

Perancangan Jadwal Ulang Proyek *Additional Bag Filter Bin#3* Menggunakan Metode *Critical Path Method (CPM)* Pada PT XYZ

1st Firda Amalia Widyaningrum

Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

firdaamaliaw@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Wawan Tripiawan

Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

wawantripiawan@telkomuniversity.ac.id

3rd Putu Yasa

Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

putuyasa@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—*Bag Filter* adalah tempat penyaringan residu udara yang terdapat pada bin fine coal yang akan dilepaskan ke lingkungan. Proyek *additional bag filter bin#3* diadakan untuk memperbaiki kapasitas hisapan bag filter. Proyek yang telah berjalan mengalami keterlambatan pada tahap fabrikasi yang dapat menyebabkan kerugian perusahaan sehingga perlu dilakukan perancangan jadwal ulang. Dalam perancangan jadwal ulang proyek dilakukan dengan menggunakan metode Earn Value Analysis (EVA) dan Critical Path Method (CPM). Analisis EVA yang telah dilakukan menghasilkan bahwa proyek mengalami keterlambatan mulai dari hari ke-20 berdasarkan analisis varian dan hari ke-39 berdasarkan analisis SPI dan CPI. Perhitungan estimasi waktu keterlambatan proyek, proyek akan selesai dalam waktu 143 hari dengan durasi normal 134 hari, sehingga terjadi keterlambatan selama 9 hari dengan biaya yang dikeluarkan dengan asumsi CPI adalah Rp 209.570.593,26. Analisa lintasan kritis yang dilakukan dengan metode CPM menghasilkan lima aktivitas kritis pada tahap fabrikasi yang dapat dilakukan perubahan jadwal. Perubahan jadwal disesuaikan dengan status material siap pakai dan sumber daya manusia yang akan bekerja. Pada jadwal eksisting, tahap fabrikasi akan selesai pada tanggal 18 Februari 2021 dan terjadi keterlambatan selama 9 hari. Setelah dilakukan perancangan jadwal ulang, tahap fabrikasi akan selesai pada tanggal 04 Februari 2022.

Kata kunci— *bag filter, critical path method, earn value analysis.*

I. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Indonesia sangat penting guna meningkatkan perekonomian negara. Salah satu penunjang pembangunan infrastruktur di Indonesia adalah komoditas semen (Sukwika, 2018). PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur dan memproduksi produk berupa semen yang memproduksi semen dengan total kapasitas 14,8 juta ton semen per tahun.

Pada area pembakaran semen utama terdapat tempat *in fine coal* yang merupakan tempat penyimpanan bahan bakar pembakaran semen berupa batu bara yang telah diolah. *Bag Filter* merupakan tempat penyaringan residu udara dalam bin fine coal yang akan dikeluarkan ke lingkungan. Bag filter yang terpasang secara kapasitas tidak mampu untuk mencukupi kebutuhan hisapan pada bin 3, sehingga menyebabkan penyebaran debu *fine coal* pada area *bag filter*. Menurut hasil wawancara dengan *engineer* perusahaan, debu *fine coal* yang keluar ke udara akan menyebabkan beberapa dampak yaitu:

1. Membuat material semen yang masuk pada area *pre-heater* mengalami *over burn* karena bahan bakar pembakaran tidak sempurna.
2. Debu *fine coal* yang keluar ke udara akan melekat pada dinding disekitar area bin 3 yang dapat menyebabkan dinding terbakar.
3. *Fine coal* yang tidak tersaring dengan baik oleh *bag filter* akan menyebabkan kandungan CO₂ didalam bin menjadi tinggi, sehingga dapat menyebabkan ledakan.

Proyek *Additional Bag Filter* sangat penting dilaksanakan untuk mencegah tiga dampak tersebut. Proyek penambahan *bag filter* pada bin 3 PT XYZ dilaksanakan selama 134 hari. Pada proyek *additional bag filter bin#3* terdapat beberapa tahapan dalam penyelesaian proyek yaitu *planning*, fabrikasi, *installasi* dan *closing*. Berdasarkan analisis kurva S proyek mengalami keterlambatan pada tahap fabrikasi yang didukung dengan akar permasalahan yang diidentifikasi menggunakan *fishbone* diagram. Perancangan usulan jadwal perlu dilakukan untuk mencegah keterlambatan yang berlarut dengan menggunakan metode EVA dan CPM.

II. KAJIAN TEORI

A. Earn Value Analysis

Earned Value analysis adalah metode yang digunakan untuk melakukan pengukuran nilai kinerja proyek. Pengukuran nilai pada metode ini dilakukan dengan mengintegrasikan garis besaran biaya dengan garis besaran waktu yang saling berhubungan. *Earned Value analysis* memiliki fungsi untuk mengetahui estimasi durasi penyelesaian proyek. Pada metode *Earned Value analysis* memerlukan representasi garis dalam mengukur suatu kinerja proyek (Soeharto, 1999).

Menurut (Izeul et al., 2015) dalam melakukan analisa kinerja dari suatu proyek, terdapat tiga indikator-indikator dasar yang menjadi acuan sebagai berikut:

1. Planned Value

Planned Value (PV) merupakan anggaran awal yang ditetapkan sebagai dasar pembiayaan pekerjaan yang telah dijadwalkan pada proyek.

2. Earned Value

Earned Value (EV) merupakan pengukuran progress kinerja pada proyek dapat ditampilkan dalam bentuk presentase dan dapat digunakan sebagai sumber informasi mengenai tahap perkembangan proyek, status proyek terkini serta menentukan tren kinerja jangka panjang secara kumulatif.

3. Actual Cost

Actual Cost (AC) merupakan keseluruhan anggaran yang dikeluarkan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan pada periode tertentu.

Terdapat dua analisa varians yang digunakan dalam mengetahui hasil yang telah diramalkan dengan apa yang diperkirakan. Dua analisa varians diantara lain adalah sebagai berikut:

1. Schedule Variance

Schedule Variance (SV) merupakan nilai selisih dari *earned value* kumulatif dan *plan value* kumulatif.

