

PERBAIKAN URUTAN PEKERJAAN DAN EFISIENSI WAKTU PRODUKSI TRANSFORMATOR DENGAN *CRITICAL PATH METHOD*

Arief Suwandi

Prodi Teknik Industri, Universitas Esa Unggul
Jalan Arjuna Utara No. 9, Kebon Jeruk, Jakarta
arief.suwandi@esaunggul.ac.id

Abstrak

PT. XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi transformator yang terus meningkat kuantitas produksinya, sehingga hal ini menjadi pemacu bagi perusahaan untuk senantiasa menjaga dan terus meningkatkan kualitas dan produktivitasnya. Perencanaan, penjadwalan, pengawasan dalam kegiatan meliputi sejumlah pekerjaan yang saling terkait satu sama lain untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Pengembangan produk/jasa merupakan kejadian atau kegiatan unik yang mau atau tidak mau harus terus dilakukan. Penjadwalan kegiatan untuk lebih meningkatkan efisiensi waktu kerja menjadi faktor yang dominan dalam rangka perbaikan kerja yang terus menerus dalam perusahaan. Untuk meningkatkan efisiensi waktu pembuatan produk transformator agar produktivitas perusahaan meningkat, maka dilakukanlah analisa jaringan kerja pembuatan transformator dengan melakukan analisis penentuan urutan aktivitas dan kegiatan pembuatan transformator. Penelitian dan pengembangan produk senantiasa dilakukan sejalan dengan perbaikan kinerja berupa penjadwalan yang merupakan kegiatan yang mengatur dan mengendalikan urutan dan pembagian waktu untuk seluruh kegiatan. Pendekatan analisa jaringan kerja dengan CPM (*Critical Path Methode*) digunakan untuk membantu menunjukkan ketergantungan antar kegiatan dan mengidentifikasi kembali kegiatan-kegiatan yang dijalani untuk mendapatkan peluang peningkatan efisiensi waktu pada produksi perusahaan. Sehingga didapat urutan pekerjaan dan waktu produksi transformator yang efektif.

Kata kunci : Transformator, Efisiensi, CPM, Jaringan kerja.

Pendahuluan

Dalam era globalisasi saat ini setiap perusahaan dituntut untuk terus bergerak berusaha memperbaiki posisinya pada tingkat persaingan yang begitu ketat baik persaingan dari dalam negeri maupun luar negeri.

Transformator merupakan salah satu produk kelistrikan yang kian hari terus bertambah permintaan dari para konsumen. Sehingga, produk ini menjadi peluang semakin bertambahnya perusahaan-perusahaan yang memproduksi transformator. PT. XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi transformator yang terus meningkat kuantitas produksinya, sehingga hal ini menjadi pemacu bagi perusahaan untuk senantiasa menjaga dan terus meningkatkan kualitas dan produktivitasnya.

Penelitian dan pengembangan produk senantiasa dilakukan sejalan dengan perbaikan kinerja berupa penjadwalan yang merupakan kegiatan yang mengatur dan mengendalikan urutan dan pembagian waktu untuk seluruh kegiatan. Pendekatan analisa jaringan kerja dengan CPM (*Critical Path Methode*) digunakan untuk membantu menunjukkan ketergantungan antar kegiatan dan mengidentifikasi kembali kegiatan-

kegiatan yang dijalani untuk mendapatkan peluang peningkatan efisiensi waktu.

Tujuan Penelitian

1. Penentuan urutan kegiatan produksi Transformator yang efektif.
2. Meningkatkan efisiensi waktu pembuatan trafo 1500 kVA di PT. XYZ dengan menggunakan analisa jaringan kerja.

Tinjauan Pustaka

Perencanaan, penjadwalan, pengawasan dalam kegiatan meliputi sejumlah pekerjaan yang saling terkait satu sama lain untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Pengembangan produk/jasa merupakan kejadian atau kegiatan unik yang mau atau tidak mau harus terus dilakukan. Penjadwalan kegiatan untuk lebih meningkatkan efisiensi waktu kerja menjadi faktor yang dominan dalam rangka perbaikan kerja yang terus menerus dalam perusahaan. Pendekatan yang digunakan tentang penjadwalan kegiatan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode analisa jaringan kerja.

Definisi Penjadwalan

Penjadwalan meliputi pengurutan dan pembagian waktu untuk seluruh kegiatan/pekerjaan

yang dilakukan. Pada tahap ini diputuskan berapa lama tiap kegiatan memerlukan waktu dan menghitung berapa banyak orang dan keterampilan yang dibutuhkan juga jumlah dan jenis bahan yang diperlukan untuk tiap produksi.

Suatu pendekatan penjadwalan yang populer adalah Diagram Gantt. Diagram Gantt adalah cara berbiaya rendah yang membantu untuk memastikan bahwa :

- Semua kegiatan telah direncanakan
- Urutan kerja telah diperhitungkan
- Perkiraan waktu telah tercatat
- Keseluruhan waktu pekerjaan telah dibuat

Balok horizontal dibuat pada tiap kegiatan sepanjang garis waktu. Diagram Gantt juga dapat digunakan untuk proses yang berulang. Pada kasus ini, diagram gantt membantu menunjukkan potensi keterlambatan. Diagram ini juga membantu dalam mengamati kemajuan tiap kegiatan, untuk mengetahui dan menangani masalah. Namun, bagaimanapun diagram Gantt tidak cukup mengilustrasikan hubungan antar kegiatan dan sumber daya.

PERT dan CPM adalah dua teknik yang digunakan secara luas dan mempunyai kemampuan untuk mempertimbangkan hubungan dan ketergantungan dari seluruh kegiatan. Pendekatan-pendekatan yang dilakukan membantu penjadwalan kegiatan antara lain dalam hal :

1. Menunjukkan hubungan tiap kegiatan dengan kegiatan lain dan terhadap keseluruhan pekerjaan.
2. Mengidentifikasi hubungan yang harus didahulukan diantara kegiatan.
3. Menunjukkan perkiraan biaya dan waktu yang realistis untuk setiap kegiatan.
4. Membantu penggunaan tenaga kerja, uang, dan bahan.

PERT/CPM

Teknik evaluasi dan ulasan program (*evaluation and review technique* - PERT) dan metode jalur kritis (*critical path method* - CPM), dikembangkan di tahun 1950-an untuk membantu membuat penjadwalan memonitor dan mengendalikan pekerjaan besar dan kompleks.

PERT dan CPM keduanya mengikuti enam langkah dasar :

1. Mendefinisikan kegiatan yang dilakukan dan menyiapkan struktur pecahan kerja.
2. Membangun hubungan antara kegiatan. Memutuskan kegiatan mana yang harus dilakukan lebih dulu dan manam yang harus mengikuti yang lain.
3. Menggambarkan jaringan yang menghubungkan keseluruhan kegiatan.

4. Menetapkan perkiraan waktu dan/atau biaya untuk tiap kegiatan.
5. Menghitung jalur waktu terpanjang melalui jaringan, yang disebut jalur kritis.
6. Menggunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian pekerjaan secara keseluruhan.

