

PENERAPAN METODE *CRITICAL PATH METHOD* PADA PROSES *ASSEMBLY EXCAVATOR*

Wardah Aprilia Zahra¹, Hery Irwan², Edi Sumarya³

¹Program Studi Teknik Industri, Universitas Riau Kepulauan Batam

^{2,3}Staf Pengajar Program Studi Teknik Industri, Universitas Riau Kepulauan Batam
Universitas Riau Kepulauan, Batam, Kepulauan Riau

Email: Wardahoza13@gmail.com¹, Hery04@gmail.com², Edisumarya@yahoo.co.id³

Abstract — For excavator products that have an assembly process time of 15 days for one unit. While the target schedule needed to meet demand is 13 days for one unit. Therefore, it is necessary to know the critical path for optimization so as to achieve targets that are in accordance with existing demand. After making network diagrams and float calculations, in the excavator assembly process there are critical paths in the Prep and SOL (A), Chassis, Swing Gear (B), Hydraulic Tank (E), MCV (G), Engine Installation (H), Carbody Staging (K), Slewing Rundown (L), Marry Up (M), Finish Assy (P) and Platform and EOL (R). Based on the visualization of the gantt chart, it is necessary to reallocate resources and optimize for target achievement. By relocating the existing resources in the excavator assembly process and accelerating with the overlapping method that requires overtime procurement in several processes, the work capacity can reach the target according to demand, which is from 15 days per unit to 13 days per unit

Keywords : Critical Path Method (CPM), Network Diagram, Gantt Chart, Reallocation Resource Dan Overlapping.

Abstrak — Pada produk excavator yang mempunyai waktu proses assembly selama 15 hari untuk satu unit. Sedangkan jadwal target yang diperlukan untuk memenuhi demand adalah 13 hari untuk satu unitnya. Karenanya, perlu adanya mengetahui jalur kritis untuk optimalisasi sehingga mencapai target yang sesuai dengan demand yang ada. Setelah dilakukannya pembuatan network diagram dan perhitungan float, dalam proses assembly excavator ada jalur kritis pada proses Prep and SOL (A), Chassis, Swing Gear (B), Hydraulic Tank (E), MCV (G), Engine Installation (H), Carbody Staging (K), Slewing Rundown (L), Marry Up (M), Finish Assy (P) dan Platform and EOL (R). Berdasarkan visualisasi dari gantt chart, perlu adanya realokasi resource dan optimalisasi untuk pencapaian target. Dengan melakukan realokasi pada resource yang ada pada proses assembly excavator dan dilakukan percepatan dengan metode overlapping yang mengharuskan pengadaan lembur di beberapa proses, maka kapasitas pengerjaan bisa mencapai target sesuai demand yaitu dari 15 hari per unit menjadi 13 hari per unit.

Kata Kunci : Critical Path Method (CPM), Network Diagram, Gantt chart, realokasi resource dan Overlapping.

PENDAHULUAN

Proses kerja pada suatu perusahaan manufaktur adalah kunci utama dari jalannya proses produksi. Hal ini sangat berkaitan dengan hasil output yang akan di hasilkan. Tentunya dengan proses yang baik dan efektif. Pencapaian suatu industri manufaktur tergantung hasil yang didapatkan. Dimana tolak ukur pertamanya didasarkan pada target yang sudah ditentukan. Hal ini berguna untuk memastikan kepada customer bahwa suatu perusahaan dapat menepati order yang sudah dipercayakan dan dengan hasil sesuai ekspektasi dan standar yang berlaku.

Untuk excavator sendiri mempunyai value stream (bagian dari department) khusus untuk merakit semua komponen menjadi 1 barang jadi yaitu Operation Assembly. Dan untuk operation assembly sendiri mempunyai pembagain station

lagi yaitu sub assembly station dan main assembly station. Sesuai dengan namanya, sub assembly merupakan station yang bertugas untuk merakit bagian-bagian kecil dan main assembly merupakan station yang bertugas merakit bagian-bagian besar dan menggabungkan semua bagian dari sub assembly dan akan di lanjutkan proses final testing.

