasil dapat dipergunakan untuk menganalisis kinerja dan membuat perkiraan pencapaian sasaran. Indikator yang digunakan adalah jadwal anggaran (*planned value*), nilai hasil (*earned value*) dan

biaya aktual (*actual cost*). [2]

1. *Planned Value* (PV)

Merupakan anggaran biaya yang dialokasikan berdasarkan rencana kerja yang telah disusun terhadap waktu tertentu. Disebut juga dengan BCWS (*Budget Cost of Work Scheduled*). PV dapat dihitung dari akumulasi anggaran biaya yang direncanakan untuk pekerjaan dalam periode waktu tertentu.

2. *Earned Value* (EV)

Merupakan nilai yang diterima dari penyelesaian pekerjaan selama periode waktu tertentu. Disebut juga BCWP (*Budget Cost of Work Performed*). EV ini dapat dihitung berdasarkan akumulasi dari pekerjaan-pekerjaan yang telah diselesaikan.

3. *Actual Cost* (AC)

Merupakan representasi dari keseluruhan pengeluaran yang dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan dalam periode tertentu. Atau disebut juga dengan ACWP (*Actual Cost of Work Performed*). AC dapat berupa kumulatif hingga periode perhitungan kinerja atau jumlah biaya pengeluaran dalam waktu tertentu.

### 2.3 Analisis Varians

Analisis varians digunakan untuk mengukur sejauh mana hasil yang diproyeksikan sesuai dengan perkiraan. Analisis varians meliputi: [2]

1. *Schedule Varians*

*Schedule Variance* (SV) adalah selisih antara pekerjaan yang telah diselesaikan dengan pekerjaan yang direncanakan. Nilai *Schedule Variance* dihitung dengan mengurangkan *Earned Value* (EV) dengan *Planned Value* (PV).  

$$SV = EV - PV$$

2. *Cost Varians*

*Cost Variance* (CV) adalah selisih antara nilai yang diperoleh setelah menyelesaikan bagian pekerjaan dengan nilai aktual dari pelaksanaan proyek. *Cost Variance* (CV) diperoleh dengan mengurangkan *Earned Value* (EV) dengan *Actual Cost* (AC).  

$$CV = EV - AC$$

### 2.4 Analisis Index Performance

Dengan menghitung nilai *Cost Performance* dan *Schedule Performance Index* akan menggambarkan performa pekerjaan. [2]

1. *Schedule Performance Index* (SPI)

*Schedule Performance Index* (SPI) adalah factor efisiensi kinerja dalam menyelesaikan suatu pekerjaan. Nilai SPI diperoleh dari perbandingan *Earned Value* (EV) dengan *Planned Value* (PV).  

$$SPI = EV / PV$$

Dimana,

SPI = 1 Proyek tepat waktu

SPI < 1 Proyek terlambat

SPI > 1 Proyek lebih cepat

2. *Cost Performance Index* (CPI)

*Cost Performance Index* (CPI) adalah faktor efisiensi biaya yang telah dikeluarkan. Nilai CPI diperoleh dari perbandingan *Earned Value* (EV) dengan *Actual Cost* (AC).  

$$CPI = EV / AC$$

Dimana,

CPI = 1 Biaya sesuai rencana

CPI < 1 Biaya lebih kecil/hemat

CPI > 1 Biaya lebih besar/boros

### 2.5 Prakiraan Waktu dan Biaya Penyelesaian Akhir Proyek

Setelah memperoleh nilai *Cost Performance Index* (CPI) dan *Schedule Performance Index* (SPI), kedua nilai ini dapat digunakan untuk memperkirakan biaya akhir proyek dan waktu penyelesaian proyek. Ada tiga variabel yang akan dianalisis untuk memperkirakan biaya akhir proyek, yaitu *Estimate To Complete* (ETC), *Estimate At Completion* (EAC), dan *Time Estimate* (TE). [2]

1. ETC

ETC Merupakan perkiraan biaya untuk pekerjaan tersisa, dengan asumsi bahwa kecenderungan kinerja proyek akan tetap sampai dengan akhir proyek.

$$ETC = (BAC - EV) / CPI$$

Dimana, BAC (*Budget at Completion*) adalah biaya yang telah dianggarkan untuk proyek.

2. EAC

Merupakan perkiraan biaya total pada akhir proyek yang diperoleh dari *Actual Cost* (AC) ditambah dengan *Estimate to Complete* (ETC).  

$$EAC = ETC + AC$$

3. *Time Estimate*

*Time Estimate* merupakan waktu prediksi penyelesaian proyek. [1] Asumsi yang digunakan untuk memprediksi waktu penyelesaian adalah kecenderungan kinerja proyek akan tetap seperti pada saat terakhir perhitungan.  

$$TE = D / SPI$$

Dimana, D adalah durasi total rencana proyek.