2. Cost Variance

Cost Variance merupakan selisih antara estimasi dari nilai penyelesaian pekerjaan dalam waktu tertentu dengan representasi pengeluaran untuk menyelesaikan pekerjaan dalam waktu tertentu.

Analisa indeks performansi digunakan sebagai alat untuk mengetahui efisiensi penggunaan sumber daya. Terdapat dua indeks yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Schedule Performance Index (SPI)

Schedule Performance Index merupakan hasil bagi *earned value* kumulatif dan *plan value* kumulatif yang digunakan untuk mengetahui level efektivitas aktivitas pada proyek serta mengetahui estimasi sisa durasi proyek hingga tahap penyelesaian. Berikut merupakan indikator *schedule performance index*:

TABEL 1
INDIKATOR SCHEDULE PERFORMANCE INDEX

<i>Schedule Performance Index</i>	Keterangan
SPI = 1	Waktu aktivitas berjalan sesuai perencanaan
SPI > 1	Waktu aktivitas berjalan lebih cepat dari perencanaan.
SPI < 1	Waktu aktivitas berjalan lebih lambat dari perencanaan.

2. Cost Performance Index (CPI)

Cost Performance Index merupakan perbandingan antara *earned value* dengan biaya yang telah dikeluarkan pada pekerjaan tertentu dalam waktu tertentu yang menjadi faktor efisiensi biaya. Berikut merupakan indikator yang ditunjukkan melalui hasil perhitungan CPI:

TABEL 2
INDIKATOR COST PERFORMANCE INDEX

<i>Cost Performance Index</i>	Keterangan
CPI = 1	Biaya yang dikeluarkan sesuai dengan perencanaan.
CPI > 1	Biaya yang dikeluarkan lebih kecil dari perencanaan.
CPI < 1	Biaya yang dikeluarkan lebih besar dari perencanaan.

B. Critical Path Method

Critical path Method (CPM) atau metode jalur kritis merupakan model aktivitas pada proyek yang diidentifikasi dalam bentuk jaringan. CPM bertujuan untuk memperkirakan durasi proyek terpendek serta menentukan banyaknya fleksibilitas jadwal yang terdapat pada logical network paths dalam model jadwal. Berdasarkan Soeharto (1999) terdapat dua cara menyelesaikan perhitungan jalur kritis yaitu *forward pass* dan *backward pass*. *Forward pass* digunakan untuk

menghitung *early start* dan *early finish* sedangkan *backward pass* untuk menghitung *late start* dan *late finish*.

1. Hitungan maju (*Forward Pass*) diidentifikasi dengan memperhatikan urutan aktivitas proyek yang dimulai dari start menuju finish dengan alur maju dan mendapatkan output berupa bilangan *earliest start* dan *earliest finish*.

2. Hitungan mundur (*backward pass*) merupakan hitungan pada waktu awal mulai suatu aktivitas pada proyek yang dapat dimulai setelah seluruh aktivitas terdahulu sudah selesai dilaksanakan.

C. Perkiraan Waktu dan Biaya Penyelesaian Proyek

Perkiraan waktu dan biaya penyelesaian proyek dihitung berdasarkan kecenderungan kinerja proyek pada saat peninjauan dan mengasumsikan bahwa kecenderungan tersebut tidak mengalami perubahan kinerja proyek sampai akhir proyek atau kinerja proyek berjalan konstan (Izeul et al., 2015). Berikut merupakan beberapa perhitungan estimasi dalam memperkirakan waktu dan biaya penyelesaian proyek menurut Izeul et al., (2015).

1. Estimate at Completion (EAC)

EAC merupakan perkiraan biaya total pada akhir proyek yang diperoleh dari biaya aktual (AC) yang diakumulasikan dengan ETC.

2. Time Estimated (TE)

TE merupakan waktu perkiraan penyelesaian proyek. Berikut merupakan persamaan perhitungan

III. METODE

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan dalam melakukan penelitian menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM). Pada tahap awal pada penelitian ini merupakan tahap identifikasi dengan melakukan studi lapangan yang dilakukan secara langsung terhadap objek serta melakukan wawancara kepada pihak terkait mengenai objek yang akan diteliti. Selanjutnya yaitu dilakukan perumusan masalah menggunakan *fishbone* diagram yang terdapat aspek manusia, metode, mesin, dan material. Tahap selanjutnya yaitu pengolahan data hasil pengumpulan data pada proyek dengan dilakukan perhitungan estimasi biaya proyek akibat keterlambatan dan perhitungan estimasi durasi proyek akibat keterlambatan. Hasil dari perhitungan tersebut akan menjadi *input* pada pembuatan pembaharuan jadwal proyek. Setelah itu dilakukan analisa data yang dapat dilakukan merupakan analisa jalur kritis yang akan berlanjut dengan penganalisan durasi setelah dilakukan pembaharuan jadwal proyek. Tahap terakhir dalam penelitian ini merupakan penarikan hasil penelitian dari keseluruhan analisis yang telah dilaksanakan.

A. Persamaan

Berikut merupakan persamaan yang digunakan dalam melakukan perancangan jadwal ulang pada proyek *additional bag filter bin#3* menggunakan metode EVA dan CPM.

1. Schedule Variance

$$\text{Schedule Variance} = \text{Earned Value} - \text{Planned Value}$$

2. Cost Variance

$$\text{Cost Variance} = \text{Earned Value} - \text{Actual Cost}$$

3. Schedule Performance Index

$$\text{SPI} = \text{Earned Value} / \text{Planned Value}$$

4. Cost Performance Index

CPI = Earned Value/Actual Cost

5. Estimasi Sisa Waktu
Estimasi Sisa Waktu (ETS) = Sisa Waktu Proyek/SPI

6. Estimasi Waktu Selesai
Estimasi Waktu Selesai (EAS) = (Hari ke-) + ETS

7. Early Start
ES = EF (aktivitas sebelumnya) + 1

8. Early Finish
EF = ES + Durasi normal – 1

9. Late Start
LS = LF – Durasi normal +1

10. Late Finish
LF = LS (aktivitas selanjutnya) – 1

B. Batasan dan Asumsi

Dalam penelitian ini terdapat batasan yaitu hanya dalam lingkup kesesuaian waktu kerja dan biaya terhadap penjadwalan yang telah direncanakan serta data perencanaan biaya mesin, material dan sumber daya manusia mengacu pada *Management of Change* perusahaan. Adapun asumsi pada penelitian ini adalah hasil produksi *clinker* perusahaan diasumsikan sama pada setiap harinya, sehingga perusahaan mendapatkan keuntungan yang sama setiap harinya serta upah pekerja proyek sesuai dengan UMK.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data