Langkah ke-5, menentukan jalur kritis, menentukan jalur kegiatan yang akan menunda kegiatan, kecuali jika dapat diselesaikan tepat waktu. Untuk itu, mengidentifikasi kegiatan yang kurang penting dan melakukan perencanaan ulang, penjadwalan ulang, dan pengalokasian tenaga kerja dan uang dilakukan,

Meskipun PERT dan CPM berbeda pada beberapa hal dalam konstruksi jaringan, tujuan keduanya sama. Analisa yang dilakukan oleh kedua teknik ini sangat mirip. Perbedaan utamanya adalah bahwa PERT menggunakan tiga perkiraan waktu untuk setiap kegiatan. Waktu ini digunakan untuk menghitung nilai yang diharapkan dan penyimpangan standar untuk kegiatan tersebut. CPM membuat asumsi bahwa waktu kegiatan diketahui pasti, hingga hanya diperlukan satu faktor waktu untuk setiap kegiatan.

PERT dan CPM akan menjawab pertanyaan berikut :

1. Bilamana pekerjaan akan selesai?
2. Kegiatan-kegiatan apa saja bila terlambat akan membuat keseluruhan pekerjaan tertunda?
3. Yang manakah kegiatan yang tidak kritis yaitu kegiatan yang memiliki kelonggaran waktu sehingga tidak menunda penyelesaian pekerjaan secara keseluruhan selama kegiatan tersebut tidak melebihi batas kelonggaran yang ada?
4. Berapa besar kemungkinan suatu pekerjaan dapat diselesaikan pada tanggal tertentu?
5. Pada suatu tanggal tertentu, apakah kegiatan-kegiatan masih tetap didalam jadwal, lebih lambat atau lebih cepat dari jadwal?
6. Pada suatu tanggal tertentu, apakah uang yang dibelanjakan sama, lebih sedikit ataukah lebih besar dari yang dianggarkan?
7. Apakah memiliki sumber daya yang cukup untuk menyelesaikan pekerjaan (target) tepat waktu?
8. Jika pekerjaan ingin diselesaikan pada waktu yang lebih singkat, apakah jalan terbaik untuk mencapai sasaran ini dengan biaya yang seminimal mungkin?

Membuat Diagram Jaringan Kerja

Langkah pertama dalam jaringan PERT dan CPM adalah membagi keseluruhan pekerjaan menjadi kegiatan-kegiatan menurut struktur pecahan kerja. Ada dua pendekatan untuk menggambarkan jaringan kerja :

- Kegiatan pada titik (*Activity on Node - AON*)
- Kegiatan pada panah (*Activity on Arrow - AOA*)

Pada AON, titik menunjukkan kegiatan dan pada AOA, panah menunjukkan kegiatan. Setiap kegiatan memerlukan waktu dan sumber daya.

Perbedaan mendasar antara AOA dan AON adalah pada AON titik mewakili kegiatan. Pada jaringan AOA, titik merupakan waktu mulai dan selesainya suatu kegiatan yang disebut kejadian. Artinya titik pada AOA tidak membutuhkan waktu maupun sumber daya.

Tabel 1
Perbandingan penggunaan AOA dan AOA

No.	Kegiatan Pada Titik(AON)	Kegiatan	Kegiatan Pada Panah (AOA)
1.		A mendahului B, C dapat dikerjakan setelah B selesai.	
2.		C dapat dikerjakan jika A dan B selesai.	
3.		B dan C tidak dapat dimulai hingga A selesai.	
4.		C dan D tidak dapat dimulai hingga A dan B keduanya selesai.	
5.		C tidak dapat dimulai hingga A dan B keduanya selesai; D tidak dapat dimulai hingga B selesai. Kegiatan dummy ditunjukkan pada AOA	
6.		B dan C tidak dapat dimulai hingga A selesai. D tidak dapat dimulai hingga B dan C keduanya selesai. Kegiatan dummy ditunjukkan pada AOA.	

Tabel 1 (5 dan 6) menggambarkan bahwa pendekatan AOA kadang-kadang memerlukan tambahan kegiatan dummy untuk memperjelas hubungan. Kegiatan dummy tidak membutuhkan waktu dan sumber daya, tetapi dibutuhkan jika sebuah jaringan memiliki dua kegiatan dengan kejadian mulai dan akhir yang sama. Kegiatan dummy juga penting pada saat software komputer digunakan untuk menentukan waktu penyelesaian pekerjaan. Kegiatan dummy mempunyai waktu penyelesaian nol.

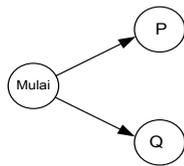
Contoh Kegiatan pada Titik (AON)

Saat pekerjaan dimulai, dua kegiatan dapat dimulai bersamaan, yaitu kegiatan P dan Q. Kegiatan R dapat dimulai jika P selesai. Kegiatan S dapat dimulai segera setelah P dan Q selesai. T dilakukan jika R dan S telah selesai.

Tabel 2
Contoh hubungan antar kegiatan

Kegiatan	Pendahulu/ Predecessor	Pengikut/ Successor
P	-	R, S
Q	-	S
R	P	T
S	P, Q	T
T	R, S	-

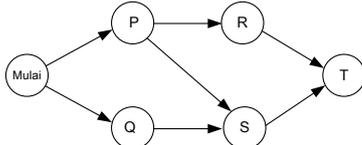
Pada AON kegiatan awal biasanya menggunakan dummy. Kegiatan 'Mulai' adalah kegiatan pendahulu langsung bagi P dan Q juga merupakan kegiatan awal bagi seluruh kegiatan pekerjaan.



Gambar 1

Kegiatan dummy pada awal kegiatan AON

Hubungan yang didahulukan menggunakan garis diperlihatkan dengan menggunakan tanda panah. Secara keseluruhan jaringan kerja dengan menggunakan AON sebagai berikut :

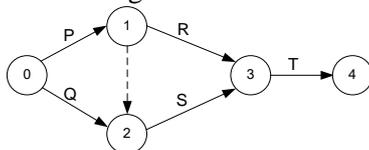


Gambar 2

Diagram jaringan kerja dengan menggunakan pendekatan AON

Contoh Kegiatan pada Panah (AOA)

Sebuah titik pada jaringan kerja AOA berarti kejadian, yang menandai saat dimulai atau selesainya suatu kegiatan. Sebuah titik biasanya ditandai dengan nomor. Dengan menggunakan data pada tabel contoh diatas, jaringan kerja dengan menggunakan AOA sebagai berikut :



Gambar 3

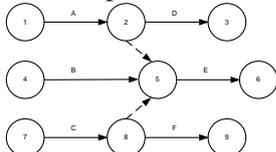
Diagram jaringan kerja dengan menggunakan pendekatan AOA

Kegiatan Semu/Dummy Activity

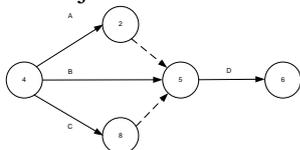
Tanda panah pada format arrow (AOA) tidak menyatakan suatu kegiatan apapun, digambarkan hanya untuk menyatakan/ menunjukkan keterkaitan antar kegiatan.

Penggunaan dummy sebagai berikut :

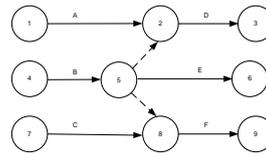
- E dapat dimulai bila A, B dan C selesai



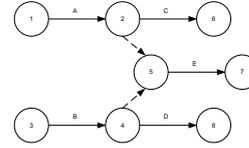
- A, B, C berasal dari kejadian 1 menuju kejadian 4



- D dimulai bila A dan B selesai, F dimulai bila B dan C selesai



- C dimulai jika A selesai, dan E dapat dimulai jika A dan B selesai.