### 2.6 Precedence Diagram Method

*Precedence Diagram Method* adalah teknik yang digunakan untuk membuat model jadwal di mana setiap kegiatan diwakili oleh node dan dihubungkan secara grafis oleh satu atau lebih hubungan logis untuk menunjukkan urutan pelaksanaan kegiatan. Berikut adalah hubungan – hubungan didalam metode PDM. [3]

a. *Finish to Start* (FS)

Adalah hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Misalnya, *Hydrotest* (penerus) tidak dapat dimulai sampai NDT selesai (pendahulu).

b. *Finish to Finish* (FF)

Adalah hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu.

Misalnya, *Chipping Padding* (pendahulu) harus selesai sebelum *Erection* (penerus) dapat selesai.

c. *Start to Start* (SS)

Adalah hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Misalnya, *Welding* (penerus) tidak dapat dimulai sampai *Fit Up* (pendahulu) dimulai.

d. *Start to Finish* (SF)

Adalah hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Misalnya, NDT baru harus dimulai sebelum *Hydrotest* diselesaikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran Umum Proyek

Proyek Pembangunan NSAP (*New Sulphuric Acid Plant*) 1.350 TPD Memiliki harga total pekerjaan senilai Rp 44.450.000.000 Dengan rencana waktu pelaksanaan selama 13 bulan terhitung Oktober 2022 – Oktober 2023.

3.2. Analisis Indikator *Earned Value*

Dengan metode *earned value* Analisa kinerja Proyek dapat dianalisa melalui tiga indikator, yaitu *Planned Value* (PV), *Earned Value* (EV) dan *Actual Cost* (AC). Berikut perhitungan indikator pada *earned value*:

1. Perhitungan *Planned Value*

*Planned Value* (PV) dihitung dengan mengalikan persentase bobot kemajuan rencana setiap bulan dengan nilai *Budget At Completion* (BAC). Nilai *Budget At Completion* (BAC) adalah nilai keseluruhan kontrak proyek. Berikut contoh perhitungan *Planned Value* pada bulan ke - 6:

$$PV \text{ bulan ke } - 6 = \% \text{ bobot rencana bulan ke } - 6 \times BAC$$

$$= 16,308\% \times Rp 44.450.000.000$$

$$= Rp 7.249.128.153$$

Untuk perhitungan bulan selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama seperti perhitungan diatas. Tabel 3.1 Perhitungan *Planned Value* bulan ke-1 sampai bulan ke-13.

Tabel 3. 1 Perhitungan *Planned Value* bulan ke 1 – 13.

Bulan Ke	NILAI CONTRACT	PLANNED VALUE			
		Per Bulan		Kumulatif	
		WF %	Nilai (IDR)	WF %	Nilai (IDR)
1	Rp 44,450,000,000	0.203%	Rp 90,179,853	0.203%	Rp 90,179,853
2	Rp 44,450,000,000	0.406%	Rp 180,359,705	0.609%	Rp 270,539,558
3	Rp 44,450,000,000	5.075%	Rp 2,255,694,100	5.683%	Rp 2,526,233,657
4	Rp 44,450,000,000	14.947%	Rp 6,643,875,046	20.630%	Rp 9,170,108,703
5	Rp 44,450,000,000	17.754%	Rp 7,891,620,037	38.384%	Rp 17,061,728,740
6	Rp 44,450,000,000	16.308%	Rp 7,249,128,153	54.693%	Rp 24,310,856,894
7	Rp 44,450,000,000	10.771%	Rp 4,787,565,603	65.463%	Rp 29,098,422,497
8	Rp 44,450,000,000	10.157%	Rp 4,514,995,408	75.621%	Rp 33,613,417,904
9	Rp 44,450,000,000	8.875%	Rp 3,944,989,499	84.496%	Rp 37,558,407,403
10	Rp 44,450,000,000	6.546%	Rp 2,909,677,089	91.042%	Rp 40,468,084,492
11	Rp 44,450,000,000	5.503%	Rp 2,445,986,621	96.545%	Rp 42,914,071,113
12	Rp 44,450,000,000	2.526%	Rp 1,122,939,993	99.071%	Rp 44,037,011,106
13	Rp 44,450,000,000	0.929%	Rp 412,988,894	100.000%	Rp 44,450,000,000

Dari table 3.1 dapat dilihat kumulatif pada bulan terakhir sama dengan nilai anggaran proyek.