Proyek berlangsung selama 176 hari kerja dengan rincian tanggal pekerjaan yang dimulai pada 4 November 2021 dan berakhir pada tanggal 6 Juni 2022. Pengumpulan data bertujuan sebagai input dalam proses perancangan tugas akhir diantaranya yaitu *Work Breakdown Structure, Work Breakdown Structure Dictionary, Activity List, Perencanaan Durasi Proyek, Cost Breakdown, Proporsi/bobot pekerjaan dan Earned Value.*

B. Spesifikasi dan standar rancangan

Berikut merupakan spesifikasi rancangan dan standar perancangan pada penelitian proyek *additional bag filter bin#3*:

**TABEL 3
 SPESIFIKASI DAN STANDAR RANCANGAN**

No	Spesifikasi dan Standar	Hasil Rancangan	Sumber
1	<i>Earn value analysis</i> yang memuat informasi sebagai berikut. 1. <i>Cost Variance</i> 2. <i>Schedule Variance</i> 3. <i>Cost Performance Index</i> 4. <i>Schedule Performance Index</i>	Detail status keterlambatan proyek	Project Management Institute, 2017
2	Sifat atau syarat umum jalur kritis: 1. Hitungan maju = <i>early start</i> dan <i>early finish</i> . 2. Hitungan mundur = <i>late start</i> dan <i>late finish</i> .	Aktivitas kritis proyek <i>additional bag filter bin#3</i> telah diketahui.	Iman Soeharto, 1999

No	Spesifikasi dan Standar	Hasil Rancangan	Sumber
	3. <i>Float total</i> : TF = 0.		

C. Proses Perancangan

1. *Earned Value Analysis*

Earned value analysis adalah metode yang digunakan untuk melakukan pengukuran nilai kinerja proyek. Pengukuran nilai pada metode ini dilakukan dengan mengintegrasikan garis besaran biaya dengan garis besaran waktu yang saling berhubungan. Perhitungan dilakukan dengan persamaan yang telah dikatakan sebelumnya dan menghasilkan hasil sebagai berikut.

**TABEL 4
 HASIL PERHITUNGAN EARNED VALUE**

Hari Ke-	Cost Variance	SV	CPI	SPI
1	Rp 117.994,23	0,0	0,0 0	1,00
2	Rp 235.988,46	0,0	0,0 0	1,00
3	Rp 353.982,70	0,0	0,0 0	1,00
4	Rp 471.976,93	0,0	0,0 0	1,00
5	Rp 89.971,16	0,0	1,1 8	1,00
6	Rp 113.570,00	0,0	1,2 3	1,00
7	Rp 137.168,85	0,0	1,2 7	1,00
8	Rp 160.767,70	0,0	1,3 2	1,00
9	Rp 184.366,54	0,0	1,3 7	1,00
10	Rp (42.034,61)	0,0	0,9 4	1,00
11	Rp (18.435,76)	0,0	0,9 8	1,00
12	Rp 5.163,08	0,0	1,0 1	1,00
13	Rp 665.930,78	637169	1,8 9	1,82
14	Rp 52.360,78	0,0	1,0 7	1,00
15	Rp 75.959,62	0,0	1,1 0	1,00
16	Rp 99.558,47	0,0	1,1 3	1,00
17	Rp 123.157,31	0,0	1,1 6	1,00
18	Rp 146.756,16	0,0	1,2 0	1,00
19	Rp 170.355,01	0,0	1,2 3	1,00
20	Rp (56.046,15)	0,0	0,9 4	1,00
21	Rp (84.069,22)	0,0	0,9 4	1,00
22	Rp (12.416.537,34)	0,0	0,1 7	1,00
23	Rp (24.749.005,46)	0,0	0,1 3	1,00
24	Rp (22.065.009,55)	0,0	0,2 3	1,00
25	Rp (19.381.013,64)	0,0	0,3 2	1,00
26	Rp (20.615.354,50)	0,0	0,4 0	1,00

Hari Ke-	Cost Variance	SV	CPI	SPI
27	Rp (23.030.561,23)	0,0	0,4 2	1,00
28	Rp (23.866.610,97)	0,0	0,4 5	1,00
29	Rp (24.702.660,71)	0,0	0,4 8	1,00
30	Rp (21.557.768,95)	0,0	0,5 5	1,00
31	Rp (20.054.638,92)	0,0	0,5 8	1,00
32	Rp (18.551.508,89)	0,0	0,6 1	1,00
33	Rp (17.048.378,86)	0,0	0,6 4	1,00
34	Rp (17.481.234,36)	0,0	0,6 6	1,00
35	Rp (17.914.089,86)	0,0	0,6 8	1,00
36	Rp (16.052.530,22)	0,0	0,7 3	1,00
37	Rp (23.085.733,58)	0,0	0,6 8	1,00
38	Rp (27.539.760,88)	0,0	0,6 6	1,00
39	Rp (29.084.198,18)	-423086	0,6 7	0,99
40	Rp (24.104.172,17)	-529092	0,7 3	0,99
41	Rp (32.812.147,72)	-683775	0,6 7	0,99
42	Rp (31.133.487,27)	-838457	0,6 8	0,99
43	Rp (29.454.826,82)	-993140	0,7 0	0,99
44	Rp (28.895.273,33)	-1087220	0,7 1	0,98
45	Rp (28.241.639,66)	-1087220	0,7 1	0,98
46	Rp (27.588.005,99)	-1087220	0,7 2	0,98
47	Rp (27.214.970,33)	-1367818	0,7 2	0,98
48	Rp (26.823.282,90)	-1629765	0,7 3	0,98
49	Rp (26.450.247,24)	-1910363	0,7 3	0,97
50	Rp (26.133.166,93)	-2246916	0,7 3	0,97
51	Rp (28.528.593,62)	-2727050	0,7 2	0,96
52	Rp (27.782.522,31)	-3207184	0,7 3	0,96
53	Rp (27.222.968,82)	-3873836	0,7 3	0,95
54	Rp (26.663.415,34)	-4540488	0,7 4	0,94
55	Rp (25.917.344,03)	-5020622	0,7 4	0,94
56	Rp (28.685.806,37)	-5220158	0,7 3	0,94
57	Rp (28.312.770,72)	-5419694	0,7 3	0,93
58	Rp (27.939.735,06)	-5619230	0,7 3	0,93
59	Rp (27.566.699,40)	-5818766	0,7 4	0,93
60	Rp (27.193.663,75)	-6018302	0,7 4	0,93
61	Rp (29.291.554,47)	-6464829	0,7 3	0,92
62	Rp (29.214.702,89)	-7864059	0,7 3	0,91