Proses main assembly dibagi lagi menjadi 5 zone dimana flow yang berjalan menggunakan sistem serial yaitu, zone 1 diproses lebih dulu sampai selesai kemudian dilanjutkan dengan proses zone 2 dan begitu seterusnya sampai dengan zone 5. Focusing dari masing-masin zone berbeda-beda. Zone 1 berfokus di bagian chassis, cab operator, cooler swing gear, dan harness. Zone 2 berfokus di bagian autolube, MCV, fuel tank dan hydraulic tank. Zone 3 berfokus di bagian engine, radiator dan hood. Zone 4 berfokus dibagian carbody dan marry

up. Dan zone 5 berfokus pada bagian platform dan filling.

Waktu pengerjaan assembly untuk mencapai RTS (ready to ship) di produk excavator ini selama 15 hari untuk satu unit. Sedangkan jadwal target yang diperlukan untuk memenuhi demand adalah 13 hari untuk satu unitnya. Karnanya, perlu adanya optimalisasi untuk bisa mencapai target yang sesuai dengan demand yang ada. Oleh karna itu dibutuhkan optimalisasi dari masing-masing main zone untuk meningkatkan kapasitas produksi.

Perumusan masalah:

1. Bagaimana cara menentukan jalur kritis pada pengerjaan assembly excavator?
2. Bagaimana cara meningkatkan kapasitas assembly excavator?

Tujuan penelitian:

1. Untuk mengetahui jalur kritis pada pengerjaan assembly excavator
2. Mengetahui cara meningkatkan kapasitas assembly excavator untuk memenuhi demand.

LANDASAN TEORI

Manajemen proyek merupakan semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu. Pengertian dari optimal disini adalah menyatakan kriteria kesuksesan pelaksanaan dari suatu proyek konstruksi yaitu apabila memenuhi:

1. Dilaksanakan dalam batasan waktu yang telah ditetapkan.
2. Dilaksanakan sesuai dengan biaya yang sudah dianggarkan.
3. Kualitasnya memenuhi syarat-syarat teknis pekerjaan.
4. Memberikan manfaat sesuai dengan perencanaan.

Dari pengertian yang sudah dijelaskan dapat di simpulkan bahwa manajemen proyek mempunyai konsep merencanakan, mengorganisir, mengendalikan sumber daya manusia hingga memastikan ketepatan waktu.

Pengukuran tercapai tidaknya target ada berbagai cara dalam manajemen proyek yang akan disusun pada tahap perencanaan. Dan biasanya proyek menggunakan diagram untuk mempermudah pembacaan schedule atau jadwal proyek. Berikut merupakan metode alat penjadwalan proyek yang sering digunakan:

a. *Gantt chart*

Gantt chart atau biasa disebut juga *bar chart* disusun untuk mengidentifikasi unsur waktu

dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan yang terdiri dari waktu mulai, waktu penyelesaian dan waktu saat pelaporan. *Gantt chart* banyak digunakan karena mudah dibuat dan dipahami sebagai salah satu alat komunikasi dalam penyelenggaraan proyek.

b. *Kurva S*

Kurva S adalah suatu kurva yang disusun untuk menunjukkan hubungan antara nilai kumulatif biaya atau jam-orang (*man hours*) yang telah digunakan atau persentase (%) penyelesaian pekerjaan terhadap waktu. Dengan demikian pada Kurva S dapat digambarkan kemajuan volume pekerjaan yang diselesaikan sepanjang berlangsungnya proyek atau pekerjaan dalam bagian dari proyek. Dengan membandingkan kurva tersebut dengan kurva yang serupa yang disusun berdasarkan perencanaan, maka akan segera terlihat dengan jelas apabila terjadi penyimpangan.

c. *Network Planning*

Metode *Network Planning* merupakan suatu cara baru dalam bidang perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Yaitu suatu gambaran dari rencana proyek dan urutan-urutan dari pada kegiatan yang harus dilaksanakan. *Network planning* merupakan teknik perencanaan yang dapat mengevaluasi interaksi antara kegiatan-kegiatan. Pada Terdapat dua pendekatan yang digunakan dalam mengembangkan jaringan proyek yaitu *activity-on-node* (AON) dan *activity-on-arrow* (AOA). Perbedaan mendasar dari kedua jaringan tersebut adalah pada AON menggunakan node untuk menggambarkan sebuah aktivitas dan anak panah hanya menjelaskan hubungan ketergantungan di antara kegiatan-kegiatannya, sedangkan pada AOA aktivitas digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan dua *node* (*event*).