2. Perhitungan *Earned Value*

*Earned Value* (EV) dapat dihitung dengan cara mengalikan presentase kumulatif progres realisasi dengan jumlah rencana anggaran biaya pada suatu pekerjaan (BAC). Berikut contoh perhitungan *Earned Value* pada bulan ke - 6:

$$EV \text{ bulan ke } - 6 = \% \text{ bobot realisasi bulan ke } - 6 \times BAC$$

$$= 20,902\% \times Rp 44.450.000.000$$

$$= Rp 9.291.102.501$$

Untuk perhitungan bulan selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama seperti perhitungan diatas. Tabel 3.2 memperlihatkan perhitungan *Earned Value* bulan ke 1 – 13.

Tabel 3. 2 Perhitungan *Earned Value* bulan 1 - 13

Bulan Ke	NILAI CONTRACT	Per Bulan		Kumulatif	
		WF %	Nilai (IDR)	WF %	Nilai (IDR)
1	Rp 44,450,000,000	0.183%	Rp 81,551,834	0.183%	Rp 81,551,834
2	Rp 44,450,000,000	1.220%	Rp 542,381,432	1.404%	Rp 623,933,267
3	Rp 44,450,000,000	1.615%	Rp 718,077,144	3.019%	Rp 1,342,010,411
4	Rp 44,450,000,000	7.335%	Rp 3,260,198,174	10.354%	Rp 4,602,208,585
5	Rp 44,450,000,000	5.704%	Rp 2,535,624,281	16.058%	Rp 7,137,832,866
6	Rp 44,450,000,000	20.902%	Rp 9,291,102,501	36.960%	Rp 16,428,935,367
7	Rp 44,450,000,000	8.026%	Rp 3,567,508,545	44.986%	Rp 19,996,443,912
8	Rp 44,450,000,000	9.006%	Rp 4,003,302,327	53.993%	Rp 23,999,746,239
9	Rp 44,450,000,000	9.810%	Rp 4,360,606,254	63.803%	Rp 28,360,352,493
10	Rp 44,450,000,000	9.134%	Rp 4,060,224,898	72.937%	Rp 32,420,577,391
11	Rp 44,450,000,000	8.100%	Rp 3,600,490,467	81.037%	Rp 36,021,067,858
12	Rp 44,450,000,000	4.466%	Rp 1,985,284,615	85.504%	Rp 38,006,352,473
13	Rp 44,450,000,000	4.984%	Rp 2,215,580,144	90.488%	Rp 40,221,932,617

Dari tabel 3.2 dapat dilihat pada bulan terakhir bobot progress realisasi sebesar 90.488% dengan nilai Rp 40.221.932.617, hal ini mengindikasikan keterlambatan dari jadwal rencana.

3. Perhitungan *Actual Cost*

*Nilai Actual Cost* didapatkan dari total biaya langsung, biaya tidak langsung, dan *overhead* yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan aktivitasnya selama periode tertentu.

Tabel 3. 3 Perhitungan *Actual Cost* bulan ke 1 – 13.

Bulan Ke	DIRECT	INDIRECT	OVERHEAD	ACTUAL COST/ BULAN	KUMULATIF ACTUAL COST
1	Rp 70,365,726	Rp 317,266,968	Rp 4,696,154	Rp 392,328,848	Rp 392,328,848
2	Rp 467,985,343	Rp 317,266,968	Rp 4,696,154	Rp 789,948,465	Rp 1,182,277,313
3	Rp 619,581,643	Rp 317,266,968	Rp 4,696,154	Rp 941,544,765	Rp 2,123,822,079
4	Rp 2,813,011,150	Rp 317,266,968	Rp 4,696,154	Rp 3,134,974,272	Rp 5,258,796,350
5	Rp 2,187,823,788	Rp 317,266,968	Rp 4,696,154	Rp 2,509,786,910	Rp 7,768,583,260
6	Rp 8,016,682,607	Rp 317,266,968	Rp 4,696,154	Rp 8,338,645,729	Rp 16,107,228,989
7	Rp 3,078,169,001	Rp 317,266,968	Rp 4,696,154	Rp 3,400,132,123	Rp 19,507,361,112
8	Rp 3,454,186,856	Rp 317,266,968	Rp 4,696,154	Rp 3,776,149,978	Rp 23,283,511,090
9	Rp 3,769,573,015	Rp 317,266,968	Rp 4,696,154	Rp 4,091,536,138	Rp 27,375,047,228
10	Rp 3,503,301,607	Rp 317,266,968	Rp 4,696,154	Rp 3,825,264,729	Rp 31,200,311,956
11	Rp 3,106,626,936	Rp 317,266,968	Rp 4,696,154	Rp 3,428,590,059	Rp 34,628,902,015
12	Rp 1,712,261,205	Rp 317,266,968	Rp 4,696,154	Rp 2,034,224,327	Rp 36,663,126,342
13	Rp 1,911,678,707	Rp 317,266,968	Rp 4,696,154	Rp 2,233,641,829	Rp 38,896,768,171

3.3 Analisis Varians

Dengan analisis varians akan menggambarkan performa suatu pekerjaan.