Hari Ke-	Cost Variance	SV	CPI	SPI
63	Rp (31.353.604,40)	-9838268	0,7 2	0,89

2. Estimasi Durasi dan Biaya

Pemantauan status kerja proyek yang telah dilakukan menggunakan metode *earned value analysis* menghasilkan bahwa keterlambatan proyek *additional bag filter bin#3* terjadi pada hari ke-39 dan berlangsung hingga hari ke-65. Perhitungan estimasi durasi dengan menggunakan persamaan ETS dan EAS adalah sebagai berikut.

TABEL 5
HASIL PERHITUNGAN ESTIMASI DURASI

Hari ke-	SPI Kumulatif	Estimasi Sisa Waktu (ETS)	Estimasi Waktu Selesai (EAS)
1	1,00	71	72
2	1,00	71	73
3	1,00	71	74
4	1,00	71	75
5	1,00	71	76
6	1,00	71	77
7	1,00	71	78
8	1,00	71	79
9	1,00	71	80
10	1,00	71	81
11	1,00	71	82
12	1,00	71	83
13	1,82	39	52
14	1,00	71	85
15	1,00	71	86
16	1,00	71	87
17	1,00	71	88
18	1,00	71	89
19	1,00	71	90
20	1,00	71	91
21	1,00	71	92
22	1,00	71	93
23	1,00	71	94
24	1,00	71	95
25	1,00	71	96
26	1,00	71	97
27	1,00	71	98
28	1,00	71	99
29	1,00	71	100
30	1,00	71	101
31	1,00	71	102
32	1,00	71	103
33	1,00	71	104
34	1,00	71	105
35	1,00	71	106
36	1,00	71	107
37	1,00	71	108
38	1,00	71	109
39	0,99	72	111
40	0,99	72	112
41	0,99	72	113
42	0,99	72	114
43	0,99	72	115
44	0,98	72	116
45	0,98	72	117
46	0,98	72	118
47	0,98	72	119
48	0,98	73	121
49	0,97	73	122
50	0,97	73	123
51	0,96	74	125
52	0,96	74	126
53	0,95	75	128

Hari ke-	SPI Kumulatif	Estimasi Sisa Waktu (ETS)	Estimasi Waktu Selesai (EAS)
54	0,94	75	129
55	0,94	76	131
56	0,94	76	132
57	0,93	76	133
58	0,93	76	134
59	0,93	76	135
60	0,93	77	137
61	0,92	77	138
62	0,91	78	140
63	0,89	80	143

Perhitungan proyeksi kondisi dan peristiwa dimasa depan dapat dilakukan dengan perhitungan *estimate at completion* (EAC) yang dilakukan berdasarkan data kinerja. Berdasarkan asumsi tersebut, perhitungan *estimate at completion* dilakukan dengan perkiraan EAC untuk pekerjaan dilakukan pada CPI saat ini. Berikut merupakan perhitungan estimasi biaya.

Diketahui :

BAC = Rp 186.517.828

CPI = 0,89

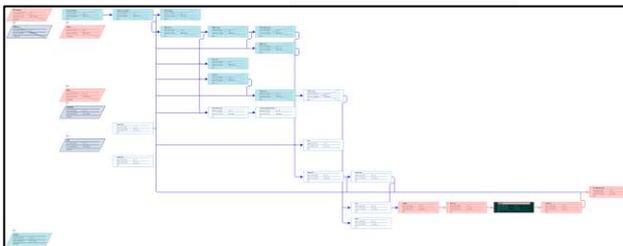
EAC = Rp 186.517.828/0,89

EAC = Rp 209.570.593,26

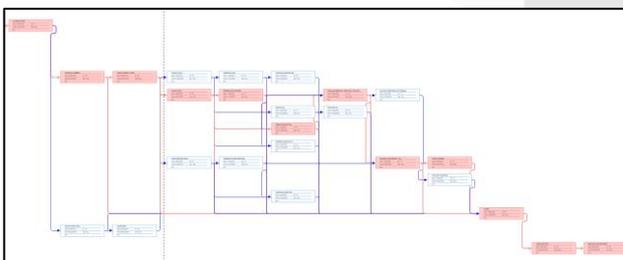
3. Critical Path

a. Network Diagram

Network diagram merupakan pernyataan kegiatan-kegiatan yang dinyatakan secara grafis yang menjelaskan aktivitas dalam mencapai suatu tujuan akhir. Berikut merupakan *network diagram* yang disusun menggunakan aplikasi *microsoft project* pada aktivitas fabrikasi proyek *additional bag filter bin#3*.