Gambar 4

Contoh penggunaan dummy activity

Membuat Penjadwalan dengan CPM

Setelah diagram jaringan ini digambar untuk menunjukkan semua kegiatan dan hubungan yang harus didahulukan, langkah selanjutnya adalah menentukan jadwal. Artinya mengidentifikasi waktu mulai dan selesai yang direncanakan untuk tiap kegiatan. Waktu awal dan waktu selesai dalam hal ini didefinisikan sebagai berikut :

1. *Earliest start time (ES)* adalah waktu paling awal (tercepat) suatu kegiatan dapat dimulai.
2. *Latest start time (LS)* adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan pekerjaan secara keseluruhan.
3. *Earliest finish time (EF)* adalah waktu paling awal (tercepat) suatu kegiatan dapat diselesaikan.
4. *Latest finish time (LS)* adalah waktu paling lambat suatu kegiatan dapat diselesaikan tanpa menunda penyelesaian pekerjaan secara keseluruhan.

ES dan EF ditentukan selama *forward pass* sedangkan LS dan LF ditentukan selama *backward pass*.

Earliest Start	Duration	Earliest Finish
Task Name		
Latest Start	Slack	Latest Finish

Gambar 4. Notasi yang digunakan sebagai titik (node) untuk forward dan backward pass
Dua langkah yang dilakukan dalam analisa jaringan kerja yaitu *forward pass* dan *backward pass*.

Forward Pass

Forward pass dilakukan dengan mengidentifikasi waktu-waktu awal kegiatan dimulai dan berakhir (ES dan EF).

a) Aturan ES

Sebelum suatu kegiatan dapat dimulai, semua pendahulu langsung (predecessor) harus diselesaikan.

- ✓ Jika suatu kegiatan hanya mempunyai satu precessor, ES kegiatan tersebut = EF dari precessornya.

- ✓ Jika suatu kegiatan mempunyai beberapa predecessor, maka ES kegiatan tersebut diambil dari nilai maksimum diantara predecessornya.

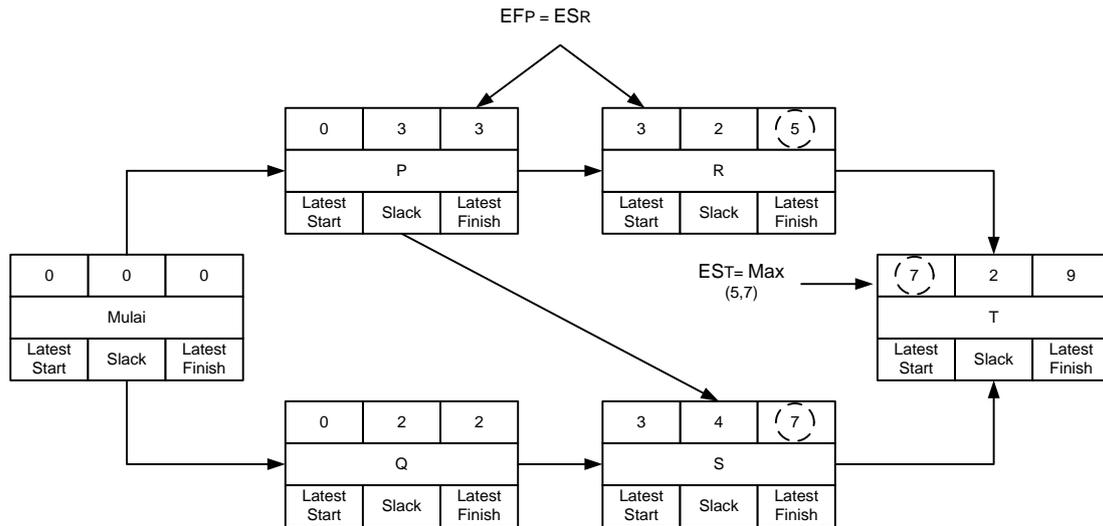
b) Aturan EF

EF adalah jumlah dari waktu mulai terdahulu (ES) dan waktu kegiatannya

$$EF = ES + \text{durasi kegiatan}$$

Tabel 3

Contoh penyelesaian produk A di PT. A			
Kegiatan	Pendahulu/ Predecessor	Pengikut/ Successor	Durasi (hari)
P	-	R, S	3
Q	-	S	2
R	P	T	2
S	P, Q	T	4
T	R, S	-	2



Gambar 5

Waktu-waktu mulai dan dan selesai terdahulu (earliest) produk A PT. A

“Mulai” adalah kegiatan ini tidak benar-benar ada, tidak memerlukan waktu dan sumber daya apapun. Kegiatan mulai ini adalah awal dari seluruh kegiatan yang dilakukan. ES kegiatan P dan Q adalah nol yaitu EF dari kegiatan mulai.

- $EF = ES + \text{durasi}$
 $= 0 + 3 = 3$;
- $ES_R = Efp$;

Kegiatan T didahului oleh kegiatan R dan S, sehingga ES_T diambil dari waktu EF yang paling lama dari kedua kegiatan tersebut, yaitu 7 (EF kegiatan S). Dengan menggunakan forward pass pembuatan kegiatan di PT. A secara keseluruhan diselesaikan selama 7 hari.

Meskipun forward pass memungkinkan penentuan waktu penyelesaian kegiatan, tetapi tidak mengidentifikasi jalur kritis. Untuk itu perlu dilakukan backward pass untuk menentukan LS dan LF untuk semua kegiatan.

Backward Pass

Sebagai mana forward pass dimulai dari awal seluruh kegiatan dimulai, backward pass dimulai dari kegiatan terakhir. Untuk setiap kegiatan, pertama-tama menentukan nilai LF diikuti dengan

nilai ES. Dua aturan tersebut digunakan pada proses ini.

a) Aturan LF

Seluruh kegiatan predecessor harus telah diselesaikan.

- ✓ Jika suatu kegiatan adalah predecessor bagi satu kegiatan, $LF_{\text{predecessor}} = LS_{\text{kegiatan}}$ sucsornya
- ✓ Jika suatu kegiatan adalah predecessor bagi lebih dari satu kegiatan yang secara langsung mengikutinya, maka nilai LF diambil dari nilai minimum ES kegiatan-kegiatan yang mengikutinya.

b) Aturan LS

Waktu mulai terakhir (LS) dari suatu kegiatan adalah perbedaan waktu selesai akhir (LF) dan dursai kegiatan, yaitu :

$$LS = LF - \text{Durasi}$$

Menghitung Waktu Slack dan Mengidentifikasi Jalur Kritis

Setelah menghitung waktu terdahulu dan waktu terakhir dari semua kegiatan, maka untuk menemukan jumlah waktu slack (*slack time*), atau waktu bebas, yang dimiliki oleh setiap kegiatan menjadi mudah. *Slack* adalah waktu longgar yang

dimiliki oleh sebuah kegiatan sehingga kegiatan tersebut masih bisa diundur tanpa menyebabkan keterlambatan pekerjaan keseluruhan. Waktu slack adalah perbedaan waktu 'earliest' dan 'latest', secara matematis,

$$\text{Slack} = \text{LS} - \text{ES} \text{ atau } \text{Slack} = \text{LF} - \text{EF}$$

