

**ANALISIS PENJADWALAN PROYEK BOILER DENGAN METODE CPM
(CRITICAL PATH METHOD) DAN PERT (PROGRAM EVALUATION AND
REVIEW TECHNIQUE)**

Labib Zainul Aziz, Haryo Dwito Armono

Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
E-mail: labibzainulaziz20@gmail.com, haryo.armono2@gmail.com

Abstract

Before the project runs, initial planning is carried out including schedule planning. The 35 Ton / Hour Boiler Project for 3 Units is a project owned by PT Supreme Paper Solution and appoints CV INTAN WELL as a contractor with a duration of 90 days and a contract value of 4.3 billion. The number of activities and resources required in completing this boiler project so that an optimal scheduling analysis is needed so that there is no project delay so that the contractor does not get a penalty fee and does not have an impact on company production. This research will form a network diagram and WBS, analyse work scheduling with the CPM and PERT methods for reference to systematic and effective installation implementation based on the network diagram that has been made, comparison of project implementation duration between the CPM and PERT methods and form an S-Curve of the selected duration. The results of this schedule planning can be a reference recommendation for project implementation in the field. The results of this study using the CPM method. The Boiler Installation Project can be completed within 90 days. And the critical path lies in activity codes A1, B1, B2, B3, B7, B9, B10, I1, I2, J1. These activities are equipment preparation, Manpower and Safety Person (A1), Support Chain Grate H Beam 150 & Plate 70X70 (B1), Frame Chain Grate & Install Part Chain Grate (B2), Install Boiler Header (Right, Left, Rear Lateral, Middle Lateral) (B3), Install Water Wall Diameter 51mm and Fit Up / Welding Evaporator (B7), Penetrant Test 100% Pipe to Header, Pipe to Drum (B9), X-Ray Water Wall pipe (B10), Flushing & Hydrotest Boiler (I1), Commissioning Test (I2) and Ijin Depnaker (J1). Whereas with the PERTP method the Boiler Installation Project can be completed within a period of 105 days. In this method, duration variant sampling is carried out with probability results for a duration of 90 days = 0.2%, 95 days = 1%, 100 days probability = 12%, 105 days = 50%, 110 days = 88% and 115 days = 99%. In the calculation, it is also found that the critical trajectory in the PERT method is the same as the critical trajectory with the CPM method. This project must be closely monitored, especially critical activities because the s-curve graph rises significantly. So that the planned project duration can be carried out on time.

Keywords: Network Diagram, Critical Path Method (CPM), Program Evaluation And Review Technique (PERT).

Abstrak

Sebelum proyek berjalan dilakukan perencanaan awal diantaranya perencanaan jadwal. Proyek Boiler 35 Ton/Jam sebanyak 3 Unit ini merupakan proyek milik PT Supreme

Paper Solution dan menunjuk CV INTAN WELL sebagai kontraktor dengan durasi selama 90 hari dan nilai kontrak sebesar 4.3 miliar. Banyaknya aktifitas dan sumber daya yang diperlukan dalam penyelesaian proyek boiler ini sehingga diperlukan analisa penjadwalan yang optimal agar tidak terjadi keterlambatan proyek sehingga kontraktor tidak mendapatkan *penalty fee* dan tidak berdampak terhadap produksi perusahaan. Penelitian ini akan membentuk jaringan kerja (*network diagram*) serta WBS, menganalisis penjadwalan kerja dengan metode CPM dan PERT untuk acuan pelaksanaan instalasi yang sistematis dan efektif berdasarkan *network diagram* yang sudah dibuat, perbandingan durasi pelaksanaan Proyek antara metode CPM dan PERT dan membentuk *S-Curve* dari durasi yang dipilih. Hasil dari perencanaan jadwal ini dapat menjadi rekomendasi acuan pelaksanaan proyek di lapangan. Hasil dari penelitian ini Dengan metode CPM. Proyek Instalasi Boiler dapat diselesaikan dalam jangka waktu 90 Hari. Dan lintasan kritis terletak pada kode kegiatan A1, B1, B2, B3, B7, B9, B10, I1, I2, J1. Kegiatan-Kegiatan tersebut yaitu persiapan peralatan, *Manpower* dan *Safety Person* (A1), *Support Chain Grate H Beam 150 & Plate 70X70* (B1), *Frame Chain Grate & Install Part Chain Grate* (B2), *Install Header Boiler (Right, Left, Rear Lateral, Middle Lateral)* (B3), *Install Water Wall Diameter 51mm dan Fit Up/ Welding Evaporator* (B7), *Penetrant Test 100% Pipe to Header, Pipe to Drum* (B9), *X-Ray Water Wall pipe* (B10), *Flushing & Hydrotest Boiler* (I1), *Commissioning Test* (I2) dan Ijin Depnaker (J1). Sedangkan dengan metode PERT Proyek Instalasi Boiler dapat diselesaikan dalam jangka waktu 105 Hari. Pada metode ini dilakukan sampling varian durasi dengan hasil probabilitas untuk durasi 90 hari = 0.2%, 95 hari = 1%, 100 hari probabilitasnya = 12%, 105 hari = 50 %, 110 hari = 88% dan 115 hari = 99%. Pada perhitungan didapatkan juga bahwa lintasan kritis pada metode PERT sama dengan lintasan kritis dengan metode CPM. Proyek ini harus dimonitor dengan ketat khususnya kegiatan kritis karena grafik kurva-s naik cukup signifikan. Sehingga durasi proyek yang direncanakan dapat terlaksana tepat waktu.

Kata Kunci: Network Diagram, *Critical Path Method (CPM)*, *Program Evaluation And Review Technique (PERT)*.

PENDAHULUAN

Perkembangan manajemen proyek terus meningkat sejalan dengan perkembangan, zaman dan teknologi. Sudah banyak dijumpai pada perencanaan ataupun pelaksanaan proyek menggunakan teknologi berupa aplikasi atau teknologi ataupun metode-metode yang ada untuk memudahkan menyelesaikan suatu proyek. Proyek dapat diartikan sebagai suatu upaya satu kali untuk mencapai sesuatu yang kompleks, tidak rutin, dibatasi oleh waktu, anggaran, sumber daya, dan spesifikasi kinerja yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. (PMI, 2021) Dalam berjalannya suatu proyek tentunya dilakukan perencanaan proyek terlebih dahulu, hal ini sangat penting dan perlu dilakukan karena sering dijumpai bahwa suatu kegagalan proyek berawal dari perencanaan yang kurang matang dan lengkap. Dalam perencanaan proyek diantaranya terdapat perencanaan jadwal proyek, perencanaan mutu, dan perencanaan biaya proyek. Tiga hal tersebut merupakan parameter yang sangat penting dalam penyelenggaraan proyek yang biasanya diasosiasikan sebagai sasaran proyek atau yang biasa disebut *Triple Constraint* [1]. Tujuan utama dari perencanaan proyek untuk mencapai penyelesaian proyek yang sesuai dengan target yang telah ditentukan seperti waktu yang sesuai jadwal perencanaan, biaya yang sesuai rancangan, mutu yang sesuai dengan permintaan dan lain-lain.