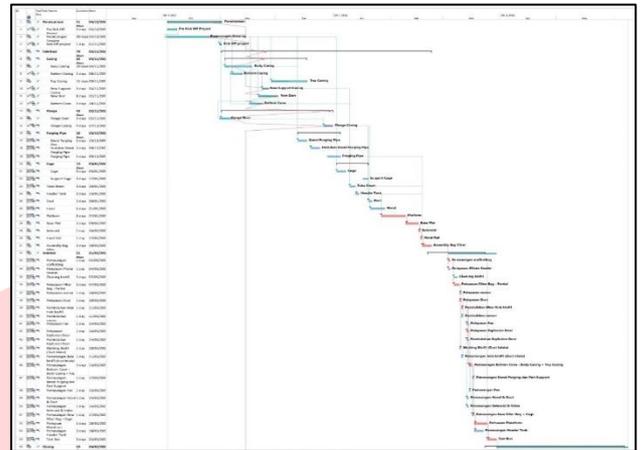
GAMBAR 1 NETWORK DIAGRAM



GAMBAR 2 NETWORK DIAGRAM LANJUTAN

b. Critical Path Existing

perhitungan *late start* dikurangkan dengan waktu *early start* atau merupakan pengurangan dari perhitungan *late finish* dan *early finish*. Berikut merupakan perhitungan *critical path method* pada proyek *additional bag filter bin#3* menggunakan aplikasi *microsoft project* pada kondisi *existing*.

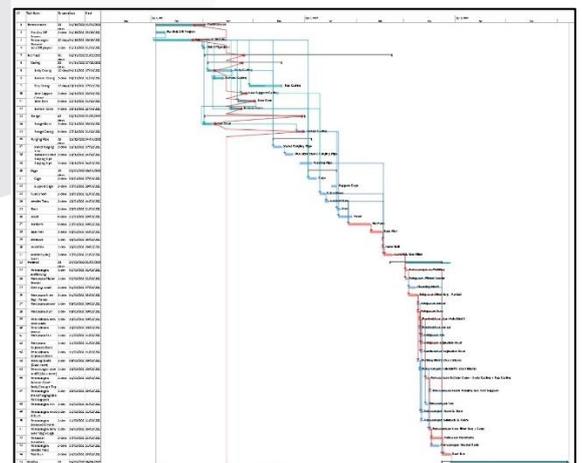


GAMBAR 3 CRITICAL PATH EXISTING

Critical Path terdapat pada aktivitas fabrikasi yang memiliki nilai dengan *slack 0* yaitu pada aktivitas pembuatan *platform, base plat, solenoid, handrail, dan assembly bag filter*.

c. Critical Path Usulan

Perhitungan yang telah dilakukan pada jadwal eksisting menghasilkan aktivitas kritis yang memiliki *slack 0*. Pembaharuan jadwal dilakukan dengan memperhatikan tanggal kedatangan material dengan status siap pakai yang terdapat pada gudang material serta sumber daya manusia yang akan mengerjakan aktivitas tersebut. Pembaharuan jadwal yang dilakan antara lain pada aktivitas pembuatan *plateform, base plat* dengan melakukan perubahan durasi. Pada aktivitas *handrail* dan *solenoid* dilakukan penggabungan hari pekerjaan yaitu pada tanggal 16 Februari 2022. Berikut merupakan jadwal usulan proyek *additional bag filter bin#3*.



GAMBAR 4 JADWAL USULAN

D. Hasil Rancangan

1. Detail status keterlambatan proyek

Perancangan detail status keterlambatan proyek dilakukan dengan menggunakan perhitungan analisis pada *earn value* proyek *additional bag filter bin#3* pada PT XYZ. Pada proyek *additional bag filter bin#3* telah berjalan hingga hari ke-63 yaitu melakukan pekerjaan pembuatan *flange casing*. Data yang dibutuhkan dalam melakukan perhitungan CV, SV, CPI, dan SPI diantara lain yaitu *earned value*, *planned value*, dan *actual cost*. Nilai EV dan PV merupakan data hasil observasi lapangan yang telah dilakukan. Keterlambatan yang terjadi pada proyek *additional bag filter bin#3* menyebabkan proyek akan mengalami keterlambatan pada penyelesaiannya yang dapat menyebabkan kerugian perusahaan. Aktivitas fabrikasi pada proyek *additional bag filter bin#3* memiliki rencana diselesaikan dalam durasi 134 hari. Berikut merupakan hasil analisis terhadap *variance* proyek *additional bag filter bin#3*:

TABEL 6
ANALISIS VARIAN

Hari Ke-	Cost Variance	Schedule Variance	Status
1	Rp 117.994,23	0,0	LANCAR
2	Rp 235.988,46	0,0	LANCAR
3	Rp 353.982,70	0,0	LANCAR
4	Rp 471.976,93	0,0	LANCAR
5	Rp 89.971,16	0,0	LANCAR
6	Rp 113.570,00	0,0	LANCAR
7	Rp 137.168,85	0,0	LANCAR
8	Rp 160.767,70	0,0	LANCAR
9	Rp 184.366,54	0,0	LANCAR
10	Rp (42.034,61)	0,0	LANCAR
11	Rp (18.435,76)	0,0	LANCAR
12	Rp 5.163,08	0,0	LANCAR
13	Rp 665.930,78	637169	LANCAR
14	Rp 52.360,78	0,0	LANCAR
15	Rp 75.959,62	0,0	LANCAR
16	Rp 99.558,47	0,0	LANCAR
17	Rp 123.157,31	0,0	LANCAR
18	Rp 146.756,16	0,0	LANCAR
19	Rp 170.355,01	0,0	LANCAR
20	Rp (56.046,15)	0,0	TERLAMBAT
21	Rp (84.069,22)	0,0	TERLAMBAT
22	Rp (12.416.537,34)	0,0	TERLAMBAT
23	Rp (24.749.005,46)	0,0	TERLAMBAT
24	Rp (22.065.009,55)	0,0	TERLAMBAT
25	Rp (19.381.013,64)	0,0	TERLAMBAT
26	Rp (20.615.354,50)	0,0	TERLAMBAT
27	Rp (23.030.561,23)	0,0	TERLAMBAT
28	Rp (23.866.610,97)	0,0	TERLAMBAT
29	Rp (24.702.660,71)	0,0	TERLAMBAT
30	Rp (21.557.768,95)	0,0	TERLAMBAT
31	Rp (20.054.638,92)	0,0	TERLAMBAT
32	Rp (18.551.508,89)	0,0	TERLAMBAT
33	Rp (17.048.378,86)	0,0	TERLAMBAT
34	Rp (17.481.234,36)	0,0	TERLAMBAT
35	Rp (17.914.089,86)	0,0	TERLAMBAT
36	Rp (16.052.530,22)	0,0	TERLAMBAT
37	Rp (23.085.733,58)	0,0	TERLAMBAT
38	Rp (27.539.760,88)	0,0	TERLAMBAT
39	Rp (29.084.198,18)	-423086	TERLAMBAT
40	Rp (24.104.172,17)	-529092	TERLAMBAT
41	Rp (32.812.147,72)	-683775	TERLAMBAT

Berdasarkan dari nilai varian dan waktu yang didapatkan, maka dapat dilakukan analisa proyek berdasarkan nilai tersebut. Adapun kombinasi analisa varian yang digunakan merujuk pada analisa varian terpadu (Demora et al., 2022) yang mengutip dari Soeharto (2001).