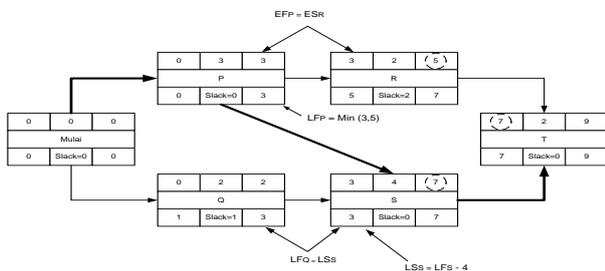
Tabel 4
Tabel kegiatan PT. A dan waktu slack

Kegiatan	ES	LS	EF	LF	Slack
P	0	0	3	3	0
Q	0	2	1	3	2
R	3	5	5	7	2
S	3	7	3	7	4
T	7	9	7	9	2

Kegiatan dengan waktu slack = 0 disebut sebagai kegiatan kritis (*critical activities*) dan berada pada jalur kritis (*critical path*) adalah jalur tidak terputus melalui jaringan kerja (*network diagram*), yaitu :

- ✓ Mulai pada kegiatan pertama (contoh : Mulai)
- ✓ Berhenti pada kegiatan terakhir pekerjaan (contoh : T)
- ✓ Terdiri dari hanya kegiatan kritis (yaitu kegiatan yang tidak mempunyai waktu *slack*).

Contoh : Kegiatan pada PT. A

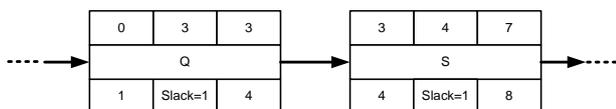


Gambar 6

Jalur kritis dan waktu slack untuk PT. A

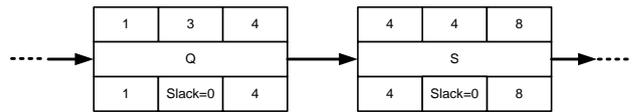
Total Slack dan Free Slack

Total *slack* terjadi jika penundaan satu kegiatan atau jika *slack* digunakan dapat menyebabkan kegiatan berikutnya tertunda sehingga kegiatan tersebut berkurang atau bahkan kehilangan waktu *slack*-nya. Biasanya, disaat ada dua atau lebih kegiatan yang tidak kritis muncul berturut-turut dalam satu jalur.



Dari contoh diatas masing-masing Q dan S mempunyai waktu slack 1 hari, bukan berarti setiap kegiatan Q dan S dapat ditunda selama 1 hari. Jika ES kegiatan Q ditunda 1 hari maka EF = 4, ES

kegiatan S menjadi 4 hari, EF kegiatan S menjadi 8 hari.



Masing-masing kegiatan diatas merupakan nilai LS dan LF, sehingga kegiatan S juga tidak memiliki waktu *slack*.

Free Slack terjadi jika penundaan satu kegiatan **tidak menyebabkan** kegiatan yang lain tertunda sehingga penggunaan waktu *slack* tidak mengurangi waktu *slack* kegiatan yang lain. Misalnya penundaan kegiatan R pada (gambar 7) selama 1 hari menyebabkan waktu *slack*-nya berkurang menjadi 1, ES = 4 , EF = 6 dan tidak menyebabkan waktu *slack* yang lain berkurang. Free Slack kegiatan R adalah 2 hari ($ES_T - EF_R$) yaitu kelonggaranwaktu yang dimiliki oleh kegiatan R tanpa menunda kegiatan berikutnya.

Crashing

Crashing adalah memendekkan waktu kegiatan dalam jaringan untuk mengurangi waktu pada jalur kritis, sehingga waktu penyelesaian total dapat dikurangi.

CPM merupakan teknik penentu dimana setiap kegiatan memiliki dua jenis waktu. Yaitu waktu normal atau waktu standar dan waktu *crash*, yang didefinisikan sebagai waktu terpendek yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah kegiatan. Biasanya untuk memendekkan sebuah kegiatan adalah dengan menambah sumber daya misalnya karyawan dan peralatan. Karenanya, sangat logis biaya *crash* lebih dari biaya normal.

Seberapa banyak kegiatan dapat diperpendek bergantung dari kegiatan yang dilakukan. Pada beberapa kasus tidak dapat memendekkan waktu beberapa kegiatan sama sekali. Sebagai contoh, gulungan core dan coil yang dipanaskan di dalam oven (untuk menghilangkan kemungkinan adanya kandungan air yang mempengaruhi kualitas trafo di PT. XYZ) dilakukan selama 12 jam, penambahan sumber daya lain tidak akan memendekkan waktu penyelesaian.

Demikian juga dengan biaya *crashing* sebuah kegiatan bergantung pada kegiatannya. Biasanya para pimpinan perusahaan lebih menyukai mempercepat sebuah pekerjaan dengan biaya tambahan paling sedikit. Karenanya, ketika memilih kegiatan mana yang akan dipercepat dan seberapa banyak percepatan dilakukan, harus memastikan beberapa hal :

- ✓ Seberapa banyak percepatan boleh dilakukan
- ✓ Biaya total *crashing* sekecil mungkin

Crashing kegiatan melibatkan empat langkah sebagai berikut:

Langkah 1: Menghitung biaya *crash* perminggu (atau satuan waktu yang lain) untuk setiap kegiatan dalam jaringan. Jika biaya *crash* linear menurut waktu, maka rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{Biaya crash perperiode} = \frac{(\text{Biayacrash} - \text{Biayanorma})}{(\text{Waktunorma} - \text{Waktucrash})}$$

Langkah 2: Dengan menggunakan waktu kegiatan yang ada, temukan jalur kritis pada jaringan kerja. Kenali kegiatan kritis.

Langkah 3: Jika ada satu jalur kritis, pilihlah kegiatan pada jalur yang masih bisa dilakukan percepatan dan mempunyai biaya *crash* terkecil. Jika terdapat lebih dari satu jalur kritis, maka pilih satu kegiatan dari setiap jalur kritis sedemikian rupa sehingga setiap kegiatan yang dipilih masih bisa dipercepat dan biaya *crash* total perperiode dari semua kegiatan yang dipilih adalah yang terkecil.

Langkah 4: Perbarui semua waktu kegiatan. Jika batas waktu yang diinginkan tercapai, berhenti, jika tidak kembali kelangkah 2.

Metodelogi Penelitian

Dalam penelitian untuk peningkatan penjadwalan kegiatan produksi transformator pada umumnya diawali dengan pengenalan masalah yang diteliti, dari titik tolak peninjauan atau penglihatan tertentu dapat dirumuskan suatu masalah yang perlu dibahas dan diselesaikan, sehingga diperoleh suatu penyelesaian baik itu memperbaiki atau menyempurnakan kebijakan yang telah ada.

Identifikasi Masalah

Penggunaan waktu yang kurang efisien menyebabkan penyelesaian suatu kegiatan/pekerjaan memakan waktu yang tidak seharusnya. Pemborosan waktu ini dapat berasal dari tenaga kerja, alat, dan tidak menutup kemungkinan berasal dari kebijakan penjadwalan kegiatan proses yang dibuat. Dengan penggunaan CPM pada jalur kritisnya diharapkan dapat meningkatkan efisiensi waktu pada penelusuran urutan kegiatan yang dilakukan.

