

PERENCANAAN WAKTU PENYELESAIAN PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN *CRITICAL PATH METHOD* STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN BOOSTER DEGRADATION SHELTER FOUNDATION TBBM PT. PERTAMINA – KUTOWINANGUN – CILACAP

Allan Rifardi¹, Wahyu Inggar Fipiana², Meilan Agustin³

Program Studi Teknik Industri,
Fakultas Teknik Universitas Borobudur

ABSTRAK

Perencanaan dan pelaksanaan suatu proyek konstruksi melibatkan beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dan diperhitungkan yaitu biaya, mutu dan waktu. Faktor waktu berupa penentuan durasi pekerjaan merupakan faktor yang sangat krusial. Metode yang digunakan dalam penulis tugas akhir ini adalah dengan menggunakan metode *critical path method* (CPM), dan untuk me-monitoring penjadwalan waktu dengan menggunakan metode kurva S, agar lebih memudahkan pelaku kontraktor untuk melihat sejauh mana target penyelesaian pekerjaan, di lihat dengan bobot prestasi per minggu nya di dalam Kurva S Rencana dan Kurva S Aktual. Dalam menerapkan metode CPM pada penilitan ini mendapatkan waktu penyelesaian 287 hari. jika dibandingkan dengan jadwal yang sudah di sepakati oleh pihak *owner* melalui data proyek yaitu dengan umur penyelesaian proyek selama 340 Hari. yang arti nya akan memberikan keuntungan dari segi waktu penyelesaian proyek akan lebih cepat 53 Hari. Agar dapat bertambah sempurna dalam melakukan perencanaan penjadwalan waktu pada kegiatan pekerjaan konstruksi di sarankan untuk dapat mencoba dengan menggunakan metode lain seperti PDM, *Bar Chart*, serta agar lebih baik lagi dilakukan pengendalian waktu atau biaya dengan metode *crashing*, serta alokasi tenaga kerja dan lembur pekerjaan.

Kata Kunci : Proyek; Perencanaan Waktu; *Network planning*; Metode CPM; Kurva S

PENDAHULUAN

Di dalam perencanaan dan pelaksanaan suatu proyek konstruksi melibatkan beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dan diperhitungkan yaitu biaya, mutu dan waktu. Faktor waktu berupa penentuan durasi pekerjaan merupakan faktor yang sangat krusial. Penerapan seluruh kegiatan yang direncanakan yang sesuai dengan perencanaan merupakan hal yang sangat diharapkan oleh setiap orang yang bergelut dengan dunia konstruksi. Keberhasilan atau kegagalan dalam penyelesaian proyek tergantung dari perencanaan, penjadwalan waktu dan pengendalian proyek yang dikelola secara efektif dan efisien. Namun, sering kali masih banyak penyelesaian proyek yang tidak dikelola secara efektif dan efisien.

Hal ini mengakibatkan waktu penyelesaian proyek terlambat, biaya proyek membengkak, dan kinerja menurun. Pelaksana proyek harus memutuskan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk setiap aktivitas proyek, dan menghitung berapa banyak orang serta bahan yang diperlukan pada tiap tahap proyek. Namun di lapangan, penyelesaian proyek masih banyak yang mengalami keterlambatan waktu, tidak selesai sesuai jadwal. Maka dari itu perlu dilakukannya perencanaan waktu penyelesaian proyek dengan menggunakan metode CPM agar proyek bisa berjalan sesuai dengan rencana yang ditentukan dan dapat dikerjakan tepat waktu.

¹ Alumni Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Borobudur Jakarta

² Dosen Fakultas Teknik Universitas Borobudur, Jakarta

³ Dosen Fakultas Teknik Universitas Borobudur, Jakarta

LANDASAN TEORI

Menurut Dewi (2011:7) mengatakan bahwa manajemen waktu adalah perencanaan, pengorganisasian, penggerakan dan pengawasan produktivitas waktu. Waktu menjadi salah satu sumber daya unjuk kerja. Sumber daya yang mesti dikelola agar sebuah tugas dapat dikerjakan secara efektif dan efisien.

Menurut Husen (2009) perencanaan (planning) adalah suatu tahapan untuk menyiapkan segala program teknis dan administratif agar dapat diimplementasikan dalam pelaksanaan manajemen proyek.

Menurut (Ardani, 2009: hal 45) penjadwalan proyek adalah daftar urutan waktu operasional proyek yang berguna sebagai pokok garis pedoman pada saat proyek dilaksanakan. Pada tahap ini harus dibuat suatu daftar pekerjaan sesuai dengan kesatuan aktivitas yang mudah ditangani secara bersamaan. Tujuan memecah lingkup aktivitas dan penyelesaian proyek.

Proses penjadwalan diawali dengan mengidentifikasi aktivitas proyek, setiap aktivitas diidentifikasi agar dapat dimonitor dengan mudah dan dapat dimengerti pelaksanaannya, sehingga tujuan proyek yang telah ditentukan dapat terlaksana sesuai dengan jadwal. (Soeharto, 1999:12)

Jenis-jenis time schedule ialah metode penjadwalan yang akan dipilih untuk membuat time schedule di antaranya :

1. *Bar-chart & Curva S*
2. *Line balanced diagram*
3. *Network planning diagram* :
 - a. *Program Evaluation And Review Technique (PERT)*
 - b. *Critical Path Method (CPM)*
 - c. *Precedence Diagram Method (PDM)*

Jaringan kerja yang masing-masing komponen kegiatannya telah diberikurun waktu kemudian secara keseluruhan dianalisa dan dihitung kurun waktu penyelesaian proyek, sehingga dapat diketahui jadwal induk dan jadwal untuk pelaksanaan pekerjaan di lapangan. (Soeharto, 1999: hal 2)

Jaringan kerja merupakan jaringan yang terdiri dari serangkaian kegiatan untuk menyelesaikan suatu proyek berdasarkan urutan dan ketergantungan kegiatan satu dengan kegiatan lainnya. Sehingga suatu pekerjaan belum dapat dimulai apabila aktifitas sebelumnya belum selesai dikerjakan.

Menurut Levin dan Kirkpatrick (1972:p99), metode Jalur Kritis (*Critical - Path Method - CPM*), yakni metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek - proyek merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. Dengan CPM, jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek dianggap diketahui dengan pasti, demikian pula hubungan antara sumber yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek.

Pada metode CPM terdapat dua buah perkiraan waktu dan biaya untuk setiap kegiatan yang terdapat dalam jaringan. Kedua perkiraan tersebut adalah perkiraan waktu penyelesaian dan biaya yang sifatnya normal (*normal estimate*) dan perkiraan waktu penyelesaian dan biaya yang sifatnya dipercepat (*crash estimate*).

Menurut (Husen (2009:75) kurva S atau *Hanumm curve* adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh *Warren T. Hanumm* atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek.

Menyusun Kurva S Untuk membuat kurva S, jumlah persentase kumulatif bobot masing-masing kegiatan pada suatu metode diantara durasi proyek diplotkan terhadap sumbu vertical sehingga bila hasilnya dihubungkan dengan garis, akan membentuk kurva S.