PT Supreme Paper Solution (SPS Corporate) Subang merupakan salah satu anak perusahaan dari SPS Corporate yang bergerak di bidang Industri Manufaktur Kertas Coklat. Fasilitas produksi PT. Supreme Paper Solution terletak di atas lahan seluas 33

hektar yang berlokasi di Jl. Raya Pabuaran Km 1.8, Ds. Karang Mukti, Kec. Cipeundeuy, Subang, Jawa Barat dengan proyeksi kapasitas produksi sebesar 30.000 ton/ bulan. Tentunya dengan kebutuhan produksi yang tinggi, PT Supreme Paper Solution (SPS Corporate) Subang terus mengembangkan fasilitas produksi perusahaannya guna menjaga efisiensi biaya dan meningkatkan kapasitas produksi perusahaan. Salah satu bentuk pengembangannya dengan menggunakan batu bara sebagai bahan bakar utama untuk proses yang dimana sebelumnya menggunakan bahan bakar gas untuk proses. Akan tetapi karena menggunakan bahan bakar gas memiliki cost yang tinggi sehingga perusahaan memperbarui dengan batu bara sebagai bahan bakar untuk boiler yang memiliki cost lebih rendah. Sehingga dapat memaksimalkan profit perusahaan. Berdasarkan hasil *meeting* dan keputusan Perusahaan Penggantian gas menjadi batu bara tidak mempengaruhi kualitas dan justru dapat meningkatkan produksi. PT Supreme Paper Solution (SPS Corporate) Subang menentukan CV INTAN WELL sebagai Pelaksana Pekerjaan atau disebut Kontraktor untuk proyek Instalasi Boiler 35 Ton/Jam 3 Unit tersebut. Sebagai kontraktor pelaksana CV INTAN WELL tentunya memerlukan perencanaan proyek yang baik untuk memastikan keberhasilan proyek tersebut. Proyek Instalasi Boiler 35 Ton/Jam 3 Unit ini diberikan waktu selama 90 Hari dengan Nilai Kontrak 4,3 Miliar.

Boiler merupakan suatu alat untuk menghasilkan uap pada tekanan dan temperature tinggi. Perubahan dari fase cair menjadi uap dilakukan dengan memanfaatkan energy panas yang didapatkan dari pembakaran bahan bakar (2013 ASME). Uap yang dihasilkan dari sebuah ketel uap atau boiler dapat digunakan sebagai fluida kerja maupun media pemanas untuk berbagai macam keperluan - keperluan rumah tangga sampai dengan keperluan industri (Effendy, Dwi Ardiyanto, Sunyoto, 1981). PT Supreme Paper Solution (SPS Corporate) menggunakan uap panas yang dihasilkan boiler jenis *water tube* untuk proses produksi. Dalam pemasangan boiler menggunakan standart ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section I : Tekanan Uap 15 psig (103 kpa gauge). Boiler memiliki komponen yang banyak dan kompleks seperti *economizer*, *air preheater*, *super heater*, *steam generator*, *burner*, *soot blower*, *steam drum*, *blow down*, *stack*, kemudian perlengkapan atau aksesoris seperti *safety valve*, *pengukur temperature* ataupun *pressure* dan komponen pendukung boiler lainnya seperti *deaerator*, *conveyor*, *electrical equipment*, *fan*, *chimney* dan lain-lain.

Dengan kompleksitas boiler yang akan diinstal tentunya diperlukan perencanaan yang baik untuk memastikan terjadinya keberhasilan proyek dari segi teknis seperti prosedur dan spesifikasi, dari segi waktu dan dari segi biaya. Salah satu yang paling berpengaruh dalam penentuan keberhasilan proyek dengan memastikan jadwal yang lengkap dan sesuai dengan kebutuhan dilapangan. Karenanya penulis melakukan penelitian perencanaan proyek pada *schedule* pelaksanaan atau penjadwalan waktu melaksanakan sebagai acuan pelaksanaan untuk urutan aktifitas pekerjaan serta durasi waktu yang diberikan. *Schedule* pelaksanaan atau Penjadwalan waktu pelaksanaan tersebut juga dapat digunakan untuk monitoring proyek itu sendiri. Penjadwalan proyek dapat dibuat dengan beberapa metode penjadwalan seperti *Bar Chart*, *Network Diagram (CPM, PDM, PERT)*, serta metode Penjadwalan Linear (*Line of Balance*, dan *Time Chainage Diagram*). Namun sering kita jumpai untuk metode analisis jaringan kerja yang banyak digunakan oleh para praktisi yaitu metode CPM dan PERT. Keduanya memiliki persamaan dapat mengklasifikasikan kegiatan kritis dan tidak kritis yang didasarkan pada algoritma jalur dari suatu aktifitas yang tidak dapat ditunda, sebab jika waktu pelaksanaan ditunda akan berakibat memperbesar total waktu penyelesaian proyek.

Oleh karena itu sehubungan dengan pentingnya pemilihan metode penjadwalan yang sesuai dengan tipe dan karakteristik proyek konstruksi demi menjamin kelancaran suatu proyek, maka akan dilakukan analisis penjadwalan proyek menggunakan metode penjadwalan CPM dan PERT yang mempertimbangkan aspek probabilitas sehingga dapat mengetahui tingkat ketepatan dalam melakukan penjadwalan dan waktu penyelesaian.