TABEL 7
ANALISIS VARIAN TERPADU

SV	CV	Keterangan
Positif	Negatif	Pekerjaan selesai lebih cepat dari jadwal dengan biaya yang lebih tinggi dari pada anggaran.
Negatif	Nol	Pekerjaan selesai terlambat dan biaya sesuai anggaran.
Nol	Negatif	Pekerjaan terlaksana sesuai jadwal dengan biaya yang lebih tinggi dari pada anggaran.
Negatif	Negatif	Pekerjaan selesai terlambat dan biaya lebih tinggi dari anggaran
Nol	Nol	Pekerjaan terlaksana sesuai jadwal dan anggaran.
Positif	Nol	Pekerjaan terlaksana lebih cepat dari jadwal dengan biaya sesuai anggaran.
Nol	Positif	Pekerjaan terlaksana sesuai jadwal dengan biaya lebih rendah dari anggaran.
Positif	Positif	Pekerjaan terlaksana lebih cepat dari pada jadwal dengan biaya lebih kecil dari pada anggaran.

Berdasarkan analisis yang dilakukan menghasilkan hasil sebagai berikut.

TABEL 7
ANALISIS CPI DAN SPI

Hari Ke-	CPI	SPI	Status
1	0,00	1,00	LANCAR
2	0,00	1,00	LANCAR
3	0,00	1,00	LANCAR
4	0,00	1,00	LANCAR
5	1,18	1,00	LANCAR
6	1,23	1,00	LANCAR
7	1,27	1,00	LANCAR
8	1,32	1,00	LANCAR
9	1,37	1,00	LANCAR
10	0,94	1,00	LANCAR
11	0,98	1,00	LANCAR
12	1,01	1,00	LANCAR
13	1,89	1,82	LANCAR
14	1,07	1,00	LANCAR
15	1,10	1,00	LANCAR
16	1,13	1,00	LANCAR
17	1,16	1,00	LANCAR
18	1,20	1,00	LANCAR
19	1,23	1,00	LANCAR
20	0,94	1,00	LANCAR
21	0,94	1,00	LANCAR
22	0,17	1,00	LANCAR
23	0,13	1,00	LANCAR
24	0,23	1,00	LANCAR
25	0,32	1,00	LANCAR
26	0,40	1,00	LANCAR
27	0,42	1,00	LANCAR
28	0,45	1,00	LANCAR
29	0,48	1,00	LANCAR
30	0,55	1,00	LANCAR
31	0,58	1,00	LANCAR
32	0,61	1,00	LANCAR
33	0,64	1,00	LANCAR
34	0,66	1,00	LANCAR
35	0,68	1,00	LANCAR
36	0,73	1,00	LANCAR
37	0,68	1,00	LANCAR

38	0,66	1,00	LANCAR
39	0,67	0,99	TERLAMBAT
40	0,73	0,99	TERLAMBAT
41	0,67	0,99	TERLAMBAT
42	0,68	0,99	TERLAMBAT
43	0,70	0,99	TERLAMBAT
44	0,71	0,98	TERLAMBAT
45	0,71	0,98	TERLAMBAT
46	0,72	0,98	TERLAMBAT
47	0,72	0,98	TERLAMBAT
48	0,73	0,98	TERLAMBAT
49	0,73	0,97	TERLAMBAT
50	0,73	0,97	TERLAMBAT
51	0,72	0,96	TERLAMBAT
52	0,73	0,96	TERLAMBAT
53	0,73	0,95	TERLAMBAT
54	0,74	0,94	TERLAMBAT
55	0,74	0,94	TERLAMBAT
56	0,73	0,94	TERLAMBAT
57	0,73	0,93	TERLAMBAT
58	0,73	0,93	TERLAMBAT
59	0,74	0,93	TERLAMBAT
60	0,74	0,93	TERLAMBAT
61	0,73	0,92	TERLAMBAT
62	0,73	0,91	TERLAMBAT
63	0,72	0,89	TERLAMBAT

Terdapat analisa indeks kinerja berdasarkan indikator-indikator nilai hasil yang dipadukan antara SPI dan CPI berdasarkan Angka Nugraha (2022). Berikut merupakan tabel analisa terpadu SPI dan CPI.

TABEL 8
ANALISIS CPI DAN SPI TERPADU

CPI	SPI	Keterangan
>1	>1	Biaya lebih kecil dari anggaran dengan jadwal yang lebih cepat dari rencana.
0	>1	Biaya sesuai anggaran dengan jadwal lebih cepat dari rencana.
<1	>1	Biaya lebih besar dari anggaran dengan jadwal lebih cepat dari rencana.
>1	0	Biaya lebih kecil dari anggaran dengan jadwal tepat waktu.
0	0	Biaya sesuai anggaran dengan jadwal tepat waktu.
<1	0	Biaya lebih besar dari anggaran dengan jadwal tepat waktu.
>1	<1	Biaya lebih kecil dari anggaran dengan jadwal lebih lambat dari rencana.
0	<1	Biaya sesuai anggaran dengan jadwal lebih lambat dari rencana.
<1	<1	Biaya lebih besar dari anggaran dengan jadwal lebih lambat dari rencana.

Berdasarkan perhitungan peramalan proyek, proyek telah berjalan selama 63 hari sehingga aktivitas fabrikasi memiliki sisa waktu selama 71 hari yang akan dibagi dengan SPI. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa aktivitas fabrikasi akan selesai dalam waktu 143 hari. Sehingga keterlambatan yang terjadi pada aktivitas fabrikasi adalah 9 hari.