1. Perhitungan *Cost Variance*

*Cost Variance* (CV) diperoleh dengan mengurangi *Earned Value* (EV) dengan *Actual Cost* (AC). Berikut adalah perhitungan *Cost Variance* untuk untuk bulan ke-6:

$$CV \text{ bulan 6} = \text{Earned Value (EV)} - \text{Actual Cost (AC)}$$

$$= Rp 16.428.935.367 - Rp 16.107.228.989$$

= Rp 321.706.378

Nilai positif *Cost Variance* menunjukkan biaya yang dikeluarkan lebih kecil dari anggaran rencana. Tabel 3.4 memperlihatkan hasil perhitungan *Cost Variance* pada bulan ke-1 sampai bulan ke-13:

Tabel 3. 4 Perhitungan *Cost Varians* bulan ke 1 – 13.

Bulan ke	PERIODE			KUMULATIF		
	Earned Value	Actual Cost	Cost Varians	Earned Value	Actual Cost	Cost Varians
	A	B	A - B	C	D	C - D
1	Rp 81.551,834	Rp 392.328,848	-Rp 310.777,014	Rp 81.551,834	Rp 392.328,848	-Rp 310.777,014
2	Rp 542.381,432	Rp 789.948,465	-Rp 247.567,033	Rp 623.933,267	Rp 1.182.277,313	-Rp 558.344,047
3	Rp 718.077,144	Rp 941.544,765	-Rp 223.467,621	Rp 1.342.010,411	Rp 2.123.822,079	-Rp 781.811,668
4	Rp 3.260.198,174	Rp 3.134.974,272	Rp 125.223,902	Rp 4.602.208,585	Rp 5.238.796,350	-Rp 636.587,765
5	Rp 2.535.624,281	Rp 2.509.786,910	Rp 25.837,371	Rp 7.137.832,866	Rp 7.768.583,260	-Rp 630.750,395
6	Rp 9.291.102,501	Rp 8.338.645,729	Rp 952.456,772	Rp 16.428.935,367	Rp 16.107.228,989	Rp 321.706,378
7	Rp 3.567.508,545	Rp 3.400.132,123	Rp 167.376,422	Rp 19.996.443,912	Rp 19.507.361,112	Rp 489.082,800
8	Rp 4.003.302,327	Rp 3.776.149,978	Rp 227.152,349	Rp 23.999.746,239	Rp 23.283.511,090	Rp 716.235,149
9	Rp 4.360.606,254	Rp 4.091.536,138	Rp 269.070,116	Rp 28.360.352,493	Rp 27.375.047,228	Rp 985.305,265
10	Rp 4.060.224,898	Rp 3.825.264,729	Rp 234.960,169	Rp 32.420.577,391	Rp 31.200.311,956	Rp 1.220.265,435
11	Rp 3.600.460,467	Rp 3.428.990,659	Rp 171.469,808	Rp 36.021.067,858	Rp 34.628.902,015	Rp 1.392.165,843
12	Rp 1.985.284,615	Rp 2.034.224,327	-Rp 48.939,712	Rp 38.006.352,473	Rp 36.649.126,342	Rp 1.343.226,131
13	Rp 2.215.580,144	Rp 2.233.641,829	-Rp 18.061,685	Rp 40.221.932,617	Rp 38.896.768,171	Rp 1.325.164,446

2. Perhitungan *Schedule Variance*

Nilai *Schedule Variance* (SV) dihitung dengan mengurangkan *Earned Value* (EV) dengan *Planned Value* (PV). Berikut adalah contoh perhitungan *Schedule Variance* untuk bulan ke-6:

$$SV \text{ bulan } 6 = \text{Earned Value (EV)} - \text{Planned Value (PV)}$$

$$= \text{Rp } 16.428.935.367 - \text{Rp } 24.310.856.894$$

$$= -\text{Rp } 7.881.921.527$$

Nilai negatif *Schedule Variance* menunjukkan waktu pelaksanaan proyek lebih lambat dari perencanaan awal, sedangkan untuk bulan ke-2 mempunyai nilai positif menunjukkan waktu pelaksanaan proyek terlaksana lebih cepat dari perencanaan awal. Tabel 3.5 memperlihatkan hasil perhitungan *Schedule Variance* (SV) pada bulan ke-1 sampai dengan bulan ke-13.