Studi kasus proyek yang akan dinalisis yaitu Proyek Instalasi Boiler Kapasitas 35 Ton/Jam sebanyak 3 Unit di PT Supreme Paper Solution (SPS Corporate) Subang oleh CV INTAN WELL. Pada proyek ini Penulis bertanggung jawab sebagai *Project Manager* dari Proyek Boiler tersebut. Berdasarkan observasi yang dilakukan sebelum penelitian diketahui bahwa ada potensi keterlambatan proyek jika tidak dikawal dengan baik yang diantaranya disebabkan oleh:

1. Adanya *penalty fee* jika terjadi keterlambatan proyek
2. Banyaknya aktifitas pekerjaan yang harus dilakukan
3. Waktu pekerjaan sangat mepet sehingga memerlukan resource dari segi manusia, peralatan yang banyak
4. Cuaca hujan yang terjadi menyebabkan penundaan pekerjaan
5. Kendala pekerjaan pemadatan tanah, perataan tanah dan pengecoran akses yang masih belum selesai
6. Waktu pengerjaan beriringan dengan pekerjaan struktur sipil Boiler dan pekerjaan pembuatan jalan akses ke Area Boiler.
7. Banyaknya sumber daya manusia yang terlibat dalam 1 proyek dan area yang sama sehingga diperlukan persebaran SDM dengan tepat
8. Material yang digunakan dikirimkan dari China dan procurement dipegang oleh Owner/Pemberi Kerja (PT Supreme Papper Solution)

Hal tersebut yang mendasari peneliti untuk menganalisis penjadwalan pelaksanaan proyek yang akan dilakukan. Karena terdapat beberapa potensi yang menyebabkan proyek tersebut mengalami keterlambatan. Dampak dari adanya keterlambatan menjadi kerugian bagi contractor karena mendapatkan penalty serta bertambahnya biaya operasional yang muncul karena tidak sesuai dengan rencana. Dan keterlambatan ini juga menjadi kerugian bagi perusahaan (owner) karena terlambatnya penambahan kapasitas produksi serta terlambatnya penekanan biaya produksi yang dilakukan dengan menggantikan gas menjadi batu bara.

Analisis penjadwalan proyek boiler ini akan menggunakan metode penjadwalan CPM dan metode PERT. Dengan menggunakan *network diagram* dan WBS sebagai acuan penentuan aktifitas dan durasinya. Hasil penjadwalan yang paling efektif dan efisien akan digunakan sebagai acuan pembuatan *s-curve*, dimana pada proyek ini *s-curve* diperlukan untuk penjadwalan dan monitoring progress pekerjaan yang dilakukan. Sehingga harapan yang ingin dicapai dari adanya penelitian ini dapat menjadi rekomendasi Langkah pembuatan penjadwalan proyek, sebagai evaluasi untuk kontraktor pelaksana di waktu kedepan agar tidak mengalami keterlambatan pekerjaan. Serta memberikan profit yang maksimal bagi kontraktor pelaksana dan membantu perusahaan (owner) dalam memaksimalkan kapasitas produksinya juga penekanan biaya produksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penjadwalan aktivitas dan durasi yang akan dilakukan untuk acuan proyek Instalasi Boiler dengan batasan waktu yang diberikan yaitu 90 hari. Metode yang digunakan untuk perencanaan penjadwalan ini dengan CPM dan PERT.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, metodologi yang digunakan yaitu CPM dan PERT. Mulai dari perancangan jalur kegiatan, waktu hingga menemukan probabilitas keberhasilan proyek. Dalam hal ini, peneliti dalam mengumpulkan data-data bersama kontraktor proyek dari observasi dan koordinasi. *Critical Path Methode* pada penelitian ini digunakan untuk menentukan jalur kritis pada kegiatan instalasi proyek ini dan merencanakan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakannya. Analisa menggunakan *PERT Method* yaitu analisa yang digunakan untuk memperkirakan probabilitas proyek dapat selesai tepat waktu. Dasar dari analisa menggunakan metode PERT juga dari hasil *Work Breakdown Structure*. Setelah penentuan metode mana yang lebih optimal dari CPM dan PERT, kurva-

S dapat dilakukan. Acuan dari pembuatan kurva-S yaitu hasil dari penentuan metode. Pembuatan Kurva-S dilakukan untuk memberikan acuan progress pekerjaan agar termonitor dengan baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Critical Path Method (CPM)

Hubungan Keterkaitan Antar Pekerjaan

Dalam menganalisis CPM, diperlukan suatu hubungan keterkaitan antar pekerjaan untuk mengetahui hubungan aktivitas sebelumnya ke aktivitas berikutnya. Suatu kegiatan berkemungkinan untuk memiliki banyak kegiatan pendahulu (*predecessor*) dan banyak kegiatan yang mengikuti (*successor*). Berikut adalah urutan kegiatan yang sesuai dengan hubungan ketergantungan pada proyek Instalasi Boiler 35 TPH 3 Unit. Berikut Tabel 1 merupakan hubungan keterkaitan antar pekerjaan.

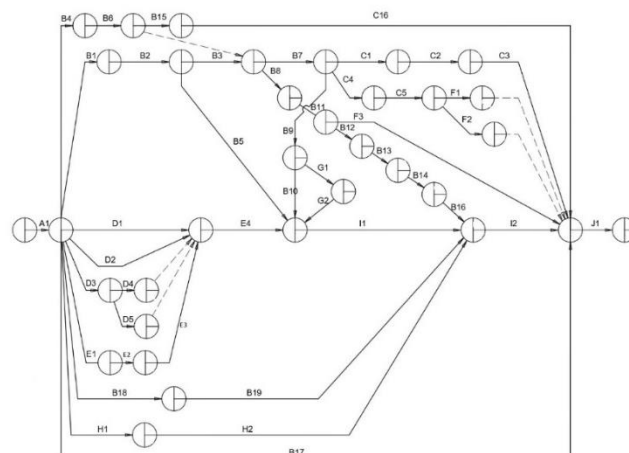
Tabel 1 Hubungan Keterkaitan Antar Pekerjaan

No WBS	Aktivitas	Durasi (hari)	Predecessor
1	Tahap Persiapan		
1	Persiapan Peralatan, <i>Manpower</i> , dan <i>Safety Person</i>	4	
2	Install Komponen dan Equipment		
2.1	Support Chain Grade H Beam 150 & Plate 70 x 70	10	1.1
2.2	Frame Chain Grade & <i>Install</i> part Chain Grade	20	2.1
2.3	Header Boiler (Right, left, Rear Lateral, Middle, lateral)	6	2.2
2.4	<i>Fabrication & Install</i> Support Temporary Steam Drum	6	1.1
2.5	Down Comer dia 200 (Rear & front)	12	2.2
2.6	Steam Drum Boiler	5	2.4
2.7	Water wall dia 51 mm dan Fit Up/Welding Evaporator	26	2.3,2.6
2.8	Pin Water wall - Front, side & rear Water Wall	11	2.3,2.6
2.9	Penetran test 100% pipa To Header, Pipa To Drum	3	2.7,2.8
2.10	X-Ray Pipa Water Wall 100% Pipa To Pipa	10	2.9
2.11	Dust collector (cyclone) & Screw Conveyor	3	2.8
2.12	Wing Box, ducting	7	2.11
2.13	Air preheater, ducting	7	2.12
2.14	Economiser & ducting	7	2.13
2.15	Header steam, pipa main steam & acesories	7	2.6
2.16	Accessories boiler (safety, check valve blowdown)	5	2.14
2.17	Walk-way, ladder	7	1.1
2.18	Coal bunker & Single bucket elevator	7	1.1
2.19	Sludge conveyor (Slad Remover)	14	2.18
3	Refractory & Isolation Boiler		
3.1	Begesting & support (Front water wall, Middle arch, side, rear, shell header left, right & front)	4	2.7,2.8
3.2	Castable (Front water wall, Middle arch, side, rear, shell header left, right & front)	12	3.1
3.3	Fire brick, mortal untuk dinding samping Boiler	4	3.2
3.4	Rock wall pada dinding furnace	2	2.7,2.8
3.5	Plate cover boiler	2	3.4
3.6	Isolasi pipa steam boiler to header	3	2.15