Table 1. Peneliti Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Hasil Penelitian
1.	I Nyoman Lokajaya (2019)	“analisis pengendalian waktu dan biaya pada proyek peningkatan jalan dengan metode CPM dan PERT”	Maka dapat disimpulkan bahwa : 1. Rencana waktu penyelesaian Proyek Peningkatan Struktur Jalan Bukit Batu – Lungkuh Layang – Kalahien sesuai evaluasi <i>Time Schedule/Curve S</i> , didapatkan waktu penyelesaian proyek 275 hari. 2. Waktu penyelesaian proyek sesuai rekayasa ulang Netwok Planning dengan metode CPM dan PERT, Biaya total berdasarkan waktu optimal dari 275 hari sebesar Rp 24.972.450.794,11 menjadi 252 hari sebesar Rp 24.972.450.794,11 + Rp 547.500,00 = Rp 24.972.998.294,11
2	Liston hari aryono (2014)	Alternatif pemilihan metode penjadwalan dan estimasi biaya proyek dengan menggunakan simulasi <i>monte carlo</i> pada pembangunan gedung <i>neo condotel ba</i> ”	Penelitian tersebut menyimpulkan yaitu Dari hasil simulasi terhadap biaya proyek didapatkan nilai RAB sebesar Rp 57.244.397.768 dimana hasil tersebut lebih ekonomis Rp. 311.755.421. Serta hasil simulasi terhadap durasi proyek didapatkan 306 hari. Hasil dari simulasi juga menunjukkan bahwa dari 100% resiko yang dapat terjadi 56,6% berasal dari pekerjaan struktur dan upperstruktur, kemudian diikuti pekerjaan pemasangan dinding dan partisi sebesar 10%, disusul dengan pekerjaan plafon dengan resiko sebesar 8,6%.
3	Tommy Aro Telaumbanua Jantje B. Mangare, Mochtar Sibi (2017)	“Perencanaan waktu penyelesaian proyek toko modisland manado dengan metode CPM”	Dengan menerapkan metode CPM pada proyek Pembangunan Toko Modisland Manado mendapatkan waktu penyelesaian proyek 168 hari. Jika dibandingkan antara hasil perhitungan yang dilakukan oleh CV. MEKANIKA BAJA UTAMA membutuhkan waktu 192 hari, Hal ini akan memberikan keuntungan dari segi waktu penyelesaian proyek akan lebih cepat 24 hari.

PEMBAHASAN

Penelitian ini melakukan pengolahan data durasi proyek dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) untuk mengantisipasi keterlambatan, Pekerjaan ini dimulai dengan persiapan yakni membuat RAB (Rincian Anggaran Biaya) yang sudah dilakukan WBS (*Work Breakdown Structure*), secara detail dalam pembuatan penyusunan RAB.

Dari hasil data yang di dapat pada proyek pembangunan *Booster Trafo Deg Shelter Foundation* TBBM (Terminal Bahan Bakar Minyak) PT. Pertamina – Kutowinangun – Cilacap. data yang di dapat yaitu *Time Schedule* yang berisi item pekerjaan, volume pekerjaan, dan durasi waktu, dapat di lihat pada tabel di bawah ini :

Tabel. 2. Time Schedule

No.	Description	Unit	Qty	Bobot	Durasi
1	Pekerjaan Persiapan	Ls	1,00	0,00	3
2	Galian tanah	Kg	27.439,10	27,63	6
4	Pondasi Pile Cap F1	Ls	1,00	0,00	7
5	Pondasi Pile Cap F2	M2	783,97	0,79	25
6	Sloof 400x300 & 300x500	Kg	27.439,10	27,63	25
7	Steel Structure				
	a. WH-250x250x9x14	kg	2.607,00	2,63	15
	b. WF 250x250x9x14	kg	12.189,66	12,28	15
	c. WF 250x125x6x9	kg	2.858,74	2,88	15
	d. WF 200x100x5.5x8	kg	401,95	0,40	15
	e. WF 250x125x6x9	kg	271,91	0,27	15
	f. WF 350x175x7x11	kg	3.409,16	3,43	15
	g. WF 400x200x8x13	kg	4.242,68	4,27	15
	h. SH-250x125x6x9	kg	1.266,00	1,28	15
	i. SH-200x100x5.7x8	kg	192,00	0,19	15
	j. Channel C 150x50x20x3.2	kg	9.605,28	9,67	10

Sumber : Data Project

Tabel. 2 Time Schedule (lanjutan)

	k. Channel C-125x50x20x3.2	kg	289,00	0,29	10
	l. Fascia frame L 50x50x5	kg	1.780,34	1,79	10
	m. Sag Rod Ø12mm	kg	249,11	0,25	10
	n. Bracing L 80x80x8	kg	923,24	0,93	10
	o. Stiffener plate 10 mm	kg	531,60	0,54	10
	p. Stopper Plate 10 mm	kg	44,75	0,05	10
	q. Gusset plate 6 mm	kg	294,54	0,30	10
	r. Gusset plate 10 mm	ls	1,00	0,00	10
	s. Bolt and Nut	ea	156,00	0,16	7
	t. Bolt and nuts	ls	1,00	0,00	7
	u. High Strength Bolt & Nuts	ea	48,00	0,05	7
	v. Base Plate 10 mm	kg	16,78	0,02	7
	w. End plate 19 mm	ls	1,00	0,00	7
	x. Wind brace ø16 mm	m'	234,78	0,24	7
	y. Fascia carrugated metal	m2	6,80	0,01	15
	z. Fascia zinalume 0.5 mm	m2	135,67	0,14	15
	aa Siding zinalume 0.5 mm	m2	396,02	0,40	15
	b Roof corrugated metal	m2	177,60	0,18	15
	cc Gutter frame	m'	121,30	0,12	15
	d Ridge capping	m'	56,80	0,06	15
	e Thermal Insulation	m2	227,48	0,23	15
	ff Atap zinalume 0.5 mm	m2	649,08	0,65	15
	gg Down spout ø4" galvanis,	m'	173,41	0,17	10
	h Pipa air hujan	m'	42,00	0,04	10
	ii. Strainer ø4"	ea	26,00	0,03	10
	jj. Pintu besi (1,6 m x 2,54 m)	unit	1,00	0,00	7
	kk Jendela (0,6 m x 1,5 m)	unit	1,00	0,00	7
				100,00	

Sumber : Data Project

Dari data yang di dapat dalam bentuk kurva S di PT. Aluphi Hijau lumina pada *project trafo booster deg shelter TBBM Kutowinangun* terdapat penyelesaian waktu pekerjaan proyek selama 340 Hari kalender pada tabel Kurva S schedule sebagai berikut :

Gambar 1. Kurva S



Sumber : Data Project

Analisis Metode *Critical Path Method* dengan Membuat *Work Break down Structure* (WBS), Data sekunder yang berupa data pekerjaan proyek dan bobot dari Kurva S, akan diidentifikasi dan diuraikan menjadi komponen yang lebih kecil (*work breaking down structure*), untuk mendapatkan ke rincian yang lebih tinggi. Sama -kin rinci kegiatan maka semakin rinci pula hubungannya dengan kegiatan lain.