Tabel 3. 5 Perhitungan *Schedule Varians* bulan ke 1 – 13.

Bulan ke	PERIODE			KUMULATIF		
	Earned Value	Planned Value	Schedule Varians	Earned Value	Planned Value	Schedule Varians
	A	B	A - B	C	D	C - D
1	Rp 81.551,834	Rp 90.179,853	-Rp 8.628,019	Rp 81.551,834	Rp 90.179,853	-Rp 8.628,019
2	Rp 542.381,432	Rp 180.359,705	Rp 362.021,727	Rp 623.933,267	Rp 270.539,598	Rp 353.393,709
3	Rp 718.077,144	Rp 2.235.694,100	-Rp 1.517.616,955	Rp 1.342.010,411	Rp 2.526.233,657	-Rp 1.184.223,247
4	Rp 3.260.198,174	Rp 6.643.875,046	-Rp 3.383.676,871	Rp 4.602.208,585	Rp 9.170.108,703	-Rp 4.567.900,118
5	Rp 2.535.624,281	Rp 7.891.020,037	-Rp 5.355.395,757	Rp 7.137.832,866	Rp 17.061.728,740	-Rp 9.923.895,873
6	Rp 9.291.102,501	Rp 7.249.128,153	Rp 2.041.974,348	Rp 16.428.935,367	Rp 24.310.856,894	-Rp 7.881.921,527
7	Rp 3.567.508,545	Rp 4.787.565,603	-Rp 1.220.057,058	Rp 19.996.443,912	Rp 20.098.422,497	-Rp 9.101.978,585
8	Rp 4.003.302,327	Rp 4.514.995,408	-Rp 511.693,081	Rp 23.999.746,239	Rp 33.613,417,904	-Rp 9.613.671,665
9	Rp 4.360.606,254	Rp 3.944.989,499	Rp 415.616,755	Rp 28.360.352,493	Rp 37.558.407,403	-Rp 9.198.054,910
10	Rp 4.060.224,898	Rp 2.909.677,089	Rp 1.150.547,809	Rp 32.420.577,391	Rp 40.468.064,492	-Rp 8.047.507,101
11	Rp 3.600.460,467	Rp 2.445.986,621	Rp 1.154.503,846	Rp 36.021.067,858	Rp 42.914.071,113	-Rp 6.893.003,255
12	Rp 1.985.284,615	Rp 1.122.939,993	Rp 862.344,622	Rp 38.006.352,473	Rp 44.037.011,106	-Rp 6.030.658,633
13	Rp 2.215.580,144	Rp 412.988,894	Rp 1.802.591,250	Rp 40.221.932,617	Rp 44.450.000,000	-Rp 4.228.067,383

3. Analisis *Schedule Variance* dan *Cost Variance*

Hubungan antara *Schedule Variance* (SV) dan *Cost Variance* (CV) memberikan evaluasi kinerja pekerjaan berdasarkan biaya dan jadwal sesuai rencana dibandingkan dengan kondisi aktual. Tabel 3.6 menampilkan evaluasi kinerja pada proyek konstruksi NSAP.

Tabel 3. 6 Analisis SV dan CV

Bulan ke	SV	CV	Penilaian
1	Negatif	Negatif	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih besar dari yang direncanakan
2	Positif	Negatif	Proyek berjalan lebih cepat dan biaya proyek lebih besar dari yang direncanakan
3	Negatif	Negatif	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih besar dari yang direncanakan
4	Negatif	Negatif	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih besar dari yang direncanakan
5	Negatif	Negatif	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih besar dari yang direncanakan
6	Negatif	Positif	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih kecil dari yang direncanakan
7	Negatif	Positif	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih kecil dari yang direncanakan
8	Negatif	Positif	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih kecil dari yang direncanakan
9	Negatif	Positif	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih kecil dari yang direncanakan
10	Negatif	Positif	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih kecil dari yang direncanakan
11	Negatif	Positif	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih kecil dari yang direncanakan
12	Negatif	Positif	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih kecil dari yang direncanakan
13	Negatif	Positif	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih kecil dari yang direncanakan

SV pada bulan ke-2 bernilai positif yang berarti proyek selesai lebih cepat dari perencanaan awal, sedangkan SV pada bulan ke-1 dan bulan 3 – 13 bernilai negatif yang artinya proyek berjalan lebih lambat dari perencanaan awal. Dan CV pada bulan 1 – 5 bernilai negatif bisa dikatakan biaya yang dikeluarkan lebih besar dari anggaran rencana, sedangkan CV pada bulan ke 6 - 13 bernilai positif yang artinya biaya yang dikeluarkan lebih kecil dari pada anggaran rencana.