No WBS	Aktivitas	Durasi (hari)	Predecessor
4	Install Mechanical Equipment		
4.1	FD fan ducting & accesories	6	1.1
4.2	ID Fan, ducting & accessories	6	1.1
4.3	Deaerator & Piping	14	1.1
4.4	Feed water pump & pipa	7	4.3
4.5	Make up water pump & pipa	7	4.3
5	Install Electrical Equipment		
5.1	Panel accesories	15	1.1
5.2	Support Cable, tray & accessories	19	5.1
5.3	Pulling Cable & control	3	5.2
5.4	Connecting cable panel ke motor drive	6	4.1,4.2,4.4,4.5,5.3
6	Painting Process		
6.1	Painting body boiler	3	3.5
6.2	Painting frame boiler	5	3.5
6.3	Painting ducting, dust collector & chimney	6	2.11
7	Cleaning Process		
7.1	Chemical for Boil out boiler	2	2.9
7.2	Boil out boiler	2	7.1
8	Coal Handling System		
8.1	Feed Hopper, Capasity 2 m3 system	8	1.1
8.2	Belt Conveyor Site Wall	16	8,1
9	Finishing & Commissioning Test		
9.1	Flushing & Hydrotest boiler	2	2.5,2.10,5.4,7.2
9.2	Commissioning Test	7	2.16,2.19,8.2,9.1
10	Tahap Perijinan		
10.1	Ijin Depnaker (SLO)	2	2.17,3.3,3.6,6.1,6.2,6.3,9.2

Network Diagram Critical Path Method (CPM)

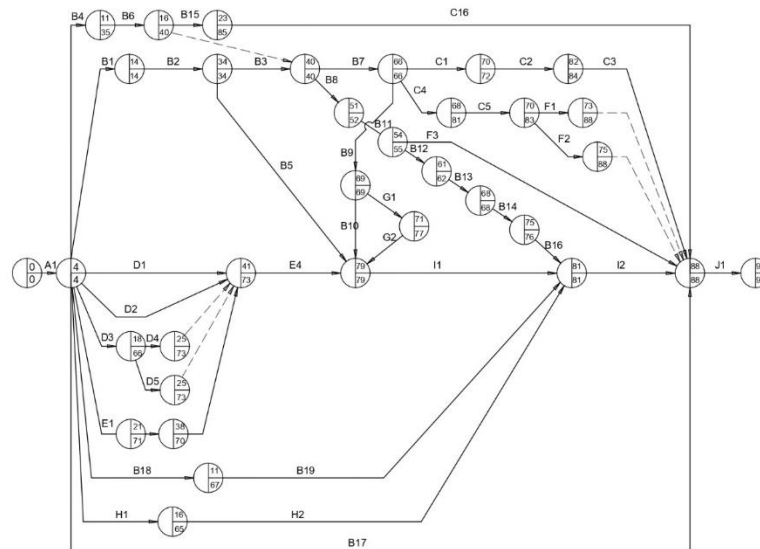
Sebelum melakukan perhitungan pada metode *Critical Path Method (CPM)* diperlukan dahulu jaringan kerja pada kegiatan-kegiatan proyek instalasi boiler. Jaringan kerja ini merupakan gambaran urutan pekerjaan sehingga dengan urutan tersebut dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan hasil durasi proyek dan lintasan kritis. Berikut merupakan jaringan kerja pada proyek instalasi boiler.



Gambar 1 *Network Diagram CPM*

Network Diagram CPM

Setelah dilakukan perhitungan maju dan mundur, hasil tersebut dimasukkan kedalam jaringan kerja proyek instalasi boiler yang telah dibuat sehingga memudahkan pembacaan durasi pada kegiatan-kegiatan pada proyek instalasi boiler dan memudahkan pembacaan lintasan kritis dengan kode kegiatan A1, B1, B2, B3, B7, B9, B10, I1, I2, I3. Berikut merupakan hasil-hasil dari perhitungan maju dan mundur yang dimasukkan kedalam jaringan kerja.



Gambar 2 Network Diagram Perhitungan CPM

Analisis Program Evaluation Review and Technique (PERT)

Analisis dengan metode *PERT* digunakan untuk menghitung probabilitas proyek dapat selesai tepat waktu. Jika dalam *CPM* digunakan waktu pasti, pada metode *PERT* menggunakan tiga perkiraan waktu untuk masing-masing kegiatan pekerjaannya, yaitu waktu optimis (a), waktu paling mungkin/realistis (m), dan waktu pesimis (b). Berikut adalah hasil Analisa waktu optimis, waktu realistis dan waktu pesimis pada proyek Instalasi Boiler 35 TPH 3 Unit pada Tabel Estimasi Waktu pada metode PERT.

Tabel 2 Estimasi Waktu pada metode PERT

No	Tahap	Aktivitas	Kode Aktivitas	a Hari	m Hari	b Hari
1	Tahap Persiapan	Persiapan Peralatan, Manpower, dan Safety Person	A1	3	4	9
2	Install Komponen & Equipment pada Boiler	Support Chain Grade H Beam 150 & Plate 70 x 70	B1	8	10	13
3		Frame Chain grade & Install part Chain grade	B2	14	20	23
4		Header Boiler (Right, left, Rear Lateral, Middle, lateral)	B3	5	6	8
5		Fabrication & Install Support Temporary Steam Drum	B4	5	6	9
6		Down Comer dia 200	B5	7	12	14