Pengumpulan Data

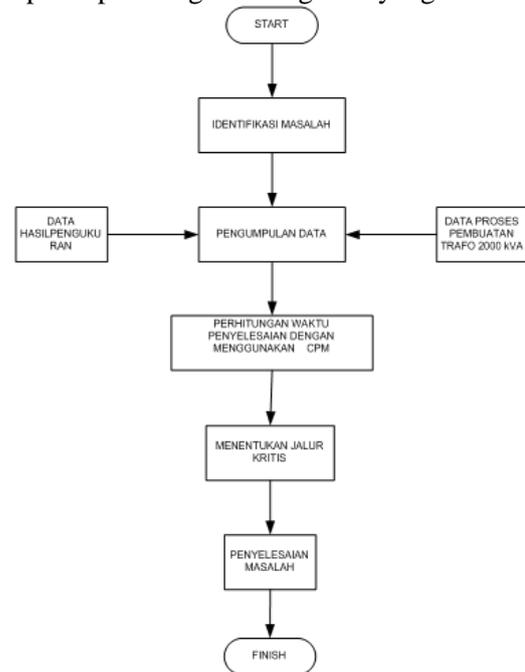
Pengumpulan data yang dilakukan dengan maksud untuk mencari informasi yang dapat memberikan gambaran yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah. Data yang digunakan adalah : data urutan proses pembuatan trafo 1500 kVA dan data pengukuran waktu penyelesaian pembuatan trafo 1500 kVA dari bagian PPC. Sedangkan jenis data yang digunakan adalah : data sekunder yaitu data yang diperoleh melalui catatan atau dokumentasi yang dimiliki oleh perusahaan.

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *Critical Path Methode* yang terdiri dari :

1. Menghitung waktu total penyelesaian satu produk trafo 1500 Kva (waktu standard).
2. Menghitung waktu longgar (*slack*) dari kegiatan-kegiatan yang dilakukan.
3. Menentukan jalur kritis.
4. Membuat alternatif perbaikan.

Sehingga didapat kemungkinan untuk melakukan percepatan pada kegiatan-kegiatan yang dilakukan.

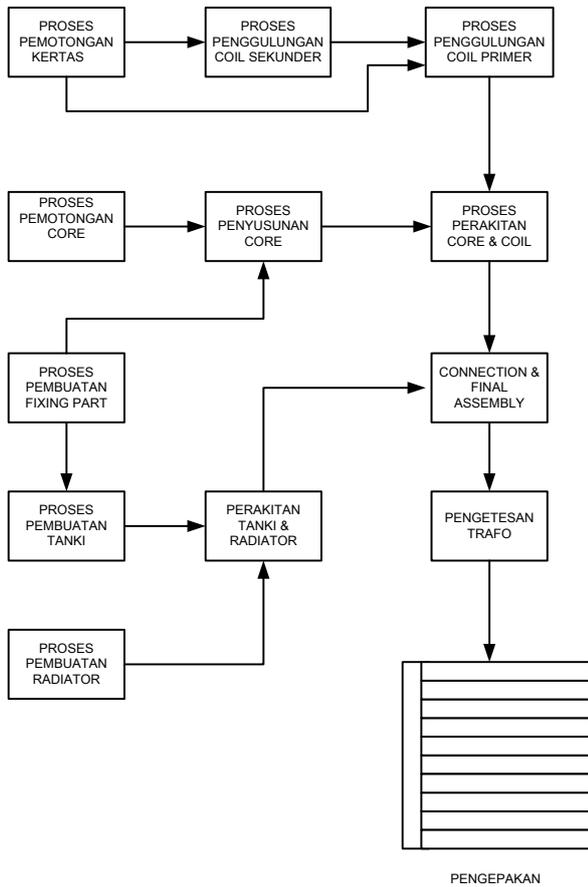


Gambar 7

Flowchart Penyelesaian Masalah

Penjelasan Singkat Tahapan Proses Pembuatan Transformfer

Proses pembuatan transformfer di PT. XYZ secara umum dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian elektrik dan bagian mekanik. Bagian elektrik meliputi seksi core & preassembly, seksi potong kertas & coil, seksi connect & final assembly. Bagian mekanik meliputi seksi fixing part, seksi radiator, seksi tank making, seksi sand blasting & painting.



Gambar 8
Bagan proses pembuatan transformfer

Tabel 5
Data urutan proses pembuatan trafo 1500 KVA

No	KODE	KEGIATAN	PREDECESSOR	SUCCESSOR
0		PENYELESAIAN TRAFU 1500 kVA		
1	1	PENGGULUNGAN COIL		
2	1.1	Pemotongan Insulation Paper		4
3	1.2	Pembuatan Lead Wire		4
4	1.3	Penggulungan Coil Sekunder	3;2	8
5	1.4	Pembuatan Oil Gap		8
6	1.5	Pembuatan Spacer		8
7	1.6	Pembuatan Gap Ring Press Board		8
8	1.7	Penggulungan Coil Primer	4;5;6;7	13
9	2	CORE		
10	2.1	Pemotongan Core		11
11	2.2	Penyusunan Core	10;19	13
12	3	PERAKITAN		
13	3.1	Perakitan Core & Coil	8;11	39
14	4	PEMBUATAN FIXING PART		
15	4.1	Pemotongan Besi Kanal		16
16	4.2	Pengeboran Besi Kanal	15	17
17	4.3	Pembuatan Coakan	16	18
18	4.4	Pengelasan	17	19
19	4.5	Pengecatan Fixing Part	18	11
20	4.6	Pembuatan Support		34
21	5	PEMBUATAN TANKI		
22	5.1	Pemotongan & Penekukan Besi Plat		23
23	5.2	Pembuatan Lubang Aksesoris	22	24
24	5.3	Penyetelan Tank Top, Tank Bottom & Tank Body	23	25
25	5.4	Pengelasan Tank Bottom & Base Roda	24	26
26	5.5	Pengeboran Tank Cover & Tank Top	25	28
27	6	PEMBUATAN RADIATOR		
28	6.1	Penekukan & Pemotongan Lembaran Baja		29
29	6.2	Pengelasan Corrugated Steel	28	30;31
30	6.3	Pemasangan Penguat Sisi Panjang	29	32
31	6.4	Pemasangan Penguat Sisi Pendek	29	32
32	6.5	Pengelasan Akhir	30;31	34
33	7	PERAKITAN TANKI & RADIATOR		
34	7.1	Perakitan Tank Body & Radiator	20;26;32	35
35	7.2	Pengelasan Tank Lengkap	34	36
36	7.3	Test Kebocoran Tanki	35	37
37	7.4	Pengecatan Tanki	36	39
38	8	FINAL ASSEMBLY		
39	8.1	Pengkoneksian Kabel	13;37	40
40	8.2	Oven	39	41
41	8.3	Final Assembly	40	42
42	8.4	Pengisian Oli Ke Tanki	41	43
43	9	QC	42	