Karena item pekerjaan tersebut terlalu banyak, otomatis harus diperkecil lagi WBS karena akan ada banyak sekali *dummy*, sehingga analisis CPM tidak akan efektif, maka WBS menjadi seperti tabel 3

Tabel. 3 *Work Breakdown Structure* (WBS) Item Pekerjaan

Code	Activity
1	Pekerjaan Persiapan
1.1	Pemasangan Bouwplank dan Demobilisasi
2	Pekerjaan Tanah
2.1	Galian tanah pondasi
2.2	Timbunan limestone
2.3	Timbunan sirtu
2.4	Pemadatan bekas galian
2.5	Sand bedding
2.6	Lean concrete (k-150)
3	Pilecap F1
3.1	Rebar D16-200
3.2	Bekisting
3.3	Beton K-275
4	Pilecap F2
4.1	Rebar D16-200
4.2	Bekisting
4.3	Beton K-275
5	Sloof (300 x 500)
5.1	Rebar D16-150
5.2	Bekisting
5.3	Beton K-275

Sumber : Hasil olah data penulis

Tabel. 4 *Work Breakdown Structure* (WBS) Item Pekerjaan (lanjutan)

6	Sloof (300 x 400)
6.1	Rebar D16-150
6.2	Bekisting
6.3	Beton K-275
7	Kolom pedestal F1
7.1	Rebar D16-200
7.2	Bekisting
7.3	Beton K-275
8	Kolom pedestal F2
8.1	Rebar D16-150
8.2	Bekisting
8.3	Beton K-275
9	Str. Baja Shelter DEG
9.1	End plate 19 mm
9.2	Kolom WF 250x250x9x14
9.3	Bolt and nuts
9.4	Girder WF 250x125x6x9
9.5	Rafter WF 350x175x7x11
9.6	Purlin C 150x50x20x3.2
9.7	Wind brace \varnothing 16 mm
9.8	Overhang WF 200x100x5.5x8
9.9	Stiffener plate 10 mm
9.10	Bracing L 80x80x5
9.11	Gusset plate 10 mm
9.12	Girt C 150x50x20x3.2
10	Roof
10.1	Fascia zinalume 0.5 mm
10.2	Ridge capping
10.3	Fascia frame L 50x50x5
11	Roof Drain
11.1	Gutter frame
11.2	Strainer roof drain \varnothing 4" Galvanized
11.3	Down spout \varnothing 4" galvanis, dengan aksesoris

Sumber : Hasil olah data penulis

Hubungan Antar Kegiatan dengan menyusun kembali komponen-komponen menjadi mata rantai dengan urutan yang sesuai logika ketergantungan berdasarkan studi *literature*, metode pelaksanaan pekerjaan pembangunan *Booster Trafo Shelter Foundation* TBBM PT. Pertamina – Kutowinangun – Cilacap.

Tabel. 5 Rekapitulasi Hubungan Antar kegiatan dan Durasi Secara Keseluruhan

Code	Activity	Durasi	Biaya	Kegiatan Pendahulu
1	Pekerjaan Persiapan			
1.1	Pemasangan Bouwplank dan Demobilisasi	2	Rp 8.960.672	-
2	Pekerjaan Tanah		Rp 8.960.672	
2.1	Galian tanah pondasi	1	Rp 3.843.444	1.1
2.2	Timbunan limestone	1	Rp 44.817.395	3.3, 4.3
2.3	Timbunan sirtu	1	Rp 8.566.668	2.2
2.4	Pemadatan bekas galian	1	Rp 583.308	2.3
2.5	Sand bedding	1	Rp 699.019	2.1
2.6	Lean concrete (k-150)	1	Rp 1.818.082	2.5
3	Pilecap F1		Rp 60.327.916	
3.1	Rebar D16-200	2	Rp 13.331.031	2.6
3.2	Bekisting	2	Rp 121.901.245	3.1
3.3	Beton K-275	2	Rp 6.834.119	3.2
4	Pilecap F2		Rp 142.066.395	
4.1	Rebar D16-200	2	Rp 1.542.943	2.6
4.2	Bekisting	2	Rp 19.398.888	4.1
4.3	Beton K-275	2	Rp 949.183	4.2
5	Sloof (300 x 500)		Rp 21.891.014	
5.1	Rebar D16-150	2	Rp 12.000.671	2.4
5.2	Bekisting	2	Rp 788.689.603	5.1
5.3	Beton K-275	2	Rp 20.031.340	5.2
6	Sloof (300 x 400)		Rp 820.721.614	
6.1	Rebar D16-150	2	Rp 2.770.441	2.4
6.2	Bekisting	2	Rp 792.164.477	6.1
6.3	Beton K-275	2	Rp 2.312.189	6.2

Sumber : Hasil olah data penulis

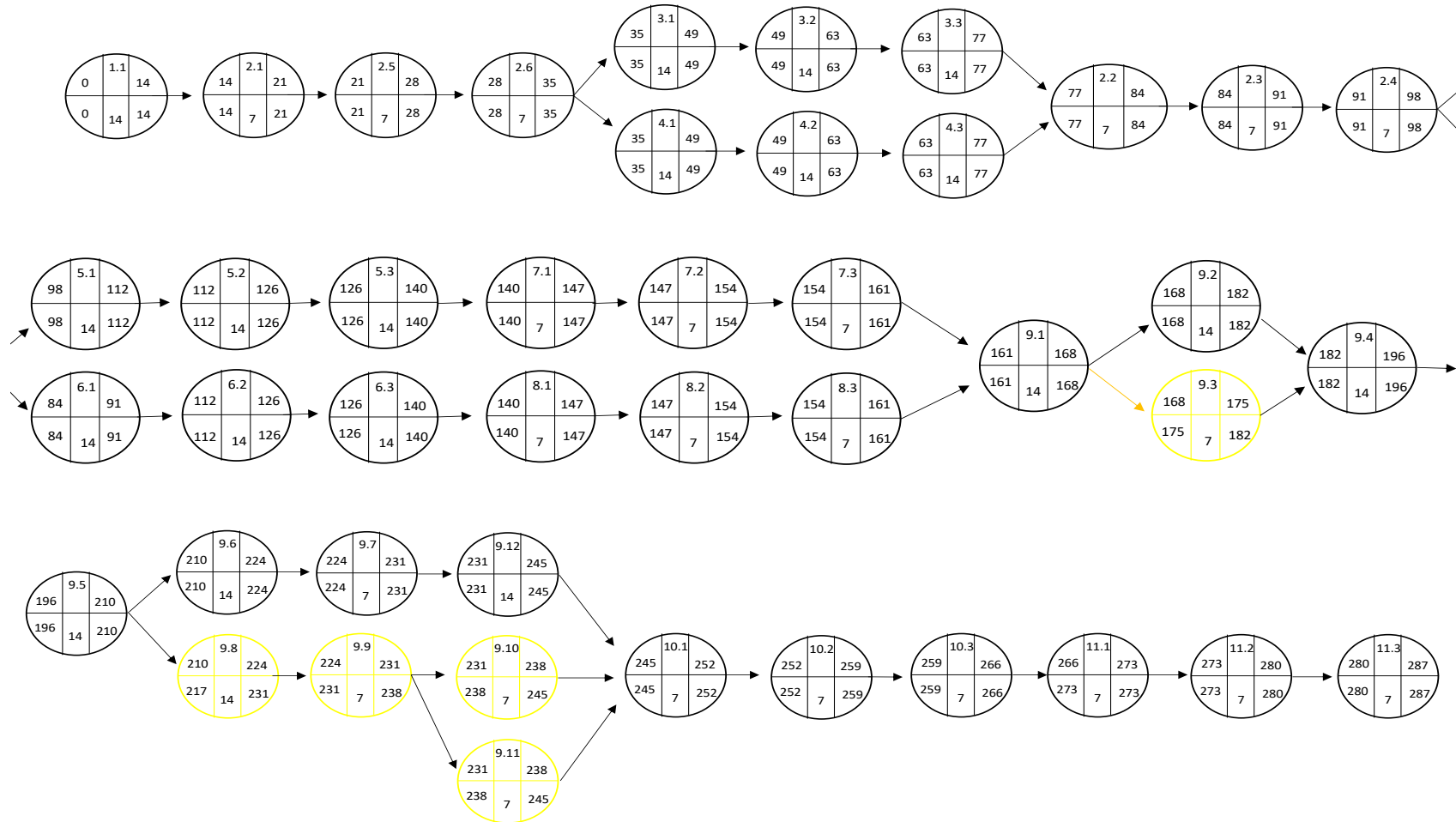
Tabel. 6 Rekapitulasi Hubungan Antar kegiatan dan Durasi Secara Keseluruhan (lanjutan)