No	Tahap	Aktivitas	Kode Aktivitas	a	m	b
				Hari	Hari	Hari
		(Rear & front)				
7		Steam Drum Boiler	B6	4	5	7
8		Water wall dia 51 mm dan Fit Up/Welding Evaporator	B7	24	26	35
9		Pin Water wall - Front, side & rear Water Wall	B8	8	11	17
10		Penetran test 100% pipa To Header, Pipa To Drum	B9	3	3	6
11		X-Ray Pipa Water Wall 100% Pipa To Pipa	B10	5	7	10
12		Dust collector (cyclone) & Screw Conveyor	B11	3	3	5
13		Wing Box, ducting	B12	5	7	10
14		Air preheater, ducting	B13	5	7	9
15		Economiser & ducting	B14	5	7	9
16		Header steam, pipa main steam & accessories	B15	5	7	9
17		Accessories boiler (safety, check valve blowdown)	B16	4	5	7
18		Walk-way, ladder	B17	5	7	9
19		Coal bunker & Single bucket elevator	B18	5	7	9
20		Sludge conveyor (Slad Remover)	B19	10	14	17
21	<i>Refractory & Isolation Boiler</i>	Begesting & support (Front water wall, Middle arch, side, rear, shell header left, right & front)	C1	4	4	7
22		Castable (Front water wall, Middle arch, side, rear, shell header left, right & front)	C2	10	12	17
23		Fire brick, mortar untuk dinding samping Boiler	C3	4	4	8
24		Rock wall pada dinding furnace	C4	2	2	5
25		Plate cover boiler	C5	2	2	5
26		Isolasi pipa steam boiler to header	C6	3	3	7
27		FD fan ducting & accessories	D1	4	6	7
28	<i>Install Mechanical Equipment</i>	ID Fan, ducting & accessories	D2	4	6	7
29		Deaerator & Piping	D3	12	14	17
30		Feed water pump & pipa	D4	5	7	8
31		Make up water pump & pipa	D5	5	7	8
32	<i>Install Electrical Equipment</i>	Panel accessories	E1	14	15	20
33		Support Cable, tray & accessories	E2	17	19	24
34		Pulling Cable & control	E3	3	3	6
35		Connecting cable panel ke motor drive	E4	5	6	8

No	Tahap	Aktivitas	Kode Aktivitas	a Hari	m Hari	b Hari
36	Painting Process	Painting body boiler	F1	3	3	5
37		Painting frame boiler	F2	4	5	7
38		Painting ducting, dust collector & chimney	F3	4	6	7
39	Cleaning Process	Chemical for Boil out boiler	G1	2	2	4
40		Boil out boiler	G2	2	2	4
41	Coal Handling System	Feed Hopper, Capacity 2 m3 system	H1	7	8	14
42		Belt Conveyor Site Wall	H2	13	16	18
43	Finishing & Commisioning Test	Flushing & Hydrotest boiler	I1	2	2	12
44		Commisioning test	I2	7	7	21
45	Perijinan	Ijin Depnaker SLO	J1	2	2	9

Hasil Network Diagram Program Evaluation Review Technique (PERT)

Setelah dilakukan perhitungan maju dan mundur dengan durasi T_e , didapatkan durasi proyek selama 105 hari. Lintasan kritis yang didapat pada perhitungan dengan metode *PERT* sama dengan perhitungan dengan metode *CPM*. Berikut merupakan hasil perhitungan yang dimasukkan kedalam jaringan kerja.

Pemilihan Durasi Waktu Berdasarkan Hasil CPM dan PERT

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode *Critical Path Method (CPM)* dan *Program Evaluation Review Technique (PERT)* didapat bahwa yang memungkinkan memberikan hasil optimis keberhasilan proyek lebih besar yaitu menggunakan durasi waktu hasil dari perhitungan *Critical Path Method (CPM)* dengan durasi waktu selama 90 hari. Berikut merupakan tabel *schedule* yang didasarkan pada perhitungan *Critical Path Method (CPM)*.

Tabel 3 Penjadwalan Proyek Boiler selama 90 hari dengan CPM

No WBS	Aktivitas	Durasi (hari)	Waktu Mulai	Waktu Selesai	Predecessor
1	Tahap Persiapan				
1	Persiapan Peralatan, Manpower, dan Safety Person	4	3-Mar-23	6-Mar-23	
2	Install Komponen dan Equipment				
2.1	Support Chain Grade H Beam 150 & Plate 70 x 70	10	7-Mar-23	16-Mar-23	1.1
2.2	Frame Chain Grade & Install part Chain Grade	20	17-Mar-23	5-Apr-23	2.1
2.3	Header Boiler (Right, left, Rear Lateral, Midlle, lateral)	6	6-Apr-23	11-Apr-23	2.2
2.4	Fabrication & Install Support Temporary Steam Drum	6	7-Mar-23	12-Mar-23	1.1
2.5	Down Comer dia 200 (Rear & front)	12	6-Apr-23	17-Apr-23	2.2
2.6	Steam Drum Boiler	5	13-Mar-23	17-Mar-23	2.4
2.7	Water wall dia 51 mm dan Fit Up/Welding Evaporator	26	12-Apr-23	7-Mei-23	2.3,2.6
2.8	Pin Water wall - Front, side & rear Water Wall	11	12-Apr-23	22-Apr-23	2.3,2.6
2.9	Penetran test 100% pipa To	3	8-Mei-23	10-Mei-23	2.7,2.8

No WBS	Aktivitas	Durasi (hari)	Waktu Mulai	Waktu Selesai	Predecessor
	Header, Pipa To Drum				
2.10	X-Ray Pipa Water Wall 100% Pipa To Pipa	10	11-Mei-23	20-Mei-23	2.9
2.11	Dust collector (cyclone) & Screw Conveyor	3	23-Apr-23	25-Apr-23	2.8
2.12	Wing Box, ducting	7	26-Apr-23	2-Mei-23	2.11
2.13	Air preheater, ducting	7	3-Mei-23	9-Mei-23	2.12
2.14	Economiser & ducting	7	10-Mei-23	16-Mei-23	2.13
2.15	Header steam, pipa main steam & accessories	7	18-Mar-23	24-Mar-23	2.6
2.16	Accessories boiler (safety, check valve blowdown)	5	17-Mei-23	21-Mei-23	2.14
2.17	Walk-way, ladder	7	7-Mar-23	13-Mei-23	1.1
2.18	Coal bunker & Single bucket elevator	7	7-Mar-23	13-Mar-23	1.1
2.19	Sludge conveyor (Slad Remover)	14	14-Mar-23	27-Mar-23	2.18
3	Refractory & Isolation Boiler				
3.1	Begesting & support (Front water wall, Middle arch, side, rear, shell header left, right & front)	4	8-Mei-23	11-Mei-23	2.7,2.8
3.2	Castable (Front water wall, Middle arch, side, rear, shell header left, right & front)	12	12-Mei-23	23-Mei-23	3.1
3.3	Fire brick, mortal untuk dinding samping Boiler	4	24-Mei-23	27-Mei-23	3.2
3.4	Rock wall pada dinding furnace	2	8-Mei-23	9-Mei-23	2.7,2.8
3.5	Plate cover boiler	2	10-Mei-23	11-Mei-23	3.4
3.6	Isolasi pipa steam boiler to header	3	25-Mar-23	27-Mar-23	2.15
4	Install Mechanical Equipment				
4.1	FD fan ducting & accessories	6	12-Mar-23	17-Mar-23	1.1
4.2	ID Fan, ducting & accessories	6	18-Mar-23	23-Mar-23	1.1
4.3	Deaerator & Piping	14	7-Mar-23	20-Mar-23	1.1
4.4	Feed water pump & pipa	7	21-Mar-23	27-Mar-23	4.3
4.5	Make up water pump & pipa	7	21-Mar-23	27-Mar-23	4.3
5	Install Electrical Equipment				
5.1	Panel accessories	15	5-Apr-23	19-Apr-23	1.1
5.2	Support Cable, tray & accessories	19	20-Apr-23	8-Mei-23	5.1
5.3	Pulling Cable & control	3	9-Mei-23	11-Mei-23	5.2
5.4	Connecting cable panel ke motor drive	6	12-Mei-23	17-Mei-23	4.1,4.2,4.4,4.5,5.3
6	Painting Process				
6.1	Painting body boiler	3	12-Mei-23	14-Mei-23	3.5
6.2	Painting frame boiler	5	12-Mei-23	16-Mei-23	3.5
6.3	Painting ducting, dust collector & chimney	6	26-Apr-23	1-Mei-23	2.11
7	Cleaning Process				
7.1	Chemical for Boil out boiler	2	11-Mei-23	12-Mei-23	2.9
7.2	Boil out boiler	2	13-Mei-23	14-Mei-23	7.1
8	Coal Handling System				
8.1	Feed Hopper, Capacity 2 m3 system	8	10-Mar-23	17-Mar-23	1.1
8.2	Belt Conveyor Site Wall	16	18-Mar-23	2-Apr-23	8,1
9	Finishing & Commissioning Test				