Tabel 6
Data Waktu Penyelesaian Pembuatan Trafo
1500 kVA

No	Kegiatan	Durasi (jam)	Operator
1	Pemotongan <i>insulation paper</i>	2	1
2	Pembuatan lead wire	2	1
3	Penggulungan coil sekunder	8	1
4	Pembuatan oil gap	3	1
5	Pembuatan spacer	3	1
6	Pembuatan gap ring pressboard	2	1
7	Penggulungan coil primer	12	1
8	Pemotongan core	8	2
9	Penyusunan core	12	2
10	Perakitan core & coil	4	2
11	Pemotongan besi kanal	1	1
12	Pengeboran besi kanal	3	1
13	Pembuatan coakan	2,5	1
14	Pengelasan	4	1
15	Pengecatan fixing part	2	1
16	Pembuatan support	1	1
17	Pemotongan & penekukan besi plat	3	2
18	Pembuatan lubang aksesoris	1	2
19	Penyetelan tank top, tank bottom dan badan tank	4	1
20	Pengelasan Tank bottom & base roda	2	1
21	Pengeboran tank cover & tank top	3	1
22	Penekukan & pemotongan lembaran baja	4	1
23	Pengelasan corrugated steel	2	1
24	Pemasangan penguat sisi panjang	1,5	1
25	Pemasangan penguat sisi pendek	0,5	1
26	Pengelasan akhir	4	1
27	Perakitan tank body & radiator	2	1
28	Pengelasan tank (lengkap)	6	2
29	Test kebocoran tanki	3	2
30	Pengecatan tank body	14,5	1
31	Pengkoneksian kabel	12	1
32	Oven	12	1
33	Final assembly	9,25	1
34	Pengisian oli ke tank body	1,75	1
35	QC	1,25	2

Keterangan Kegiatan :

▪ **Pemotongan Insulation paper**

Insulation paper adalah kertas yang dibuat tahan minyak tetapi tidak tahan air (H₂O).

Pemotongan dilakukan sesuai dengan design. *Insulation paper* digunakan untuk melapisi setiap lembaran aluminium pada saat melakukan penggulungan coil sekunder. Untuk satu trafo dibutuhkan tiga gulungan coil. *Insulation paper* berfungsi untuk menghindari *short circuit* antar gulungan. Pemotongan *insulation paper* dilakukan dengan menggunakan mesin *slitter* kertas.

▪ **Pembuatan Lead Wire**

Lead wire digunakan sebagai tempat pelilitan kabel yang dikerjakan di kegiatan koneksi kabel (*Seksi connect & final assembly*). Jumlah *lead wire* yang digunakan untuk setiap gulungan dipasang sesuai design.

▪ **Penggulungan Coil Sekunder**

Bahan utama coil sekunder adalah aluminium sheet. Ukuran dan jumlah lilitan *aluminium sheet* dikerjakan sesuai design. *Aluminium sheet* dililit bersama *insulation paper* dan *lead wire* dimesin *Stolberg* (mesin penggulung coil sekunder). Setiap lembar *Aluminium sheet* dilapisi dengan *insulation paper*.

▪ **Pembuatan Oil Gap**

Oli gap dibentuk dengan menggunakan mesin *punch*. *Oil gap* dibuat dengan menggunakan kertas press yang disusun bertumpuk-tumpuk dengan jumlah tumpukan sesuai design. Pekerjaan menyusun oil gap dilakukan murni menggunakan tenaga operator

▪ **Pembuatan Spacer**

Spacer adalah material yang digunakan saat penggulungan coil primer. *Spacer* dibentuk berbuku-buku sebagai celah tempat masuknya minyak. Banyaknya celah dan jarak antar celah dibuat sesuai design. Setiap layer gulungan primer dilapisi oleh *spacer*.

▪ **Pembuatan Gap Ring Pressboard**

Gap ring pressboard juga merupakan *barier* yang digunakan untuk mencegah terjadinya loncatan api akibat efek elektrik. Gap ring pressboard diletakkan dirusuk-rusuk gulungan coil primer (gulungan coil primer berbentuk silinder). Baik bentuk, ukuran, dan jarak penempatan antar gap ring pressboard disesuaikan dengan design.

▪ **Penggulungan Coil Primer**

Coil primer dibuat dari bahan *copper*. Berbeda dengan penggulungan coil sekunder yang berupa lembaran aluminium. Coil primer berbentuk seperti kabel pejal yang dililitkan sepanjang layer yang telah ditentukan pada bobbin. Bobbin adalah tempat untuk melilitkan coil primer. Pada saat penggulungan coil primer inilah *oil gap*, *spacer* dan *gap ring pressboard* digunakan.

- **Pemotongan Core**
Core/inti trafo dibuat dari bahan silicon dengan ketebalan 0.27 mm dan lebar serta bentuk sesuai design. Core dipotong-potong dengan menggunakan Automatic Cut Core. Jumlah core yang dibutuhkan juga sesuai dengan design.
- **Penyusunan Core**
Core yang telah dipotong dengan bentuk-bentuk tertentu tersebut disusun selapis demi selapis dengan sangat perlahan pada fixing part. Setelah core tersusun, diikat kuat dengan menggunakan *catton ban*. Penyusunan dilakukan secara manual dengan murni menggunakan tenaga operator.
- **Perakitan Core & Coil**
Setelah penggulungan coil dan penyusunan core selesai dilakukan tahap selanjutnya yaitu merakit keduanya dengan cara memasukkan core kedalam gulungan coil. Core dan coil inilah yang menjadi “jantung” dari suatu transformer.
- **Pemotongan Besi Kanal**
Pemotongan besi kanal adalah proses awal yang dilakukan untuk pembuatan *fixing part*. Ukuran besi kanal dipilih sesuai design begitu juga panjang besi yang dibutuhkan.
- **Pengeboran Besi Kanal**
Setelah pemotongan selesai dilakukan, besi kanal digambar untuk kemudian dibor dengan diameter dan jumlah pengeboran sesuai design.
- **Pembuatan Coakan**
Pembuatan coakan dilakukan dengan menggunakan gerinda. Penggerindaan dilakukan juga untuk menghaluskan sisi-sisi bekas potongan yang masih kasar untuk menghindari resiko terluka pada operator.
- **Pengelasan**
Pengelasan dilakukan untuk mengelas aksesoris fixing part : kaki-kaki fixing part, siku, pada masing-masing besi kanal yang jumlah dan ukuran aksesoris ini ditentukan oleh bagian engineering (design).
- **Pengecatan Fixing Part**
Sand blasting adalah proses awal yang dilakukan pada setiap pengecatan. Sand blasting berfungsi menghilangkan karat pada permukaan fixing part. Setelah sand blasting, fixing part dicat dengan dua tahapan yaitu dengan menggunakan cat gujur sebagai pengecatan dasar/primer dan cat spray yang dilakukan untuk revisi cat. Jika pengecatan selesai, dilakukan uji ketebalan cat dengan menggunakan *tester coat* dengan hasil harus >100 mc. Untuk proses pengeringan dilakukan dengan menggunakan oven.
- **Pembuatan Support**
Pembuatan support yang dilakukan antara lain untuk membuat mur dan baut, tutup valve yang digunakan pada tank cover, juga wadah base roda.
- **Pemotongan & Penekukan Besi Plat**
Besi plat diukur dengan menggunakan roll meter kemudian dipotong dengan menggunakan mesin shearing sesuai dengan ukuran yang ditentukan. Setelah pemotongan masing-masing plat yang digunakan untuk tank top dan tank body selesai, besi-besi ini melewati proses selanjutnya yaitu penekukan sisi plat untuk menghindari kerusakan besi pada saat sisi-sisi tersebut dilas. Penekukan plat dilakukan dengan menggunakan mesin *bending*.
- **Pembuatan Lubang Aksesoris**
Pembuatan lubang aksesoris dilakukan pada tank cover. Pembuatan lubang dilakukan dengan menggunakan mesin *punch*. Diantara aksesoris transformer adalah HV dan LV *bushing*, *tap changer*, *winding termometer*, *oil filter pipe facility*, dan lain-lain.
- **Penyetelan Tank Top, Tank Bottom Dan Tank Body**
Yang dimaksud dengan penyetelan disini adalah pengelasan cantum, dimana tank top, tank bottom dan tank body dilas cantum. Tujuan penyetelan ini diantaranya adalah untuk memposisikan plat-plat dengan benar sebelum dilakukan las penuh, selain itu juga untuk menghindari panas berlebih pada plat akibat pengelasan.
- **Pengelasan Tank Bottom & Base Roda**
Setelah semua sisi tanki dilas cantum (kecuali *tank cover*) tanki dibalik untuk melakukan pengelasan *base roda* pada sisi *tank bottom*. Pengelasan dilakukan secara penuh.
- **Pengeboran Tank Top & Tank Cover**
Pengeboran tank top dan tank cover dilakukan sebagai tempat baut/mur untuk menyatukan kedua sisi ini. Jumlah dan ukuran masing-masing lubang harus sama dan keduanya dilakukan sesuai dengan design.
- **Pemotongan & Penekukan Lembaran Baja**
Lembaran baja adalah material utama untuk membuat radiator. Lembaran baja dipotong dengan menggunakan mesin shearing kemudian ditekuk dengan menggunakan mesin *bending corrugated* untuk menekuk lembaran baja menjadi bentuk sirip. Jumlah dan ukuran sirip yang dibuat sesuai design.
- **Pengelasan Corrugated Steel**
Pengelasan lembaran baja yang telah berbentuk corrugate dilakukan dengan menggunakan mesin *seam welding*. Pengelasan dengan