Keterlambatan yang terjadi menyebabkan biaya pada proyek berbeda dari perencanaan yang sudah dilakukan. Perhitungan yang dilakukan untuk melakukan *forecasting* pada aktivitas pengerjaan fabrikasi terdapat dua asumsi yang didasarkan atas asumsi *project owner* selaku penanggung jawab proyek yang memiliki hak penuh atas proyek. Asumsi pertama yaitu dimana diasumsikan bahwa pekerjaan dilakukan pada CPI saat ini. Hasil dari perhitungan asumsi tersebut adalah menghasilkan estimasi biaya sebesar Rp 209.570.593,26. Asumsi tersebut berarti bahwa vendor yang mengerjakan proyek

additional bag filter bin#3 akan menyelesaikan proyek sesuai dengan perbaikan jadwal yang dilakukan.

2. Analisis CPM

CPM diawali dengan menentukan *network diagram* yang akan menunjukkan kegiatan yang dinyatakan secara grafis yang menjelaskan aktivitas proyek dalam mencapai tujuan akhir proyek dengan memperhatikan aktivitas pendukung sebelum aktivitas lain dilakukan. Aktivitas yang masuk pada lintasan kritis memiliki beberapa indikator yaitu nilai *float/slack* sama dengan 0. Berikut merupakan hasil pengolahan *activity list* pada proyek *additional bag filter bin#3* pada tahap fabrikasi menggunakan *Microsoft project*.

TABEL 9
HASIL PERHITUNGN SLACK

Aktivitas	Durasi	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Total Slack
Platform	8	23/1 1/20 21	02/1 2/20 21	23/1 1/20 21	02/1 2/20 21	0 days
Base Plat	5	03/1 2/20 21	09/1 2/20 21	03/1 2/20 21	09/1 2/20 21	0 days
Solenoid	1	10/1 2/20 21	10/1 2/20 21	10/1 2/20 21	10/1 2/20 21	0 days
Handrail	1	13/1 2/20 21	13/1 2/20 21	13/1 2/20 21	13/1 2/20 21	0 days
Assembly Bag Filter	3	14/1 2/20 21	16/1 2/20 21	14/1 2/20 21	16/1 2/20 21	0 days

Usulan penjadwalan yang dilakukan didasarkan atas data kedatangan material dan mengutamakan kegiatan yang dapat dilakukan terlebih dahulu selama proses fabrikasi *additional bag filter bin#3* sehingga tidak terdapat waktu *idle* pada pekerjaan yang dilakukan serta didukung dengan hasil wawancara. Material yang dapat menjadi acuan perubahan jadwal pada aktivitas kritis. Terdapat aktivitas pembuatan *plate form*, *base plate* dan *handrail* dengan bahan dasar pembuat *platform* adalah Angle;65x6x6000mm L; STEEL yang datang lebih cepat dari estimasi kedatangan material. Material datang pada tanggal 15 November 2021. Pada aktivitas pembuatan *base plat* material yang digunakan adalah material *checkerd plate* dimana material tersebut sudah terdapat pada gudang penyimpanan material. Pada aktivitas pembuatan *handrail* material yang digunakan adalah Pipe 1.5” yang sudah terdapat pada gudang penyimpanan material. Aktivitas pembuatan solenoid dengan bahan material pembuat adalah Solenoid Valve yang sudah terdapat pada gudang penyimpanan.

Pembaharuan jadwal dilakukan pada aktivitas yang telah dilakukan dengan persetujuan *project manager additional bag filter bin#3*. Aktivitas pembuatan *platform* dengan durasi normal adalah 8 hari dipersingkat durasinya menjadi 6 hari. Pada aktivitas pembuatan *base plat* dengan durasi normal adalah 5 hari yang memiliki aktivitas pendukung sebelumnya adalah *platform* yang telah diubah durasinya, sehingga pembuatan *base plat* dapat dipercepat menjadi 3 hari. Aktivitas pembuatan *platform* dimulai pada tanggal 27 Januari hingga 08

Februari 2022 yang menyebabkan aktivitas pembuatan *base plat* dilakukan lebih cepat yang pada perencanaan dilakukan pmulai tanggal 07 Februari 2022 hingga 10 Februari 2022. Durasi yang dipersingkat harus dapat dilakukan dan diselesaikan dengan tepat dikarenakan seluruh material sudah tersedia pada gudang penyimpanan material dan menurut *expert judgement* dan *project manager* pada aktivitas tersebut dapat dilakukan pemotongan hari tanpa melakukan jam kerja tambahan atau lembur dikarenakan aktivitas tersebut belum dalam progress pengerjaan. Jika aktivitas tersebut pada saat proses eksekusi terjadi progress yang lebih lambat dari perencanaan jadwal usulan, maka pekerjaan tersebut perlu dilakukan jam kerja tambahan dengan waktu maksimal yaitu 3 jam, namun hal tersebut diluar batasan penelitian ini. Berikut merupakan tabel penjadwalan yang telah diperbaharui.

TABEL 10
PENJADWALAN YANG TELAH DIPERBAHARUI

No	Activity	Start Date	End Date	Duration (Day)
1	Cage	03/01/2022	07/01/2022	5
2	Support Cage	03/01/2022	05/01/2022	3
3	Tube Sheet	10/01/2022	12/01/2022	3
4	Header Tank	13/01/2022	14/01/2022	2
5	Duct	17/01/2022	18/01/2022	2
6	Hood	18/01/2022	24/01/2022	5
7	Platform	24/01/2022	28/01/2022	5
8	Base Plat	31/01/2022	03/02/2022	3
9	Solenoid	04/02/2022	04/02/2022	1
10	HandRail	04/02/2022	04/02/2022	1
11	Assembly Bag Filter	07/02/2022	08/02/2022	2
	INSTALASI			
12	Pemasangan Scaffolding	21/02/2022	21/02/2022	1
13	Pelepasan Pfister Feeder	21/02/2022	21/02/2022	1
14	Cleaning bin#3	22/02/2022	23/02/2022	2
15	Pelepasan Filter Bag – Partial	22/02/2022	24/02/2022	3
16	Pelepasan sensor	25/02/2022	25/02/2022	1
17	Pelepasan Duct	25/02/2022	25/02/2022	1
18	Pemindahan Manhole bin#3	01/03/2022	01/03/2022	1
19	Pemindahan sensor	01/03/2022	01/03/2022	1
20	Pelepasan Fan	02/03/2022	02/03/2022	1
21	Pelepasan Explosion Door	02/03/2022	02/03/2022	1
22	Pemindahan Explosion Door	02/03/2022	02/03/2022	1
23	Marking bin#3 (duct inlate)	01/03/2022	01/03/2022	1
24	Pemotongan hole bin#3 (duct inlate)	02/03/2022	02/03/2022	1