7	Kolom pedestal F1		Rp	797.247.107	
7.1	Rebar D16-200	1	Rp	4.937.419	5.3
7.2	Bekisting	1	Rp	18.968.274	7.1
7.3	Beton K-275	1	Rp	17.526.948	7.2
8	Kolom pedestal F2		Rp	41.432.641	
8.1	Rebar D16-150	1	Rp	1.542.943	6.3
8.2	Bekisting	1	Rp	13.713.492	8.1
8.3	Beton K-275	1	Rp	2.163.821	8.2
9	Str. Baja Shelter DEG		Rp	17.420.256	
9.1	End plate 19 mm	1	Rp	23.849.489	7.3, 8.3
9.2	Kolom WF 250x250x9x14	2	Rp	2.656.015.511	9.1
9.3	Bolt and nuts	1	Rp	23.094.660	9.1
9.4	Girder WF 250x125x6x9	2	Rp	708.257.660	9.2, 9.3
9.5	Rafter WF 350x175x7x11	2	Rp	1.671.378.800	9.4
9.6	Purlin C 150x50x20x3.2	2	Rp	812.617.242	9.5
9.7	Wind brace ϕ 16 mm	1	Rp	70.070.992	9.6
9.8	Overhang WF 200x100x5.5x8	2	Rp	2.710.464	9,5
9.9	Stiffener plate 10 mm	1	Rp	126.865.464	9.8
9.10	Bracing L 80x80x5	1	Rp	1.160.608.896	9,9
9.11	Gusset plate 10 mm	1	Rp	53.143.904	9,9
9.12	Girt C 150x50x20x3.2	2	Rp	347.062.510	9,7
10	Roof		Rp	7.655.675.592	
10.1	Fascia zinalume 0.5 mm	1	Rp	47.310.563	9.12, 9.10, 9.11
10.2	Ridge capping	1	Rp	1.773.904	10.1
10.3	Fascia frame L 50x50x5	1	Rp	27.359.967	10,2
11	Roof Drain		Rp	76.444.434	
11.1	Gutter frame	1	Rp	5.866.541	10.3
11.2	Strainer roof drain ϕ 4" Galvanized	1	Rp	602.160	11.1
11.3	Down spout ϕ 4" galvanis, dengan aksesoris	1	Rp	10.349.893	11.2
			Rp	16.818.594	
	Grand Total			Rp9.659.006.235	

Sumber : Hasil olah data penulis

Dengan di tentukannya hubungan antar kegiatan, maka dapat dirangkaikan/ disambung – sambungkan berbagai kegiatan yang berkaitan sehingga keseluruhan kegiatan menyusun jaringan kerja (*network diagram*) yang mencerminkan proyek secara keseluruhan. Dapat dilihat pada gambar 2

Gambar. 2 Network Diagram Planning



Sumber : Hasil olah data penulis

Dari hasil data *Network diagram* yang sudah di susun dapat di simpulkan bahwa jalur kritis terdapat pada aktivitas kegiatan Jalur Kritis sebagai berikut :

Jalur Kritis = 1.1 - 2.1 - 2.5 - 2.6 - 3.1 - 4.1 - 3.2 - 4.2 - 3.3 - 4.3 - 2.2 - 2.3 - 2.4 - 5.1 - 6.1 - 5.2 - 6.2 - 5.3 - 6.3 - 7.1 - 8.1 - 7.2 - 8.2 - 7.3 - 8.3 - 9.1 - 9.2 - 9.4 - 9.5 - 9.6 - 9.7 - 9.12 - 10.1 - 10.2 - 10.3 - 11.1 - 11.2 - 11.3.

Dengan durasi waktu adalah sebagai berikut :

14+7+7+7+14+14+14+7+7+7+14+14+14+7+7+7+7+14+14+14+14+7+14+7+7+7+7+7+7+7
= 287 Hari Kalender dengan waktu penyelesaian normal.

Dari hasil perencanaan waktu penyelesaian pembangunan proyek *Booster Trafo Deg Shelter Foundation* TBBM PT. Pertamina – Kutowinangun – Cilacap dengan menggunakan metode *Critical Path Method* dalam bentuk *Network Planning* di dapat lintasan kritis dan non kritis, serta hasil durasi waktu yaitu 287 Hari.

Jika di dibandingkan dengan perencanaan waktu penyelesaian pembangunan proyek yang di dapat dari data proyek yaitu 340 Hari waktu pelaksanaan. Yang arti nya lebih efesien dan efektif untuk menentukan dimana kegiatan pekerjaan yang harus di selesaikan dalam waktu tenggang dan tidak memiliki toleransi atau waktu longgar untuk menyelesaikan pekerjaan.

Dan terdapat juga lintasan non kritis yang memili waktu renggang dalam penyelesaian suatu pekerjaan. Yaitu pekerjaan 9.3, 9.8, 9.9, 9.10, 9.11. Maka dalam hasil analisis yang dilakukan, yang arti nya akan memberikan keuntungan dari segi waktu penyelesaian proyek akan lebih cepat 53 Hari.

Hasil perhitungan dalam menentukan waktu penyelesaian terdiri dari dua tahap, yaitu perhitungan maju (*forward computation*) dan perhitungan mundur (*backward computation*). Dimana dalam aktivitas I - j saling memiliki keterkaitan dalam kegiatan awal mulai dan akhir mulai. Hasil perhitungan ES, EF, LS, dan LF secara keseluruhan pada waktu penyelesaian normal.