menggunakan mesin *seam welding* ini dilakukan pada seluruh keliling sirip radiator dengan tujuan untuk menguatkan sirip-sirip radiator tersebut sehingga tidak melengkung ketika dilakukan pengisian oli maupun pada saat uji kebocoran tanki.

▪ **Pemasangan Penguat Sisi Panjang**

Pemasangan penguat sisi panjang adalah dengan memberikan penguat berupa *belt* pada sisi corrugated steel sisi panjang. Baik sisi dalam maupun luar, pada bagian atas dan bawah corrugated steel.

▪ **Pemasangan Penguat Sisi Pendek**

Pemasangan penguat sisi pendek adalah dengan memberikan penguat berupa *belt* pada sisi corrugated steel sisi pendek. Baik sisi dalam maupun luar, pada bagian atas dan bawah corrugated steel. Radiator ditempatkan sepanjang sisi-sisi dari tank body (sisi samping). Sedangkan bentuk dari tank secara keseluruhan adalah balok.

▪ **Pengelasan Akhir**

Pengelasan akhir berupa pengelasan ulang jika setelah dilakukan uji kebocoran corrugated steel masih terdapat kebocoran. Pengelasan akhir ini harus dilakukan dengan sangat teliti karena bentuknya yang sudah menjadi sirip-sirip radiator (corrugated steel).

▪ **Perakitan Tank Body & Radiator**

Pada tahap ini radiator disambungkan dengan badan tanki (seluruh sisi tanki samping tanki). Perakitan dilakukan secara las cantum.

▪ **Pengelasan Tank (Lengkap)**

Pengelasan tank dilakukan secara lengkap artinya semua pengelasan yang sebelumnya hanya dicantumkan, pada bagian ini dilas penuh. Baik tank top, tank bottom, tank body maupun radiator.

▪ **Test Kebocoran Tanki**

Test kebocoran tanki dilakukan dengan menggunakan air sabun yang dioleskan pada bagian hasil pengelasan. Kemudian tanki ditutup dengan tank cover sedangkan bagian tank cover yang telah dilubangi di mesin *punch* ditutup dengan menggunakan *gasket/packing* lalu ke dalam tanki dimasukkan udara bertekanan 0.5 ~ 0.7 bar. Jika masih terdapat kebocoran maka dilakukan pengelasan ulang pada bagian tersebut.

▪ **Pengecatan Tanki**

Sand blasting adalah proses awal yang dilakukan pada setiap pengecatan. *Sand blasting* berfungsi menghilangkan karat pada seluruh permukaan tanki termasuk percikan akibat pengelasan yang melekat pada tanki. Setelah *sand blasting*, tanki dicat dengan dua tahapan yaitu dengan menggunakan cat guyur sebagai

pengecatan dasar/primer dan cat spray yang dilakukan untuk revisi cat. Jika pengecatan selesai, dilakukan uji ketebalan cat dengan menggunakan *tester coat* dengan hasil harus >100 mc. Untuk proses pengeringan dilakukan dengan menggunakan oven.

▪ **Pengkoneksian Kabel**

Koneksi kabel dilakukan diantaranya untuk memasang kabel-kabel/koneksi tegangan primer to primer, primer to sekunder, primer to ground, sekunder to ground. Pemasangan koneksi untuk HV dan LV bushing, tap changer dan lain sebagainya. Koneksi ini dilakukan dengan menggunakan copper yang dilapisi *crepe paper*

▪ **Oven**

Oven digunakan untuk mengeringkan kandungan air pada kertas isolasi. Pengeringan ini harus dilakukan dan di test dengan teliti (test hambatan/ Ω) karena adanya kandungan air yang melewati batas toleransi yang ditentukan akan mengakibatkan rangkaian dalam transformator *short circuit*.

▪ **Final Assembly**

Kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada final assembly berawal dari dimasukkannya rakitan core & coil yang telah di oven ke dalam tanki. Setelah itu, masing-masing aksesoris transformator dipasang dengan lengkap pada tank cover.

Diantara aksesoris tanki adalah

1. HV dan LV bushing
2. Thermometer and dial thermometer
3. Tap changer
4. Earthing terminal
5. Oil level indicator
6. N₂ filling valve

▪ **Pengisian Oli Ke Tanki**

Oli yang dimasukkan ke dalam trafo adalah minyak yang telah dimurnikan dengan menggunakan *oil purifier*. Pengisian oli dilakukan di filling oven. Setelah pengisian oli selesai dilakukan, tanki ditutup dan siap untuk menjalani proses selanjutnya yaitu pengetesan transformator.

▪ **Test Trafo**

Test transformator adalah pengujian lengkap dan rutin pada laboratorium uji yang berada di pabrik. Test awal yang dilakukan adalah menguji kebocoran tanki dengan menggunakan N₂ bertekanan, untuk melihat kembali ada tidaknya kebocoran pada tanki, sebelum test lebih lanjut dilakukan. Test-test yang dilakukan antara lain adalah test tegangan induksi, test tegangan impulse, test LV dan HV, test megger dan sejumlah test karakteristik transformator lainnya.

Setelah semua proses ini selesai, dilakukan pengujian lengkap dan rutin pada laboratorium uji yang berada di pabrik. Pengepakan bisa dilakukan jika trafo yang sudah jadi dilengkapi dengan tanda-tanda : Final Test OK dan Final Inspection OK.