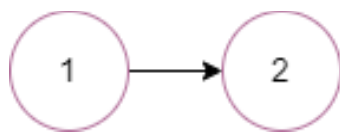
A. *Critical Path Method*

Menurut Herry (2019) *Critical Path Method* pertama kali dikembangkan oleh E.I du Pont de Nemours Company sebagai aplikasi untuk proyek-proyek konstruksi dan kemudian diperluas oleh Mauchly Associates. Dimana metode ini digunakan untuk memproyeksikan waktu penyelesaian kerja pada suatu kegiatan yang melibatkan banyak nya aktifitas didalam nya.

Meskipun awal mula metode ini digunakan hanya pada bidang konstruksi, setelah dikembangkan, metode ini banyak digunakan dibidang industri manufaktur yang mempunyai sistem produksi *make to order* (MTO). Yaitu proses

produksi tersebut mengharuskan customer atau pelanggan memesan barang tersebut terlebih dahulu kemudian barang tersebut dibuat berdasarkan pesanan pelanggan.

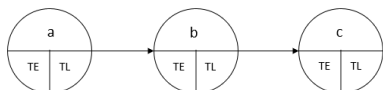
Pada metode CPM sendiri mempunyai diagram panah atau yang sering disebut jaringan CPM yang mengikuti prinsip activity on arc, dimana alur (flow) aktivitas-aktivitas di dalam nya tergambar dari busur panah. Di dalam nya juga ada node (lingkaran) yang berisi urutan proses atau station yang ada untuk menggambarkan aktifitas mula atau awal berlanjut ke aktifitas selanjutnya hingga ke aktifitas final atau akhir. Berikut contoh gambar diagram panah / jaringan CPM:



Gambar 1 Contoh Diagram Panah / Jaringan CPM

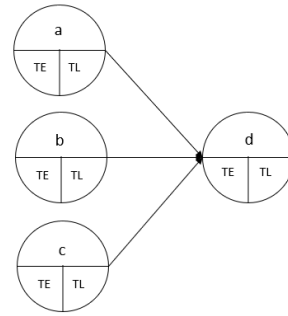
B. Jaringan Kerja CPM

Dalam network planning juga ada tiga jenis event yaitu serial event (tunggal), parallel event (merge event) dan combination event (event gabungan antara serial dan parallel). Serial event adalah aktifitas yang dilakukan secara kontinu dan titik mulainya bergantung kepada aktifitas sebelumnya sehingga bila digambarkan akan membentuk linier aatau garis lurus. Berikut contoh gambar serial event:



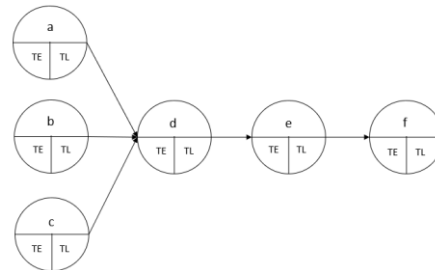
Gambar 2 Gambar Serial Event

Sedangkan parallel event adalah beberapa kegiatan atau aktifitas yang bisa dikerjakan bersamaan yang titik mulai nya tanpa bergantung dengan proses yang berhubungan (parallel) sehingga bila digambarkan akan membentuk garis bercabang. Berikut adalah contoh gambar parallel event.



Gambar 3 Gambar Parallel Event

Dan combination event adalah suatu network diagram yang didalam nya ada mengandung serial event juga parallel event. Baik itu di awal event atau di akhir event. Berikut contoh gambar combination event



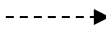


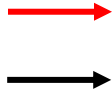
Gambar 4 Gambar Combination Event

C. Simbol jaringan kerja CPM

Berikut merupakan tabel penjelasan simbol-simbol jaringan kerja CPM.