Tabel. 7 Hasil perhitungan ES, EF, LS, dan LF

I-j	Aktivitas	Durasi	Early		Latest	
			Mulai EETi	Selesai EETj	Mulai LETi	Selesai LETj
1.1	1	14	0	14	0	14
1.1-2.1	2	7	14	21	14	21
2.1-2.5	3	7	21	28	21	28
2.5-2.6	4	7	28	35	28	35
2.6-3.1	5	14	35	49	35	49
2.6-4.1	6	14	35	49	35	49
3.1-3.2	7	14	49	63	49	63
4.1-4.2	8	14	49	63	49	63
3.2-3.3	9	14	63	77	63	77
4.2-4.3	10	14	63	77	63	77
3.3-2.2	11	7	77	84	77	84
4.3-2.2	12	7	77	84	77	84
2.2-2.3	13	7	84	91	84	91
2.3-2.4	14	7	91	98	91	98
2.4-5.1	15	14	98	112	98	112
2.4-6.1	16	14	98	112	98	112
5.1-5.2	17	14	112	126	112	126
6.1-6.2	18	14	112	126	112	126
5.2-5.3	19	14	126	140	126	140
6.2-6.3	20	7	126	140	126	140
5.3-7.1	21	7	140	147	140	147
6.3-8.1	22	7	140	147	140	147
7.1-7.2	23	7	147	154	147	154
8.1-8.2	24	7	147	154	147	154
7.2-7.3	25	7	154	161	154	161
8.2-8.3	26	7	154	161	154	161
7.3-9.1	27	7	161	168	161	168
8.3-9.1	28	7	161	168	161	168
9.1-9.2	29	14	168	182	168	182
9.1-9.3	30	7	168	175	175	182
9.2-9.4	31	14	182	196	182	196
9.3-9.4	32	14	182	196	182	196

Sumber : Hasil olah data penulis

Tabel. 8 Hasil perhitungan ES, EF, LS, dan LF (lanjutan)

9.4-9.5	33	14	196	210	196	210
9.5-9.6	34	14	210	224	210	224
9.5-9.8	35	14	210	224	217	231
9.6-9.7	36	7	224	231	224	231
9.8-9.9	37	7	224	231	231	238
9.7-9.12	38	14	231	245	231	245
9.9-9.10	39	7	231	238	238	245
9.9-9.11	40	7	231	238	238	245
9.12-10.1	41	7	245	252	245	252
9.10-10.1	42	7	245	252	245	252
9.11-10.1	43	7	245	252	245	252
10.1-10.2	44	7	252	259	252	259
10.2-10.3	45	7	259	266	259	266
10.3-11.1	46	7	266	273	266	273
11.1-11.2	47	7	273	280	273	280
11.2-11.3	48	7	280	287	280	287

Sumber : Hasil olah data penulis

Waktu tenggang kegiatan (*Activity float time* atau *slack, S*) dapat diukur sebagai perbedaan waktu mengambang atau *float time (total float, free float dan independent float)* antara LF dan EF atau LS dan ES.

- I-j adalah identitas *event* dimana I *event* awal suatu kegiatan dan j nomor *event* yang mengakhiri suatu kegiatan i<j.
perhitungan *float time* (TF, FF, dan IF) adalah sebagai berikut, diambil salah satu item pekerjaan yaitu pekerjaan persiapan :
 1. Peristiwa awalnya adalah peristiwa nomor 1, i = 1
LS = 0
EF = 0
 2. Peristiwa akhirnya adalah peristiwa nomor 2, j = 2.
LS = 14
EF = 14

Gambar 3. *Network Planning Float Time*

0	1.1	14
0	14	14

Sumber : Olah data penulis (2021)

3. Lama Kegiatan (D) = (14) Hari.

a. *Total Float* (TF) = LF – D – ES = 14 – 14 – 0 = 0

b. *Free Float* (FF) = EF – D – ES = 14 – 14 – 0 = 0

c. *Independent Float* (IF) = EF – D – LS = 14 – 14 – 0 = 0

Hasil perhitungan *Float Time* untuk masing-masing kegiatan dapat dilihat pada tabel 9 Dari perhitungan diatas dapat dilihat kegiatan-kegiatan yang termasuk dalam lintasan kritis dan non kritis.

Tabel. 9 Hasil Perhitungan *Float Time*

I-j	Aktivitas	Durasi	Early		Latest		Total Float	Free Float	Independent Float
			Mulai EETi	Selesai EETj	Mulai LETi	Selesai LETj			
1.1	1	14	0	14	0	14	0	0	0
1.1-2.1	2	7	14	21	14	21	0	0	0
2.1-2.5	3	7	21	28	21	28	0	0	0
2.5-2.6	4	7	28	35	28	35	0	0	0
2.6-3.1	5	14	35	49	35	49	0	0	0
2.6-4.1	6	14	35	49	35	49	0	0	0
3.1-3.2	7	14	49	63	49	63	0	0	0
4.1-4.2	8	14	49	63	49	63	0	0	0
3.2-3.3	9	14	63	77	63	77	0	0	0
4.2-4.3	10	14	63	77	63	77	0	0	0
3.3-2.2	11	7	77	84	77	84	0	0	0
4.3-2.2	12	7	77	84	77	84	0	0	0
2.2-2.3	13	7	84	91	84	91	0	0	0
2.3-2.4	14	7	91	98	91	98	0	0	0
2.4-5.1	15	14	98	112	98	112	0	0	0
2.4-6.1	16	14	98	112	98	112	0	0	0
5.1-5.2	17	14	112	126	112	126	0	0	0
6.1-6.2	18	14	112	126	112	126	0	0	0
5.2-5.3	19	14	126	140	126	140	0	0	0
6.2-6.3	20	14	126	140	126	140	0	0	0
5.3-7.1	21	7	140	147	140	147	0	0	0
6.3-8.1	22	7	140	147	140	147	0	0	0
7.1-7.2	23	7	147	154	147	154	0	0	0
8.1-8.2	24	7	147	154	147	154	0	0	0
7.2-7.3	25	7	154	161	154	161	0	0	0
8.2-8.3	26	7	154	161	154	161	0	0	0
7.3-9.1	27	7	161	168	161	168	0	0	0
8.3-9.1	28	7	161	168	161	168	0	0	0
9.1-9.2	29	14	168	182	168	182	0	0	0
9.1-9.3	30	7	168	175	175	182	7	0	-7
9.2-9.4	31	14	182	196	182	196	0	0	0
9.3-9.4	32	14	182	196	182	196	0	0	0

Sumber : Hasil olah data penulis

Tabel. 10 Hasil Perhitungan *Float Time* (lanjutan)

9.4-9.5	33	14	196	210	196	210	0	0	0
9.5-9.6	34	14	210	224	210	224	0	0	0
9.5-9.8	35	14	210	224	217	231	7	0	-7
9.6-9.7	36	7	224	231	224	231	0	0	0
9.8-9.9	37	7	224	231	231	238	7	0	-7
9.7-9.12	38	14	231	245	231	245	0	0	0
9.9-9.10	39	7	231	238	238	245	7	0	-7
9.9-9.11	40	7	231	238	238	245	7	0	-7
9.12-10.1	41	7	245	252	245	252	0	0	0
9.10-10.1	42	7	245	252	245	252	0	0	0
9.11-10.1	43	7	245	252	245	252	0	0	0
10.1-10.2	44	7	252	259	252	259	0	0	0
10.2-10.3	45	7	259	266	259	266	0	0	0
10.3-11.1	46	7	266	273	266	273	0	0	0
11.1-11.2	47	7	273	280	273	280	0	0	0
11.2-11.3	48	7	280	287	280	287	0	0	0

Sumber : Hasil olah data penulis

Dari hasil tabel perhitungan *Float time* terdapat total *float* pada *event* i. 9.1 – j. 9.3 = 7 hari, *event* i.9.5 – j.9.8 = 7, *event* i.9.8 – j. 9.9 = 7, *event* i.9.9 – j.9.10, *event* i.9.9 – j.9.11= 7, yang artinya dimana identitas *event* dimana l *event* awal suatu kegiatan dan j nomor *event* yang mengakhiri suatu kegiatan i<j, menunjukkan jumlah waktu yang diperkenankan pada suatu kegiatan yang boleh ditunda.