3.4 Analisis *Index Performance*

Dengan menghitung nilai *Cost Performance* dan *Schedule Performance Index* akan menggambarkan performa pekerjaan. Berikut adalah perhitungan indeks kinerja pada pekerjaan Pembangunan NSAP.

1. Perhitungan *Schedule Performance Index*

Nilai *Schedule performance index* (SPI) diperoleh dari perbandingan *Earned Value* (EV) dengan *Planned Value* (PV). Berikut adalah contoh perhitungan SPI pada bulan ke-2:

$$SPI = \frac{EV}{PV}$$

$$SPI = \frac{Rp 623.933.267}{Rp 270.539.558}$$

$$SPI = 2,31$$

Diketahui nilai SPI pada bulan ke-2 menunjukkan 2,31 (>1) yang artinya pekerjaan pada bulan ke-2 terlaksana lebih cepat dari pada rencana. Untuk perhitungan bulan 1 - 13 dapat dilihat pada tabel 3.7

Tabel 3. 7 Perhitungan SPI bulan ke 1 - 13

Bulan Ke-	Earned Value	Planned Value	Schedule Performance Index
	A	B	A/B
1	Rp 81,551,834	Rp 90,179,853	0.90
2	Rp 623,933,267	Rp 270,539,558	2.31
3	Rp 1,342,010,411	Rp 2,526,233,657	0.53
4	Rp 4,602,208,585	Rp 9,170,108,703	0.50
5	Rp 7,137,832,866	Rp 17,061,728,740	0.42
6	Rp 16,428,935,367	Rp 24,310,856,894	0.68
7	Rp 19,996,443,912	Rp 29,098,422,497	0.69
8	Rp 23,999,746,239	Rp 33,613,417,904	0.71
9	Rp 28,360,352,493	Rp 37,558,407,403	0.76
10	Rp 32,420,577,391	Rp 40,468,084,492	0.80
11	Rp 36,021,067,858	Rp 42,914,071,113	0.84
12	Rp 38,006,352,473	Rp 44,037,011,106	0.86
13	Rp 40,221,932,617	Rp 44,450,000,000	0.90

Dilihat dari table 3.7 diatas pada bulan ke-2 nilai SPI lebih dari 1 (SPI > 1) menunjukkan bahwa kontrol performa proyek terhadap jadwal lebih cepat dari yang direncanakan. Sedangkan pada bulan ke-1 dan bulan ke-3 sampai bulan ke-13 nilai SPI kurang dari 1 (SPI <1), yang berarti pekerjaan terlambat dan tidak sesuai yang direncanakan.

2. Perhitungan Cost Performance Index

Cost Performance Index (CPI) diperoleh dari perbandingan Earned Value (EV) dengan Actual Cost (AC). Berikut adalah contoh perhitungan SPI pada bulan ke-2:

$$CPI = \frac{EV}{AC}$$

$$CPI = \frac{Rp\ 623,933,267}{Rp\ 1,182,277,313}$$

$$CPI = 0,53$$

Diketahui nilai CPI pada bulan ke-2 menunjukan 0,53 (<1) yang artinya pengeluaran lebih besar dari anggaran. Untuk perhitungan bulan 1 - 13 dapat dilihat pada tabel 3.8

Tabel 3. 8 Perhitungan CPI bulan ke-1 sampai bulan ke-13

Bulan Ke-	Earned Value	Actual Cost	Cost Performance Index
	A	B	A/B
1	Rp 81,551,834	Rp 392,328,848	0.21
2	Rp 623,933,267	Rp 1,182,277,313	0.53
3	Rp 1,342,010,411	Rp 2,123,822,079	0.63
4	Rp 4,602,208,585	Rp 5,258,796,350	0.88
5	Rp 7,137,832,866	Rp 7,768,583,260	0.92
6	Rp 16,428,935,367	Rp 16,107,228,989	1.02
7	Rp 19,996,443,912	Rp 19,507,361,112	1.03
8	Rp 23,999,746,239	Rp 23,283,511,090	1.03
9	Rp 28,360,352,493	Rp 27,375,047,228	1.04
10	Rp 32,420,577,391	Rp 31,200,311,956	1.04
11	Rp 36,021,067,858	Rp 34,628,902,015	1.04
12	Rp 38,006,352,473	Rp 36,663,126,342	1.04
13	Rp 40,221,932,617	Rp 38,896,768,171	1.03

Dilihat dari table 3.8 diatas pada bulan ke 1 - 5 nilai CPI kurang dari 1 (CPI < 1) menunjukkan bahwa biaya yang dikeluarkan lebih besar dari anggaran, sedangkan bulan 6 – 13 CPI lebih dari 1 (>1) menunjukan bahwa biaya yang dikeluarkan lebih kecil dari anggaran.