Tabel 1 Table Simbol-Simbol Jaringan CPM

Symbol	Keterangan
	Anak panah ini melambangkan suatu kegiatan dari suatu proyek.. Ekor anak panah ditafsirkan sebagai kegiatan dimulai dan kepalanya ditafsirkan kegiatan selesai.
	Mewakili sebuah kejadian atau peristiwa atau event. Kejadian (event) didefinisikan sebagai ujung atau pertemuan dari satu atau beberapa kegiatan.
	Anak panah terputus-putus melambangkan

	hubungan antar peristiwa, sama halnya dengan anak panah yang melambangkan kegiatan.
	Merupakan kegiatan pada lintasan kritis, yaitu aktivitas yang paling menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Lintasan kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek.

D. Lintasan kritis

Lintasan kritis adalah jalur atau jalan yang dilintasi atau dilalui yang paling menentukan berhasil atau gagalnya suatu pekerjaan. Dengan kata lain lintasan kritis adalah lintasan yang paling menentukan penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Dalam menentukan lintasan kritis, diperlukan langkah-langkah sebagai berikut:

- Perhitungan Maju (Forward computation).
- Perhitungan Mundur (Backward computation).
- Tenggat waktu kegiatan (deadline).
- Kelonggaran Waktu (float / slack time).

E. Langkah-Langkah dan Perhitungan CPM

Dalam CPM banyak notasi-notasi yang digunakan pada perhitungannya. Berikut ini adalah notasi-notasi yang ada di CPM:

- TE: Earliest event occurrence time, yaitu saat tercepat terjadinya kejadian atau event.
- TL: Latest event occurrence time, yaitu saat paling lambat terjadinya kejadian.
- ES: Earliest activity start time, yaitu saat tercepat dimulainya kegiatan atau aktifitas.
- EF: Earliest activity finish time, yaitu saat tercepat diselesaikannya kegiatan.
- LS: Latest activity start time, yaitu saat paling lambat dimulainya kegiatan.
- LF: Latest activity finish time, yaitu saat paling lambat diselesaikannya kegiatan.
- D: Activity duration time, yaitu waktu yang diperlukan untuk suatu kegiatan. Biasanya dalam proyek dinyatakan dalam hari. Namun, ini bisa berbeda tergantung dengan jenis proyek. Ada juga satuan yang digunakan berupa jam.

- S: Waktu mulai proyek.
- T: Waktu penyelesaian proyek.
- TF: Total slack atau total float.

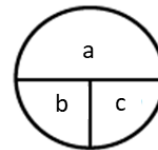
Ini merupakan jenis kelonggaran waktu atau elastisitas.

k. FF: Free slack atau free float. ini merupakan jenis kelonggaran waktu atau elastisitas.

Dalam perhitungan CPM, ada 3 unsur yang harus diketahui yaitu:

- Setiap proyek hanya memiliki satu initial event dan satu terminal event.
- Saat tercepat terjadinya initial event adalah day-0 atau hari ke-0.
- Saat paling lambat terjadinya terminal event adalah TL.

Dalam perhitungan maju atau forward computation notasi yang digunakan adalah TE, ES dan EF. Sedangkan perhitungan mundur atau backward computation menggunakan TL, LS dan LF. Setelah perhitungan tersebut selesai baru lah menentukan float/slack. Untuk melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur ini, symbol lingkaran perlu dibagi 3 seperti dibawah ini:



Keterangan:

- a = ruang untuk nomor event (NE).
- b = ruang untuk menunjukkan saat paling cepat terjadinya event (ES), yang merupakan hasil perhitungan maju.
- c = ruang untuk menunjukkan saat paling lambat terjadinya event (LF), yang merupakan hasil perhitungan mundur.

Ada tiga cara yang perlu dilakukan dalam perhitungan maju yaitu:

1. Saat tercepat terjadinya initial event harus ditentukan pada hari ke nol, sehingga untuk initial event berlaku $TE = 0$

Namun hal ini tidak berlaku apabila ditengah-tengah proses proyek bersangkutan atau berhubungan dengan proyek lainnya.