Sedangkan pada hasil tabel perhitungan *Float time* terdapat juga *Independent Float* pada *event* i. 9.1 – j. 9.3 = -7 hari, *event* i.9.5 – j.9.8 = -7, *event* i.9.8 – j. 9.9 = -7, *event* i.9.9 – j.9.10, *event* i.9.9 – j.9.11= -7, yang artinya dimana identifikasi suatu kegiatan tertentu dalam jaringan kerja yang meskipun kegiatan tersebut terlambat, tidak berpengaruh terhadap *total float* dari kegiatan yang mendahului ataupun kegiatan berikutnya.

Time schedule mengandung batasan alokasi waktu penyelesaian masing-masing item pekerjaan secara runtut yang ditetapkan sebagai acuan dalam penyelesaian suatu proyek pekerjaan. Dan untuk Kurva S sendiri merupakan grafik yang memperlihatkan hubungan antara akumulasi anggaran biaya proyek terhadap jadwal proyek.

Tabel. 13 Time Schedule

Code	Activity	Durasi	Biaya	Kegiatan Pendahulu	Bobot (%)
1	Pekerjaan Persiapan				
1.1	Pemasangan Bouwplank dan Demobilisasi	2	Rp 8.960.672	-	0,09
2	Pekerjaan Tanah		Rp 8.960.672		
2.1	Galian tanah pondasi	1	Rp 3.843.444	1.1	0,05
2.2	Timbunan limestone	1	Rp 44.817.395	3.3, 4.3	0,46
2.3	Timbunan sirtu	1	Rp 8.566.668	2.2	0,09
2.4	Pemadatan bekas galian	1	Rp 583.308	2.3	0,01
2.5	Sand bedding	1	Rp 699.019	2.1	0,01
2.6	Lean concrete (k-150)	1	Rp 1.818.082	2.5	0,02
3	Pilecap F1		Rp 60.327.916		
3.1	Rebar D16-200	2	Rp 13.331.031	2.6	0,14
3.2	Bekisting	2	Rp 121.901.245	3.1	1,26
3.3	Beton K-275	2	Rp 6.834.119	3.2	0,07
4	Pilecap F2		Rp 142.066.395		
4.1	Rebar D16-200	2	Rp 1.542.943	2.6	0,02
4.2	Bekisting	2	Rp 19.398.888	4.1	0,20
4.3	Beton K-275	2	Rp 949.183	4.2	0,01
5	Sloof (300 x 500)		Rp 21.891.014		
5.1	Rebar D16-150	2	Rp 12.000.671	2.4	0,12
5.2	Bekisting	2	Rp 788.689.603	5.1	8,17
5.3	Beton K-275	2	Rp 20.031.340	5.2	0,21
6	Sloof (300 x 400)		Rp 820.721.614		
6.1	Rebar D16-150	2	Rp 2.770.441	2.4	0,03
6.2	Bekisting	2	Rp 792.164.477	6.1	8,20
6.3	Beton K-275	2	Rp 2.312.189	6.2	0,02
7	Kolom pedestal F1		Rp 797.247.107		
7.1	Rebar D16-200	1	Rp 4.937.419	5.3	0,05
7.2	Bekisting	1	Rp 18.968.274	7.1	0,20
7.3	Beton K-275	1	Rp 17.526.948	7.2	0,18
8	Kolom pedestal F2		Rp 41.432.641		
8.1	Rebar D16-150	1	Rp 1.542.943	6.3	0,02
8.2	Bekisting	1	Rp 13.713.492	8.1	0,14
8.3	Beton K-275	1	Rp 2.163.821	8.2	0,02

Sumber : Hasil olah data penulis

Tabel. 14 *Time Schedule* (lanjutan)

9	Str. Baja Shelter DEG		Rp 17.420.256		
9.1	End plate 19 mm	1	Rp 23.849.489	7.3, 8.3	0,25
9.2	Kolom WF 250x250x9x14	2	Rp 2.656.015.511	9.1	27,5
9.3	Bolt and nuts	1	Rp 23.094.660	9.1	0,24
9.4	Girder WF 250x125x6x9	2	Rp 708.257.660	9.2, 9.3	7,33
9.5	Rafter WF 350x175x7x11	2	Rp 1.671.378.800	9.4	17,3
9.6	Purlin C 150x50x20x3.2	2	Rp 812.617.242	9.5	8,41
9.7	Wind brace ø16 mm	1	Rp 70.070.992	9.6	0,73
9.8	Overhang WF 200x100x5.5x8	2	Rp 2.710.464	9,5	0,03
9.9	Stiffener plate 10 mm	1	Rp 126.865.464	9.8	1,31
9.10	Bracing L 80x80x5	1	Rp 1.160.608.896	9,9	12,0
9.11	Gusset plate 10 mm	1	Rp 53.143.904	9,9	0,55
9.12	Girt C 150x50x20x3.2	2	Rp 347.062.510	9,7	3,59
10	Roof		Rp 7.655.675.592		
10.1	Fascia zinalume 0.5 mm	1	Rp 47.310.563	9.12, 9.10, 9.11	0,49
10.2	Ridge capping	1	Rp 1.773.904	10.1	0,02
10.3	Fascia frame L 50x50x5	1	Rp 27.359.967	10,2	0,28
11	Roof Drain		Rp 76.444.434		
11.1	Gutter frame	1	Rp 5.866.541	10.3	0,06
11.2	Strainer roof drain ø4" Galvanized	1	Rp 602.160	11.1	0,01
11.3	Down spout ø4" galvanis, dengan aksesoris	1	Rp 10.349.893	11.2	0,11
			Rp 16.818.594		
	Grand Total		Rp9.659.006.235		100,0

Sumber : Hasil olah data penulis

Hasil pengolahan data yang dilakukan dalam membuat *time schedule* dan Kurva S yang berfungsi sebagai alat untuk mengendalikan waktu pelaksanaan proyek dan sebagai tolok ukur pencapaian target waktu pelaksanaan pekerjaan, serta untuk penentuan batas waktu denda atas keterlambatan proyek atau bonus atas percepatan proyek. Agar pencapaian progress pekerjaan setiap waktu tertentu dapat ter-*monitoring*. dapat di lihat pada tabel 13 dan tabel 14 yang telah dibuat untuk perencanaan penyelesaian waktu proyek Proyek *Booster Trafo Shelter Foundation* TBBM PT. Pertamina – Kutowinangun.

Hasil Dari Kurva S rencana Menggunakan metode CPM adalah dengan cara melakukan pembobotan pada setiap item pekerjaan. Sebagai contoh pekerjaan 1.1 dengan jumlah biaya pekerjaan yaitu sebesar Rp. 8.960.672 / Rp. 9.659.006.235 (Jumlah total biaya keseluruhan) x 100 % = 0.09 % Bobot Prestasi item pekerjaan 1.1 Pekerjaan pemasangan *Bouwplank* dan Demobilisasi.

Untuk Kurva S Rencana pada tabel di atas yang selanjutnya di plotkan ke dalam bobot *progeess* per minggu dengan menggunakan angka bobot prestasi sebagai simbol *Bar Chart* dalam Kurva S Rencana. Dengan perhitungan sebagai contoh sampel berikut :

Bobot Prestasi pekerjaan 0.09 % / 2 (Durasi) = 0.05 % untuk bobot prestasi per minggu nya.