3. Analisis SPI dan CPI

CPI mengukur biaya pengeluaran, sementara SPI mengukur jadwal pelaksanaan. Hubungan antara keduanya dapat digunakan untuk menilai performa suatu proyek. Tabel 3.9 menyajikan penilaian analisis CPI dan SPI pada proyek konstruksi NSAP.

Tabel 3. 9 Analisis SPI dan CPI

Bulan Ke-	SPI	CPI	Peritahan
1	0.90	0.21	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih besar dari yang direncanakan
2	2.31	0.53	Proyek berjalan lebih cepat dan biaya proyek lebih besar dari yang direncanakan
3	0.53	0.63	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih besar dari yang direncanakan
4	0.50	0.88	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih besar dari yang direncanakan
5	0.42	0.92	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih besar dari yang direncanakan
6	0.68	1.02	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih kecil dari yang direncanakan
7	0.69	1.03	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih kecil dari yang direncanakan
8	0.71	1.03	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih kecil dari yang direncanakan
9	0.76	1.04	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih kecil dari yang direncanakan
10	0.80	1.04	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih kecil dari yang direncanakan
11	0.84	1.04	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih kecil dari yang direncanakan
12	0.86	1.04	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih kecil dari yang direncanakan
13	0.90	1.03	Proyek berjalan lebih lambat dan biaya proyek lebih kecil dari yang direncanakan

Dari perhitungan sebelumnya, pada bulan ke-2 nilai SPI lebih dari 1 (SPI > 1) menunjukkan bahwa kontrol performa proyek terhadap jadwal lebih cepat dari yang direncanakan, sedangkan pada bulan ke-1 dan bulan ke-3 sampai bulan ke-13 nilai SPI kurang dari 1 (SPI <1), yang berarti pekerjaan terlambat dan tidak sesuai yang direncanakan. Dan CPI bulan 1 - 5 kurang dari 1 (CPI < 1) menunjukkan bahwa biaya yang dikeluarkan lebih besar dari pada anggaran, sedangkan bulan 6 – 13 CPI lebih dari 1 (>1) menunjukkan bahwa biaya yang dikeluarkan lebih kecil dari anggaran.

3.5 Analisis Estimasi Waktu dan Biaya Penyelesaian Akhir Proyek

Ada tiga variabel yang akan dianalisis untuk memperkirakan biaya akhir proyek, yaitu Estimate To Complete (ETC), Estimate At Completion (EAC), dan Time Estimate (TE).

1. Perhitungan Estimate to Complete (ETC)  
Berikut perhitungan Estimate To Complete (ETC) bulan ke-13:

$$ETC = \frac{(BAC - EV)}{CPI}$$

$$ETC = \frac{Rp\ 44.450.000.000 - Rp\ 40.221.932.617}{1,03}$$

$$= Rp\ 4.088.768.145$$

2. Perhitungan Estimate at Completion (ETC)

ETC diperoleh dari Actual Cost (AC) ditambah dengan Estimate To Completion (ETC). Berikut perhitungan Estimate At Completion (EAC) bulan ke-13:

$$EAC = ETC + AC$$

$$EAC = Rp\ 4.088.768.145 + Rp\ 38.896.768.171$$

$$= Rp\ 42.985.536.316$$

Dari hasil perhitungan Estimate At Completion menunjukan perkiraan biaya akhir proyek sebesar Rp 42.985.536.316 dengan anggaran

awal sebesar Rp 44.450.000.000, dapat dikatakan biaya proyek lebih efisien.