No WBS	Aktivitas	Durasi (hari)	Waktu Mulai	Waktu Selesai	Predecessor
9.1	Flushing & Hydrotest boiler	2	21-Mei-23	22-Mei-23	2.5,2.10,5.4,7.2
9.2	Commissioning Test	7	23-Mei-23	29-Mei-23	2.16,2.19,8.2,9.1
10	Tahap Perijinan				
10.1	Ijin Depnaker (SLO)	2	30-Mei-23	31-Mei-23	2.17,3.3,3.6,6.1,6.2,6.3,9.2

Berdasarkan hasil PERT diketahui durasi dari pelaksanaan proyek boiler dapat dilaksanakan dengan waktu 105 hari. Berikut merupakan tabel dari durasi dan waktu mulai serta waktu selesai dari perhitungan PERT proyek instalasi boiler.

Tabel Error! No text of specified style in document. Penjadwalan Proyek Boiler selama 105 hari dengan CPM

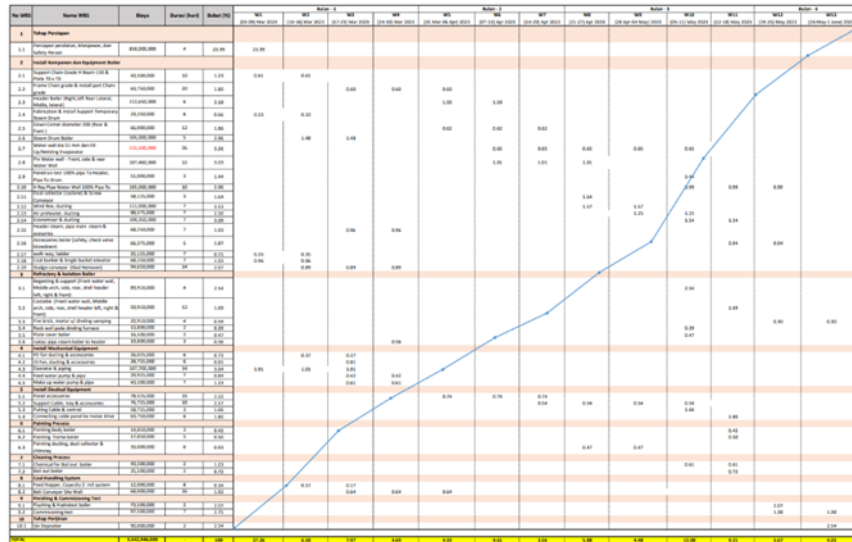
No WBS	Aktivitas	Durasi (hari)	Waktu Mulai	Waktu Selesai	Predecessor
1	Tahap Persiapan				
1	Persiapan Peralatan, Manpower, dan Safety Person	5	3-Mar-23	7-Mar-23	
2	Install Komponen dan Equipment				
2.1	Support Chain Grade H Beam 150 & Plate 70 x 70	11	8-Mar-23	18-Mar-23	1.1
2.2	Frame Chain Grade & Install part Chain Grade	20	19-Mar-23	7-Apr-23	2.1
2.3	Header Boiler (Right, left, Rear Lateral, Midlle, lateral)	7	8-Apr-23	14-Apr-23	2.2
2.4	Fabrication & Install Support Temporary Steam Drum	7	8-Mar-23	14-Mar-23	1.1
2.5	Down Comer dia 200 (Rear & front)	12	8-Apr-23	19-Apr-23	2.2
2.6	Steam Drum Boiler	6	15-Mar-23	20-Mar-23	2.4
2.7	Water wall dia 51 mm dan Fit Up/Welding Evaporator	28	15-Apr-23	12-Mei-23	2.3,2.6
2.8	Pin Water wall - Front, side & rear Water Wall	12	15-Apr-23	26-Apr-23	2.3,2.6
2.9	Penetran test 100% pipa To Header, Pipa To Drum	4	13-Mei-23	16-Mei-23	2.7,2.8
2.10	X-Ray Pipa Water Wall 100% Pipa To Pipa	11	17-Mei-23	27-Mei-23	2.9
2.11	Dust collector (cyclone) & Screw Conveyor	4	72-Apr-23	30-Apr-23	2.8
2.12	Wing Box, ducting	8	1-Mei-23	8-Mei-23	2.11
2.13	Air preheater, ducting	7	9-Mei-23	15-Mei-23	2.12
2.14	Economiser & ducting	7	16-Mei-23	22-Mei-23	2.13
2.15	Header steam, pipa main steam & acesories	7	21-Mar-23	27-Mar-23	2.6
2.16	Accessories boiler (safety, check valve blowdown)	6	23-Mei-23	28-Mei-23	2.14
2.17	Walk-way, ladder	7	8-Mar-23	14-Mar-23	1.1
2.18	Coal bunker & Single bucket elevator	7	8-Mar-23	14-Mar-23	1.1
2.19	Sludge conveyor (Slad Remover)	14	15-Mar-23	28-Mar-23	2.18
3	Refractory & Isolation Boiler				
3.1	Begeving & support (Front water wall, Middle arch, side, rear, shell header left, right & front)	5	13-Mei-23	17-Mei-23	2.7,2.8
3.2	Castable (Front water wall, Middle arch, side, rear, shell	13	18-Mei-23	30-Mei-23	3.1