2. Apabila initial event terjadi pada hari ke nol, maka saat paling cepat terjadinya event ($ES = 0$) dan saat terlambat terjadinya event adalah ($LF = ES + D$)

3. Apabila ada proses parallel dan bertumpu pada satu event selanjutnya. Karna itu event-event sebelumnya yakni parallel event tersebut harus selesai terlebih dahulu. Maka $TE = \max(EF_x, EF_y, \dots, EF_n)$

Seperti halnya dengan perhitungan maju, perhitungan mundur juga terdapat tiga langkah yaitu:

1. Pada terminal event berlaku $TL = TE$

2. Saat paling lambat untuk memulai suatu event adalah saat paling lambat untuk menyelesaikan aktifitas itu dikurangi dengan durasi aktifitas. Maka $LS = LF - D$. $LF = TL$ dimana $TL = TE$. Dan $LS = TL - D$

3. Apabila setelahnya ada proses parallel event yang bersumber dari event ini. Karnanya event sebelumnya harus selesai dulu dan saat terlambat terjadinya event sama dengan nilai tercil dari saat paling lambat untuk memulai dari event-event setelahnya. Maka, $TL = \min(EF_x, EF_y, \dots, EF_n)$

F. METODE PENELITIAN

Berikut merupakan beberapa Teknik pengolahan dan penyelesaian.

- Penyusunan flow proses beserta resource nya
- Perhitungan waktu proses dan penjadwalan dengan network planning
- Mengidentifikasi dan menentukan jalur kritis
- Mengoptimalkan capacity dengan critical path serta resource nya

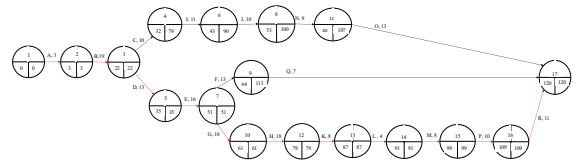
G. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah tabel dari work breakdown and code, waktu kerja, preceding activity / pendahulu kegiatan serta jumlah manpower dalam proses assembly:

Tabel 1 WBS, Code Activity, Manpower, Duration and Preceding

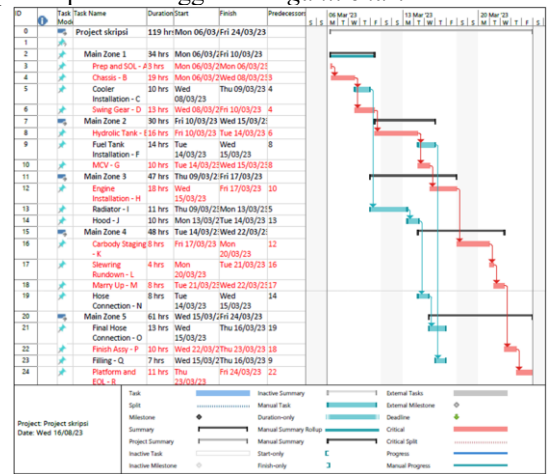
Main Zone	Work Breakdown Structure	Code Activity	Man Power (Assembler)	Duration (Hrs)	Preceding Activity
1	Prep and SOL	A	2	3	-
	Chassis	B	3	19	A
	Cooler Installation	C	2	10	B
	Swing Gear	D	2	13	B
2	Hydraulic Tank	E	2	16	D
	Fuel Tank Installation	F	2	14	E
	MCV	G	1	10	E
3	Engine Installation	H	3	18	G
	Radiator	I	4	11	C
	Hood	J	2	10	I
4	Carbody Staging	K	2	8	H
	Slewing Rundown	L	2	4	K
	Marry Up	M	4	8	L
	Hose Connection	N	2	8	J
5	Final Hose Connection	O	2	13	N
	Finish Assy	P	3	10	M
	Filling	Q	1	7	F
	Platform and EOL	R	2	11	P

Network planning dan jalur kritis dapat dilihat sebagai berikut:



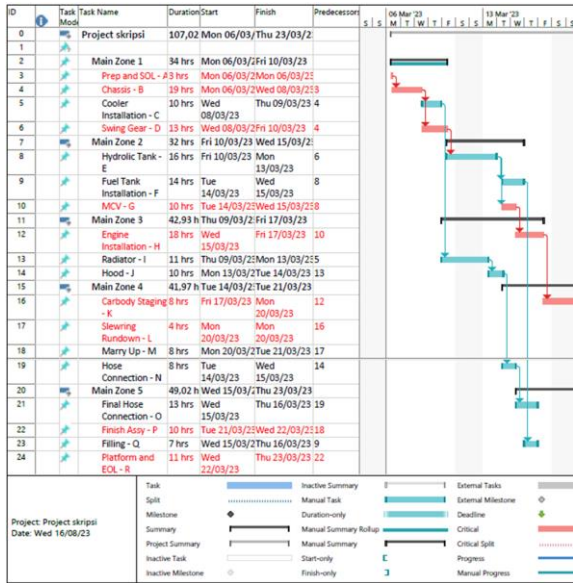
Gambar 5. CPM

Tampilan apabilamenggunakan gantt chart:



Gambar 6. Gantt Chart

Dapat dilihat dari gantt chart diatas bahwa perlu adanya percepatan yang dilakukan dengan overlapping pada proses agar tidak mengganggu jalannya proses kerja. Berikut hasil overlapping yang dilakukan:



Gambar 7. Gantt Chart setelah Percepatan

H. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah dilakukannya pembuatan network diagram dan menganalisa perhitungan float, dalam proses assembly Excavator terdapat 9 proses pada jalur kritis yaitu; proses Prep and SOL (A), Chassis, Swing Gear (B), Hydraulic Tank (E), MCV (G), Engine Installation (H), Carbody Staging (K), Slewing Rundown (L), Marry Up (M), Finish Assy (P) dan Platform and EOL (R).

Dengan melakukan relakasi pada resource yang ada pada proses assembly excavator dan dilakukan percepatan dengan metode overlapping yang mengharuskan pengadaan lembur di beberapa proses, maka kapasitas pengerjaan bisa mencapai target sesuai demand yaitu dari 15 hari per unit menjadi 13 hari per unit

Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk alokasi resource agar tidak ada kekurangan pekerja untuk setiap proses nya.

Diperlukan hitungan berbeda apabila target yang ingin dicapai berbeda dari yang dilakukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anissa Ghaisani Syaputri, M. D. (2020). *Optimizing Commissioning Scheduling EPCC Industry Projects by Integrating AHP and CPM Methods. International Journal of Advanced Science and Technology Vol. 29, No. 7s, (2020), pp. 3580-3587, 3580-3586.*

Gandhi, H. K. (2019). *Apikasi Meetode CPM Untuk Efisiensi Waktu Proses Setup Mesin Dengan Kombinasi Dua Orang Operator. Jurnal InTent, Vol.2, No.2, Juli - Desember 2019, 122-131.*

HALPIN, R.-Y. H. (2000). *Graphically based LP modelling for linear scheduling. Engineering, Construction and Architectural Management 2000 7 | 1, 41-51, 41-50.*

Hery Irwan, U. (2017). *Analisa Perencanaan Manpower Dengan Metode Critical Path. PROFISIENSI, Vol 5 No. 1 ;33-43 Juni 2017, 33-43.*

Kurniawan, R. (2020). *Penerapan Metode CPM Dan Gantt Chart Untuk Mengukur Efisiensi Waktu. Jurnal Ekonomi dan Kewirausahaan Vol. 20 No. 4 Desember 2020, 225-238.*

Maulana, Y. (2019). *Optimasi Lead Time Project Interior Bus Caravan Dengan Metode CPM Dan PERT Pada Industri Karoseri Dalam Memperbaiki Kemampuan Penyelesaian Tepat Waktu. TEKNOLOGI Vol.1 Nomor 2 Oktober 2019, 1, 95-102.*

Suci Miranda, W. T. (2019). *Perbandingan Penentuan Waktu Baku Menggunakan Metode Time Study dan Critical Path Method (CPM). Jurnal Sistem dan Manajemen Industri Vol 3 No 1 Juli 2019, 19-30, 19-30.*