3. Perhitungan *Time Estimate* (TE)

Perhitungan *Time Estimate* digunakan untuk memprediksi waktu penyelesaian. Berikut perhitungan untuk bulan ke 13:

$$TE = \frac{Duration}{SPI}$$

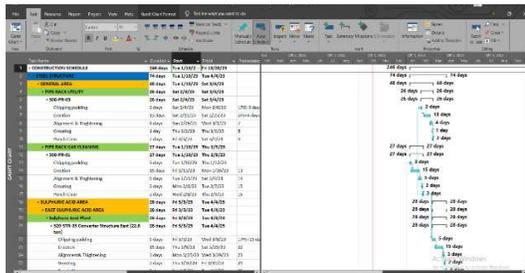
$$TE = \frac{360 \text{ Day}}{0,90}$$

$$= 398 \text{ Day.}$$

Estimasi waktu penyelesaian proyek berdasarkan *Schedule Performance Index* (SPI) pada bulan ke-13 dengan kumulatif progres realisasi 90,488 % adalah 398 hari. Waktu ini lebih lama 38 hari dari waktu rencana total penyelesaian proyek 360 hari atau di Oktober 2023.

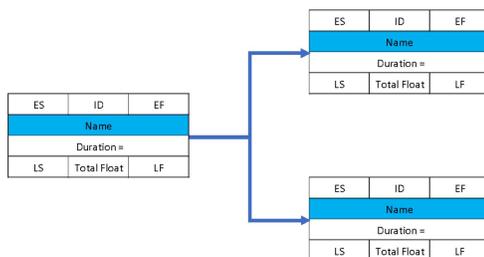
3.5 *Precedence Diagram Method*

Pada penelitian ini, metode PDM digunakan menjadwalkan pekerjaan yang *delay*. Berikut adalah gambar penjadwalan dengan Ms Project.



Gambar 3.1 Penjadwalan PDM menggunakan MS. Project.

Pada gambar 3.1 dapat diketahui bahwa durasi total pada pekerjaan yang *Delay* dengan *start* 10 Januari 2023 dan *finish* 20 oktober 2023 dan total durasi 246 hari. Pada penjadwalan PDM ini dilakukan perubahan *lag* antar area, diketahui pada pekerjaan instalasi *Piping* terdapat 4 area yang mengalami perubahan *predecessor* dikarenakan pekerjaan dilapangan memungkinkan untuk dikerjakan secara bersamaan yaitu: *Gas cleaning area, West sulphuric acid area, East sulphuric acid area, dan Utility area*. Yang sebelumnya terdapat jeda dirubah menjadi *start to start* pada area tersebut,



Gambar 3. 2 Network Diagram PDM.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis didapatkan bahwa:

Hasil perhitungan pada bulan ke-13, kinerja jadwal proyek (SPI) sebesar 0,90 (<1) menunjukkan bahwa proyek mengalami keterlambatan 9,512% dari rencana awal 100% dengan realisasi pekerjaan sebesar 90,488%. Dari kinerja biaya (CPI) sebesar 1,03 (>1) menunjukkan bahwa biaya yang telah dikeluarkan sebesar Rp 38.896.768.171 lebih kecil dari yang dianggarkan sebesar Rp 44.450.000.000. Selanjutnya estimasi waktu (*Time Estimate*) penyelesaian proyek berdasarkan *Schedule Performance Index* (SPI) sebesar 0,90 adalah 398 hari, sehingga proyek mengalami keterlambatan selama 38 hari dari waktu rencana total penyelesaian proyek 360 hari. Dan biaya untuk pekerjaan yang tersisa (*Estimate to Complete*) Rp 4.088.768.145, dengan perkiraan biaya total penyelesaian sampai akhir proyek Rp 42.985.536.316. Berdasarkan hasil penjadwalan ulang yang telah dilakukan pada pekerjaan yang *delay* menggunakan *Precedence Diagram Method* menghasilkan durasi 246 hari dan dapat disimpulkan bahwa proyek ini dapat selesai sesuai rencana. Dengan metode ini, maka proyek ini selesai pada 20 Oktober 2023 dan tidak dikenakan denda keterlambatan.

5. PUSTAKA

[1] Ahadis, M. I. (2020). Pengukuran Kinerja Waktu Proyek Menggunakan Metode Earned Value Management (EVM) dan Mengoptimalkan Waktu Proyek Menggunakan Precedence Diagramming Method (PDM) Pada Proyek Renovasi Ruang PT. XYZ. *e-Proceeding of Engineering : Vol.7, No.2*, 5521 - 5528.

[2] Maromi, M. I. (2015). Metode Earned Value Untuk Analisa Kinerja Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pada Proyek Pembangunan Condotel De Vasa Surabaya. *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 4, No. 1, (2015)*, 54-59.

[3] Soeharto, I. (1999). Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional (2 ed.). Jakarta: Erlangga. Widiasanti, Irika. & Lenggogeni (2013). Manajemen Konstruksi. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya Offset.