No WBS	Aktivitas	Durasi (hari)	Waktu Mulai	Waktu Selesai	Predecessor
	header left, right & front)				
3.3	Fire brick, mortal untuk dinding samping Boiler	5	31-Mei-23	4-Juni-23	3.2
3.4	Rock wall pada dinding furnace	3	13-Mei-23	15-Mei-23	2.7,2.8
3.5	Plate cover boiler	3	16-Mei-23	18-Mei-23	3.4
3.6	Isolasi pipa steam boiler to header	4	28-Mar-23	31-Mar-23	2.15
4	Install Mechanical Equipment				
4.1	FD fan ducting & accesories	6	12-Mar-23	17-Mar-23	1.1
4.2	ID Fan, ducting & accessories	6	18-Mar-23	23-Mar-23	1.1
4.3	Deaerator & Piping	15	8-Mar-23	22-Mar-23	1.1
4.4	Feed water pump & pipa	7	23-Mar-23	29-Mar-23	4.3
4.5	Make up water pump & pipa	7	23-Mar-23	29-Mar-23	4.3
5	Install Electrical Equipment				
5.1	Panel accesories	16	5-Apr-23	20-Apr-23	1.1
5.2	Support Cable, tray & accessories	20	21-Apr-23	10-Mei-23	5.1
5.3	Pulling Cable & control	4	11-Mei-23	14-Mei-23	5.2
5.4	Connecting cable panel ke motor drive	7	15-Mei-23	21-Mei-23	4.1,4.2,4.4,4.5,5.3
6	Painting Process				
6.1	Painting body boiler	4	19-Mei-23	22-Mei-23	3.5
6.2	Painting frame boiler	6	19-Mei-23	24-Mei-23	3.5
6.3	Painting ducting, dust collector & chimney	6	1-Jun-23	6-Jun-23	2.11
7	Cleaning Process				
7.1	Chemical for Boil out boiler	3	17-Mei-23	19-Mei-23	2.9
7.2	Boil out boiler	3	20-Mei-23	22-Mei-23	7.1
8	Coal Handling System				
8.1	Feed Hopper, Capacity 2 m3 system	9	10-Mar-23	18-Mar-23	1.1
8.2	Belt Conveyor Site Wall	16	19-Mar-23	3-Apr-23	8,1
9	Finishing & Commissioning Test				
9.1	Flushing & Hydrottest boiler	4	28-Mei-23	31-Mei-23	2.5,2.10,5.4,7.2
9.2	Commissioning Test	10	1-Jun-23	10-Jun-23	2.16,2.19,8.2,9.1
10	Tahap Perijinan				
10.1	Ijin Depnaker (SLO)	4	11-Jun-23	14-Jun-23	2.17,3.3,3.6,6.1,6.2,6.3,9.2

Dari Tabel 3 Penjadwalan Proyek Boiler selama 90 hari dengan CPM dan Tabel Error! No text of specified style in document. **Penjadwalan Proyek Boiler selama 105 hari dengan CPM** didapat bahwa yang memungkinkan memberikan hasil sesuai dengan waktu yang diberikan yaitu menggunakan durasi waktu hasil dari perhitungan *Critical Path Method (CPM)* dengan durasi waktu selama 90 hari. Dikarenakan dengan metode PERT diperoleh hasil selama 105 hari. Sehingga jadwal pelaksanaan proyek instalasi boiler ini menggunakan *schedule* dari hasil *Critical Path Method (CPM)*.

Pembuatan Kurva S

Setelah mendapatkan Schedule dari proyek instalasi boiler, maka bisa dilakukan pembuatan kurva-s perencanaan. Tujuan dari pembuatan kurva-s ini yaitu untuk memonitor pekerjaan agar berjalan sesuai rencana sehingga target proyek instalasi boiler selama 90 hari dapat berjalan tepat waktu. Berikut merupakan kurva-s perencanaan dari proyek instalasi boiler dengan durasi waktu 90 hari dengan awal mulai kegiatan proyek pada tanggal 3 maret 2023 dan akhir dari kegiatan proyek pada 31 mei 2023:



Gambar 3 Kurva S Proyek Instalasi Boiler 90 Hari

Pada Gambar 3 Kurva S Proyek Instalasi Boiler 90 Hari diatas dapat dilihat bahwa pekerjaan yang harus dilakukan awal minggu cukup banyak sehingga pada grafik awal langsung naik. Kenaikan grafik yang cukup cepat ini juga dipengaruhi oleh beban pekerjaan yang banyak. Beban pekerjaan ini disesuaikan dengan target durasi proyek yang mepet dengan tenggat waktu selama 90 hari sehingga progress pekerjaan harus dimonitor dengan ketat agar progress pekerjaan rencana bisa didapat sampai akhir durasi proyek. Dan proyek dapat terselesaikan dengan tepat waktu sesuai dengan rencana jadwal dan waktu yang diberikan yaitu 90 hari.

KESIMPULAN

Dengan metode *Critical Path Methode (CPM)* Proyek Instalasi Boiler dapat diselesaikan dalam jangka waktu 90 Hari. Dan lintasan kritis terletak pada kode kegiatan A1, B1, B2, B3, B7, B9, B10, I1, I2, J1. Kegiatan-Kegiatan tersebut yaitu persiapan peralatan, Manpower dan Safety Person (A1), Support Chain Grate H Beam 150 & Plate 70X70 (B1), Frame Chain Grate & Install Part Chain Grate (B2), Install Header Boiler (Right, Left, Rear Lateral, Middle Lateral) (B3), Install Water Wall Diameter 51mm dan Fit Up/ Welding Evaporator (B7), Penetrant Test 100% Pipe to Header, Pipe to Drum (B9), X-Ray Water Wall pipe (B10), Flushing & Hydrotest Boiler (I1), Commissioning Test (I2) dan Ijin Depnaker (J1). Sedangkan dengan metode *Program Evaluation Review Technique (PERT)* Proyek Instalasi Boiler dapat diselesaikan dalam jangka waktu 105 hari dengan lintasan kritis sama seperti metode CPM. Pada metode ini dilakukan sampling varian durasi target untuk mengetahui probabilitas dengan hasil untuk durasi 90 hari probabilitasnya 0.2%, 95 hari probabilitasnya 1%, 100 hari probabilitasnya 12%, 105 hari probabilitasnya 50 %, 110 hari probabilitasnya 88% dan 115 hari probabilitasnya 99%. Pada pembuatan kurva-S, jadwal yang digunakan yaitu jadwal dengan perhitungan dengan metode *Critical Path Methode (CPM)*, karena jadwal tersebut yang sesuai dengan durasi proyek yang terdapat pada kontrak. Pada kurva-S

terlihat bahwa pada awal minggu progress planning yang dilakukan cukup naik signifikan sehingga dapat dikatakan dari beban pekerjaan cukup banyak. Hal ini harus dimonitor dengan baik agar target schedule 90 hari dapat selesai tepat waktu.