Untuk Rencana *Progress* Mingguan di dapat dari beberapa bobot *progeess* per minggu yang sudah di plotkan sebagai simbol *bar chart*. Selanjutnya dilakukan penjumlahan antara Rencana *Progress* mingguan dengan Rencana *Progress* Mingguan Kumulatif sebagai contoh perhitungan pada tabel Kurva S di atas sebagai berikut :

Bobot Rencana *progeess* mingguan kumulatif di minggu ke – 1 yaitu 0.05 % + 0.05 bobot Rencana *progeess* mingguan ke 2 = 0.09 % bobot *progeess* rencana kumulatif pada minggu ke 2. dan seterusnya dilakukan penjumlahan antara rencana *progeess* mingguan dan rencana *progeess* mingguan kumulatif hingga mendapatkan jumlah akhir rencana *progeess* mingguan kumulatif sebesar 100%, hingga mendapatkan garis kurva berbentuk S.

Gambar 5 dan 6 di atas menjelaskan terkait deviasi antara rencana *progress* rencana dan *progress* aktual yang terjadi di lapangan, untuk menyusun kurva s di atas sudah dapat di lakukan nya perbandingan antara perencanaan waktu penyelesaian proyek PT AHL dengan perencanaan penyelesaian waktu proyek menggunakan metode CPM (*Critical path method*) yaitu untuk Kurvas S rencana yang dilakukan dengan metode CPM dapat di peroleh dengan durasi 287 Hari waktu penyelesaian proyek. Jika di bandingkan dengan Kurva S rencana PT. AHL dapat di peroleh perencanaan waktu penyelesaian proyek yaitu 340 Hari.

Dari kurva S rencana dan aktual di lapangan, hasil *progress* tiap minggu pekerjaan dapat dikategorikan cepat atau lambat jika di lihat pada deviasi bobot prestasi setiap minggu nya, yang mana rumus deviasi itu sendiri adalah : kumulatif kemajuan fisik pekerjaan aktual – kumulatif kemajuan fisik rencana hasil nya tersaji dalam tabel berikut :

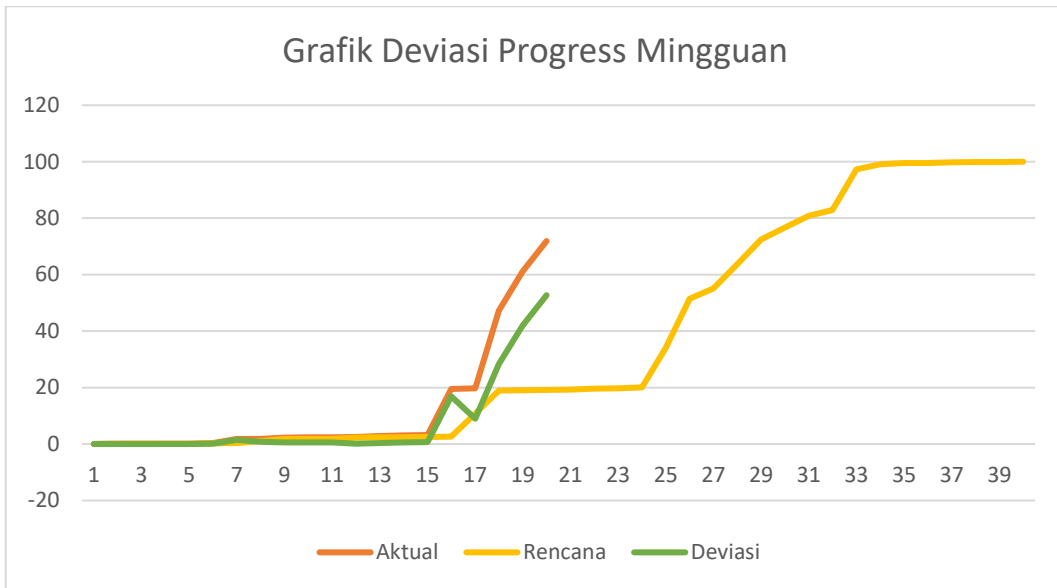
Tabel. 15 Deviasi bobot *progress* mingguan

Minggu	Deviasi (%)	Rencana (%)	Aktual (%)
0	0	0	0
1	0,00	0,05	0,05
2	0,00	0,09	0,09
3	0,00	0,14	0,14
4	0,00	0,15	0,15
5	0,00	0,17	0,17
6	0,07	0,25	0,32
7	1,46	0,32	1,78
8	0,81	1,05	1,86
9	0,53	1,79	2,32
10	0,58	1,83	2,41
11	0,54	1,87	2,41
12	0,15	2,33	2,48
13	0,40	2,42	2,82
14	0,59	2,43	3,02
15	0,68	2,50	3,18
16	16,96	2,58	19,54
17	9,01	10,76	19,77
18	28,33	18,94	47,27
19	42,01	19,06	61,07
20	52,73	19,18	71,91

Sumber : Hasil olah data penulis

Dapat diketahui dari tabel 5.8 bahwa *progress* kemajuan fisik aktual dan *progress* kemajuan fisik rencana terdapat perbandingan *progress* dilapangan pada minggu ke 6 sebesar 0,07 %, minggu ke 7 sebesar 1,46 %, Minggu ke 8 sebesar -0,81 %. Sampai dengan minggu ke 20 sebesar 52,73 %. Dari tabel deviasi di atas dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan antara hasil bobot *progress* mingguan aktual dan rencana.

Gambar. 6 Grafik deviasi Kurva S Rencana dan Kurva S Aktual Metode CPM



Sumber : Hasil olah data penulis

KESIMPULAN

Setiap aktivitas baik kritis maupun non kritis maupun pada jaringan kerja CPM memiliki karakteristik yang berbeda-beda, baik dari sisi sub kontraktor maupun dari sisi main kontraktor. Hal ini sangat tergantung pada perencanaan waktu jaringan kerja yang dipengaruhi oleh beberapa parameter, antara lain durasi aktivitas pekerjaan, nilai *float* serta *slack time* serta bobot prestasi di dalam kurva S. Peranan dari masing-masing parameter dapat dinyatakan melalui metode *critical path method* dalam bentuk *network diagram* dan Grafik Kurva S yang dapat memberi gambaran serta bermanfaat bagi main kontraktor maupun sub kontraktor.