No	Activity	Start Date	End Date	Duration (Day)
25	Pemasangan Bottom Cone - Body Casing+Top Casing	04/03/2022	07/03/2022	2
26	Pemasangan Stand Purgung dan Part Support	08/03/2022	08/03/2022	1
27	Pemasangan Fan	04/03/2022	04/03/2022	1
28	Pemasangan Hood & Duct	04/03/2022	04/03/2022	1
29	Pemasangan Solenoid & Valve	07/03/2022	07/03/2022	1
30	Pemasangan New Filter Bag + Cage	08/03/2022	08/03/2022	1
31	Perluasan Plateform	09/03/2022	15/03/2022	5
32	Pemasangan Header Tank	14/03/2022	16/03/2022	3
33	Test Run	21/03/2022	23/03/2022	3
	CLOSING			
34	Commissioning Test	24/03/2022	01/06/2022	50
35	Berita Acara Serah Terima (BAST)	06/06/2022	06/06/2022	1

V. KESIMPULAN

Kondisi ketepatan waktu pada proyek *additional bag filter bin#3* yang telah dianalisis dengan metode *earn value analysis* yang dilakukan berdasarkan analisis varian yang menghasilkan perhitungan bahwa proyek terlambat mulai pada hari ke-20 hingga hari ke-63. Analisis yang dilakukan dengan menggunakan indikator-indikator nilai hasil antara SPI dan CPI menghasilkan perhitungan bahwa proyek terlambat mulai pada hari ke-39 hingga hari ke-63. Keterlambatan yang terjadi pada proyek *additional bag filter bin#3* perlu dilakukan perhitungan estimasi keterlambatan, berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan proyek akan selesai dalam 143 hari atau terlambat 9 hari dari durasi proyek sesungguhnya yang berdurasi 134 hari. Biaya yang perlu dikeluarkan dengan asumsi vendor dapat memenuhi target proyek adalah sebesar Rp 209.570.593,26. Penjadwalan ulang dilakukan pada sisa paket aktivitas fabrikasi. Hasil perancangan jadwal ulang membuat durasi selesai aktivitas fabrikasi menjadi lebih cepat untuk mencegah keterlambatan pada aktivitas instalasi. Pada jadwal eksisting tahap fabrikasi akan selesai pada tanggal 18 Februari 2022, setelah dilakukan perancangan jadwal ulang tahap fabrikasi direncanakan akan selesai pada tanggal 04 Februari 2022. Perubahan tanggal dan durasi dipertimbangkan berdasarkan ketersediaan material yang siap pakai dan aktivitas yang dapat dilakukan bersamaan.

REFERENSI

Electronic References

Ayu Herzanita. (2019). Penggunaan Standard Wbs (Work Breakdown Structure) Pada Proyek Bangunan Gedung. *Jurnal Infrastruktur*, 5(1), 29–34. <https://doi.org/10.35814/infrastruktur.v5i1.613>

Demora, C., Sutedjo, J. A., & ... (2022). Evaluasi Kinerja Proyek Dengan Metode Earned Value Pada

- Peningkatan Jalan Di Kabupaten Sumenep. *Jurnal Dimensi Pratama* ..., 116–121. <https://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-sipil/article/view/12107>
- Dewi, N. A., Supriadi, L. S. R., & Latief, Y. (2020). Development of WBS (work breakdown structure) dictionary and checklist for safety planning of tunnel construction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1007(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1007/1/012009>
- Edition, S. (1996). A Guide to the project management body of knowledge. In *Choice Reviews Online* (Vol. 34, Issue 03). <https://doi.org/10.5860/choice.34-1636>
- Gunasti, A., Rofiqi, A., & Priyono, P. (2019). Penerapan Metode Barchart, CPM, PERT dan Crashing Project dalam Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung G Universitas Muhammadiyah Jember. *Rekayasa: Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), 7. <https://doi.org/10.53712/rjrs.v4i1.612>
- Izeul, M., Indryani, R., Sipil, J. T., Sipil, F. T., Teknologi, I., Nopember, S., Arief, J., Hakim, R., Retnoiceitsacid, E., & Proyek, A. K. (2015). Metode Earned Value Untuk Analisa Kinerja Biaya Pembangunan Condotel De Vasa Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), 54–59.
- Putri, A. S. T., & Amroni, A. (2020). Sistem Informasi Perhitungan Dan Pencatatan Akuntansi Pengupahan Karyawan Menggunakan Metode Accrual Basis Berbasis Web (Studi Kasus: Pt Herona Express Cabang Cirebon). *Jurnal Digit*, 10(1), 102. <https://doi.org/10.51920/jd.v10i1.161>
- Safitri, E., Basriati, S., & Hanum, L. (2019). Optimasi Penjadwalan Proyek menggunakan CPM dan PDM (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Balai Nikah dan Manasik Haji KUA Kecamatan Kateman Kabupaten Indragiri Hilir). *Sains Matematika Dan Statistika*, 5 No. 2(2), 17–25.
- Sugiyanto, A., & Gondokusumo, O. (2020). Perbandingan Metode Earned Value, Earned Schedule, Dan Kalman Filter Earned Value Untuk Prediksi Durasi Proyek. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(1), 155. <https://doi.org/10.24912/jmts.v3i1.7069>
- Sukwika, T. (2018). Peran Pembangunan Infrastruktur terhadap Ketimpangan Ekonomi Antarwilayah di Indonesia. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 6(2), 115. <https://doi.org/10.14710/jwl.6.2.115-130>