BIBLIOGRAFI

- 2013 ASME Boiler and Pressure Vessel Code A N I N T E R N A T I O N A L C O D E. (n.d.).
- Agyei, W. (2015). Project Planning And Scheduling Using PERT And CPM Techniques With Linear Programming: Case Study. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 4, 8. www.ijstr.org
- Aulia, S., & Cipta, H. (2023). Network Planning Analysis Using CPM and PERT Methods on Optimization of Time and Cost. *Sinkron*, 8(1), 171–177. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i1.11961>
- Baits, H. A., Puspita, I. A., & Bay, A. F. (2020). Combination of program evaluation and review technique (PERT) and critical path method (CPM) for project schedule development. *International Journal of Integrated Engineering*, 12(3). <https://doi.org/10.30880/ijie.2020.12.03.009>
- Chao, L., Ke, L., Yongzhen, W., Zhitong, M., & Yulie, G. (2017). The Effect Analysis of Thermal Efficiency and Optimal Design for Boiler System. *Energy Procedia*, 105. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.629>
- Cristóbal, J. R. S. (2017). The S-curve envelope as a tool for monitoring and control of projects. *Procedia Computer Science*, 121. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.097>
- Soeharto, I. (1999). *e-book-manajemen-proyek Iman Soeharto: Vol. Jilid 1* (I. Soeharto, Ed.; Edisi Kedua). Airlangga.
- Effendy, Dwi Ardiyanto, Sunyoto, M. (1981). Rancang Bangun Boiler pada Industri Tahu untuk Proses Pemanasan Sistem Uap dengan Menggunakan CATIA V5. *Environmental Science & Technology*, 15(12).
- Faizal, M., Hamzah, M. H., & Navaretsnasinggam, A. (n.d.). *Study on the thermodynamics performance of industrial boiler*.
- Fisher, G., Wisneski, J. E., & Bakker, R. M. (2020). S-Curve Analysis. In *Strategy in 3D* (pp. 108–117). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780190081478.003.0013>
- Han, Y., Xu, G., Yang, Y., Xu, C., & Song, X. (2015). An optimized system for clean, efficient and deep utilization of flue gas waste heat from coal-fired power plants. *Dongli Gongcheng Xuebao/Journal of Chinese Society of Power Engineering*, 35(8).
- Hirji Badruzzaman, F., Yusuf Fajar, M., Rohaeni, O., Gunawan, G., & Harahap, E. (n.d.). *CPM And PERT Technique Efficiency Model For Child Veil Production*. www.ijstr.org
- Khan, S., & Khan, S. (2014). Boiler and Its Tangential Fuel Firing System. *International Journal of Automation and Control Engineering*, 3(3). <https://doi.org/10.14355/ijace.2014.0303.02>
- Kholil, M., Nurul Alfa, B., & Hariadi, M. (2018). Scheduling of House Development Projects with CPM and PERT Method for Time Efficiency (Case Study: House Type 36). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 140(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/140/1/012010>
- Lermen, F. H., Morais, M. de F., Matos, C., Röder, R., & Röder, C. (2016). Optimization of Times and Costs Of Project Of Horizontal Laminator Production Using PERT/CPM Technical. *Independent Journal of Management & Production*, 7(3), 833–853. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v7i3.423>
- Lester, A. (2021). Project Management, Planning and Control: Managing Engineering, Construction and Manufacturing Projects to PMI, APM and BSI Standards. In *Project Management, Planning and Control: Managing Engineering, Construction and Manufacturing*

Projects to PMI, APM and BSI Standards. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824339-8.01001-4>

- Konsep & Implementasi Manajemen Proyek, & Santosa, B. (2009). *Manajemen Proyek*.
- Mohamad, H. M., Mohamad, M. I., Saad, I., Bolong, N., Mustazama, J., & Razali, S. N. M. (2021). A case study of s-curve analysis: Causes, effects, tracing and monitoring project extension of time. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 7(4), 649–661. <https://doi.org/10.28991/cej-2021-03091679>
- PMI. (2021). PMBOK Guide | Project Management Institute. In PMI (Ed.), *PMBOK Guide*. PMI. <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok>
- Sathish, T., Mohanavel, V., Afzal, A., Arunkumar, M., Ravichandran, M., Khan, S. A., Rajendran, P., & Asif, M. (2021). Advancement of steam generation process in water tube boiler using Taguchi design of experiments. *Case Studies in Thermal Engineering*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101247>
- Soliman, E., & Alrasheed, K. (2022). Difference in S-curve for different types of construction projects. *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, 10(1), 17–28. <https://doi.org/10.36909/jer.10231>
- Syahputra, maulana rahman, & Sulaksmo, M. (2014). Kelengkapan Pemenuhan Syarat Operator Ketel Uap Dengan Upaya Pengoperasian Dan Pemeliharaan Di Pt Pupuk Kaltim (Studi Pada Operator Di Industri Kimia). *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 3(2).
- Syamsir A. Muin. (1988). *Pesawat-Pesawat Konversi Energi 1 (Ketel Uap)*. Rajawali Pers.
- Tonchia, S. (2018). *Project Time Management* (pp. 117–129). https://doi.org/10.1007/978-3-662-56328-1_10
- Wang, X., Li, Y., Li, X., Gao, J., Feng, Y., & Liu, W. (2018). Optimized Utilization of Waste Heat Recovery from Flue Gas of Coal-Fired Boiler in Power Plant. *Ranshao Kexue Yu Jishu/Journal of Combustion Science and Technology*, 24(1). <https://doi.org/10.11715/rskxjs.R201701003>
- Yuliarty, P., Novia, N. S., & Anggraini, R. (2021). Construction Service Project Scheduling Analysis Using Critical Path Method (CPM), Project Evaluation and Review Technique (PERT). In *International Journal of Innovative Science and Research Technology* (Vol. 6, Issue 2). www.ijisrt.com

Copyright holders:

Labib Zainul Aziz, Haryo Dwito Armono (2023)

First publication right:

Gema Ekonomi (Jurnal Fakultas Ekonomi)

This article is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0

International