1. Penelitian melakukan analisis perencanaan waktu penyelesaian proyek menggunakan metode CPM yang disusun di dalam *Network planning Diagram* menunjukkan bahwa proyek tersebut mengalami percepatan pada periode hari ke 1 hingga periode hari ke 287. Dan proyek tersebut mulai mengalami keterlambatan sejak periode hari ke 168 hingga periode hari ke 245, Dengan masing-masing selisih waktu pekerjaan yang bisa di tunda adalah 7 hari, tanpa menunda penyelesaian proyek secara keseluruhan. dan berangsur-angsur mulai berkurang hingga periode hari ke 245 pada aktivitas 10.1 selama 35 hari total keterlambatan. Dari metode *critical path method* yang di lakukan nya perencanaan waktu dalam bentuk *network planning*, dapat disimpulkan bahwa jenis kegiatan pekerjaan yang termasuk ke dalam jalur kritis adalah :
 - a. pekerjaan persiapan
 - b. pekerjaan tanah
 - c. pekerjaan *Pilecap* F1
 - d. pekerjaan *Pilecap* F2
 - e. pekerjaan *sloof* (300x500)
 - f. pekerjaan *sloof* (300x400)
 - g. pekerjaan kolom pedestal F1
 - h. pekerjaan kolom pedestal F2
 - i. pekerjaan struktur baja
 - j. pekerjaan Roof
 - k. pekerjaan *Roof Drain*

Selain itu terdapat 5 jenis pekerjaan Non Kritis yang berada pada kegiatan struktur baja antara lain :

- a. Aktivitas 9.3 *Bolt And Nuts* yang memiliki durasi 1 minggu
ES = 168 EF = 175
LS = 175 LF = 182
 - b. Aktivitas 9.8 *Overhang WF 200x100x5 5x8* yang memiliki durasi 2 minggu
ES = 210 EF = 224
LS = 217 LF = 231
 - c. Aktivitas 9.9 *Stiffener plate 10 mm* yang memiliki durasi 1 minggu
ES = 224 EF = 231
LS = 231 LF = 238
 - d. Aktivitas 9.10 *Bracing L 80x80x5* yang memiliki durasi 1 minggu
ES = 231 EF = 238
LS = 238 LF = 245
 - e. Aktivitas 9.11 *Gusset Plate 10 mm* yang memiliki durasi 1 minggu
ES = 231 EF = 238
LS = 238 LF = 245
2. Sedangkan dengan menggunakan metode *time schedule* di dalam Kurva S Rencana dan Kurva S aktual menunjukkan bahwa proyek tersebut mengalami deviasi percepatan. Proyek tersebut mulai mengalami percepatan secara aktual di lapangan sejak periode minggu ke 6 dengan nilai *progress* sebesar 0.07% dengan bobot aktual *progress* kumulatif 0.32% yang dalam rencana seharusnya dapat dikerjakan selama 2 minggu sehingga terjadi percepatan aktual pekerjaan di lapangan selesai selama 1 minggu dalam pekerjaan pembesian pondasi *pilecap* F1 dan F2.
 3. Dalam menerapkan metode CPM pada penilitan ini mendapatkan waktu penyelesaian 287 hari. jika di bandingkan dengan jadwal yang sudah di sepakati oleh pihak *owner* yang sudah di dapat Kurva S PT. AHL yaitu dengan umur penyelesaian proyek selama 340 Hari. yang arti nya akan memberikan keuntungan dari segi waktu penyelesaian proyek akan lebih cepat 53 Hari.

SARAN



Dari penelitian yang dilakukan maka di dapatkan saran yang berguna bagi PT. Aluphi Hijau Lumina sebagai berikut :

1. Keterbatasan peniliti hanya dapat menggunakan metode CPM untuk studi kasus yang di teliti. Selanjutnya agar dapat bertambah sempurna dalam melakukan perencanaan penjadwalan waktu pada kegiatan pekerjaan konstruksi di sarankan untuk dapat mencoba dengan menggunakan metode lain seperti PDM (*Precedence Diagram Method*), *Gantt Chart*, serta agar lebih baik lagi dilakukan pengendalian waktu atau biaya dengan metode *crashing*, serta alokasi tenaga kerja dan lembur pekerjaan.
2. Dapat dilakukan percepatan proyek dengan alternatif lain seperti penambahan tenaga kerja.
3. Untuk mengatasi keterlambatan pekerjaan, di sarankan agar membuat *time schedule* material untuk kebutuhan pekerjaan proyek.

DAFTAR PUTSAKA

- Dewi (2011 : Hal 7). *Time Management, third edition* Manajemen waktu (terjemahan Febrian Ika Dewi). Jakarta : Indeks.
- Widyastuti, Palupi. 2004. *Manajemen Stres*. Jakarta: ECG.
- Clough dan Sears. (1991). *Construction Project Management. New Jersey (US): John Willey & Sons Inc.*
- Soemardi, B.W. dkk, 2007. *Konsep Earned Value* untuk Pengelolaan Proyek Konstruksi. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Husen, Abrar, 2009, *Manajemen Proyek (Perencanaan Penjadwalan dan Pengendalian Proyek)*, Penerbit: Andi Yogyakarta.
- Ahdi Muhtadi 2009, *Manajemen Proyek Berbasis Efisiensi Waktu Pelaksanaan Pembangunan Gedung Polres Kabupaten Probolinggo*. Journal (online). (Tidak diterbitkan).
- Radjatadoe, Farmy Setiawan (2012). *Penjadwalan Proyek*, dari <https://farmysetiawan.wordpress.com/2012/04/07/penjadwalan-proyek> (agustus 2021).
- Ardani. (2009). *Analisa Penerapan Manajemen Waktu Pada Proyek Konstruksi Jalan Sumatera Utara*: Universitas Sumatera Utara.
- Firmansyah, Adi A.Y, Widodo A.P, Sukmaji A, *Rancang Bangun Aplikasi Rencana Anggaran Biaya Dalam Pembangunan Rumah*. Jurnal Sistem Informasi VOL. 11, NO. 2, 2013, STIKOM : Surabaya
- Ir. Mahendra Sultan Syah , *Manajemen Proyek Kiat Sukses Mengelola Proyek*,(2004 : 144) Fathansyah. 2002. *Basis Data*. Informatika. Bandung.
- Soeharto I, (1995), *Manajemen proyek dari konseptual sampai operasional*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Siswanto, 2007, *Perencanaan dan Pengendalian Proyek*, Sinar Grafika, Jakarta.
- I Nyoman Lokajaya.(2019). *Analisis pengendalian waktu dan biaya pada proyek peningkatan jalan dengan metode CPM dan PERT*. Jurnal teknik Industri.
- Aryono, Liston Hari. 2014. *Evaluasi pengendalian biaya dan waktu menggunakan metode CPM pada proyek jembatan limpas pengkol kecamatan karanggede kabupaten Boyolali*. Jurnal teknik sipil FT Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Tommy Aryo Telaumbauan. 2017. *Perencanaan waktu penyelesaian proyek toko Modisland Manado dengan metode CPM*. Jurnal Sipil Teknik. 5(8).

BIODATA PENULIS

	<p>Allan Rifardi, saat ini bekerja sebagai Quality Health and Safety Environment Officer & Supervisor Project Construction Pada PT. Aluphi Hijau Lumina Menyelesaikan studi S1 Teknik Industri di Universitas Borobudur Jakarta pada tahun 2021</p>
	<p>Ir. Wahyu Inggar Fipiana,MM. saat ini merupakan Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil dan Teknik Industri, juga sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Borobudur. Meraih gelar Sarjana Teknik Sipil (S1),di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS, lulus tahun 1988 dan memperoleh gelar Magister Manajemen (S2) di Program Pasca Sarjana Universitas Borobudur pada tahun 1999.</p>
	<p>Meilan Agustin, ST, MT saat ini merupakan Dosen Tetap Prodi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Borobudur. Meraih gelar Sarjana Teknik Industri (S1) di Prodi Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Jakarta dan memperoleh gelar Magister Teknik (S2) di Program Pasca Sarjana Universitas Mercu Buana Jakarta pada tahun 2012</p>