Menghitung lama penyelesaian satu produk trafo 1500 kVA.

Untuk mengetahui seberapa lama produksi trafo 1500 kVA (waktu standard) dapat diselesaikan, dilakukan analisa jalur kritis pada jaringan. Sebagaimana disebutkan sebelumnya,

jalur kritis adalah jalur terpanjang yang melalui jaringan. Untuk mengetahui jalur kritis kritis, perhitungan ES, EF, LS, LF dapat dilihat pada analisa jaringan kerja.

Menghitung waktu longgar (*slack*) dari kegiatan-kegiatan yang dilakukan

Setelah menghitung waktu awal dan akhir semua kegiatan, maka waktu slack tiap kegiatan pada gambar 9. Berikut adalah data kegiatan dan slack kegiatan dalam bentuk tabel.

Tabel 7
Tabel kegiatan dan slack Sistem-1

No	Kode	Kegiatan	Durasi	Predecessor	Free Slack	Total Slack
0		Penyelesaian Trafo 1500 Kva	74,75 H		0 H	0 H
1	1	Penggulungan Coil	22 H		12,5 H	12,5 H
2	1.1	Pemotongan <i>Insulation Paper</i>	2 H		0 H	12,5 H
3	1.2	Pembuatan Lead Wire	2 H		0 H	12,5 H
4	1.3	Penggulungan Coil Sekunder	8 H	3;2	0 H	12,5 H
5	1.4	Pembuatan Oil Gap	3 H		7 H	19,5 H
6	1.5	Pembuatan Spacer	3 H		7 H	19,5 H
7	1.6	Pembuatan Gap Ring Press Board	2 H		8 H	20,5 H
8	1.7	Penggulungan Coil Primer	12 H	4;5;6;7	2,5 H	12,5 H
9	2	Core	24,5 H		10 H	10 H
10	2.1	Pemotongan Core	8 H		4,5 H	14,5 H
11	2.2	Penyusunan Core	12 H	10;19	0 H	10 H
12	3	Perakitan	4 H		10 H	10 H
13	3.1	Perakitan Core & Coil	4 H	8;11	10 H	10 H
14	4	Pembuatan Fixing Part	12,5 H		10 H	10 H
15	4.1	Pemotongan Besi Kanal	1 H		0 H	10 H
16	4.2	Pengeboran Besi Kanal	3 H	15	0 H	10 H
17	4.3	Pembuatan Coakan	2,5 H	16	0 H	10 H
18	4.4	Pengelasan	4 H	17	0 H	10 H
19	4.5	Pengecatan Fixing Part	2 H	18	0 H	10 H
20	4.6	Pembuatan Support	1 H		12 H	12 H
21	5	Pembuatan Tanki	13 H		0 H	0 H
22	5.1	Pemotongan & Penekukan Besi Plat	3 H		0 H	0 H
23	5.2	Pembuatan Lubang Aksesoris Penyetelan Tank Top ,Tank Bottom Dan	1 H	22	0 H	0 H
24	5.3	Badan Tanki	4 H	23	0 H	0 H
25	5.4	Pengelasan Tank Bottom & Base Roda	2 H	24	0 H	0 H
26	5.5	Pengeboran Tank Cover & Tank Top	3 H	25	0 H	0 H
27	6	Pembuatan Radiator	11,5 H		1,5 H	1,5 H
28	6.1	Penekukan & Pemotongan Lembaran Baja	4 H		0 H	1,5 H
29	6.2	Pengelasan Corrugated Steel	2 H	28	0 H	1,5 H
30	6.3	Pemasangan Penguat Sisi Pjg	1,5 H	29	0 H	1,5 H
31	6.4	Pemasangan Penguat Sisi Pdk	0,5 H	29	1 H	2,5 H
32	6.5	Pengelasan Akhir	4 H	30;31	1,5 H	1,5 H
33	7	Perakitan Tanki & Radiator	25,5 H		0 H	0 H
34	7.1	Perakitan Badan Tanki & Radiator	2 H	20;26;32	0 H	0 H
35	7.2	Pengelasan Tank (Lengkap)	6 H	34	0 H	0 H
36	7.3	Test Kebocoran Tanki	3 H	35	0 H	0 H
37	7.4	Pengecatan Tanki	14,5 H	36	0 H	0 H
38	8	Final Assembly	35 H		0 H	0 H
39	8.1	Pengkoneksian Kabel	12 H	13;37	0 H	0 H
40	8.2	Oven	12 H	39	0 H	0 H
41	8.3	Final Assembly	9,25 H	40	0 H	0 H
42	8.4	Pengisian Oli Ke Tanki	1,75 H	41	0 H	0 H
43	9	Qc	1,25 H	42	0 H	0 H

*h = hour

Dari analisa jaringan kerja diatas di dapat jalur kritis yang berisi kegiatan-kegiatan dengan waktu free slack = total slack = 0, yaitu ada pada kegiatan pembuatan tanki , perakitan tanki dan radiator , connection & final assembly, hingga pengujian trafo (test trafo). Secara rinci jalur kritis

dan kegiatan-kegiatan kritis tersebut adalah : 5.1 – 5.2 – 5.3 – 5.4 – 5.5 – 7.1 – 7.2 – 7.3 – 7.4 – 8.1 – 8.2 – 8.3 – 9

Crashing

Seberapa banyak sebuah kegiatan dapat diperpendek waktunya dari waktu standardnya/waktu normal, bergantung pada kegiatannya.

Beberapa langkah *crashing* time :

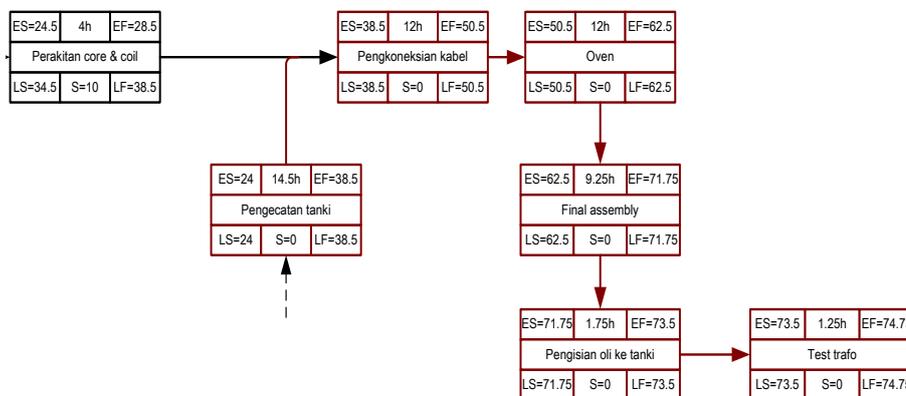
1. Menghitung biaya *crash* untuk setiap jaringan.
2. Dengan menggunakan waktu kegiatan sekarang (selanjutnya disebut sistem-1), temukan jalur kritis pada jaringan kerja. Kenali jalur kritis.
3. Jika hanya ada 1 jalur kritis, pilih kegiatan yang masih bisa dilakukan *crash* dan berbiaya rendah.
4. Perbarui semua waktu kegiatan. Jika batas waktu yang diinginkan telah tercapai, dalam hal ini jika hal yang dilakukan disetujui oleh PT. XYZ, berhenti. Jika tidak ulangi langkah 2

Upaya awal yang dilakukan PT. XYZ untuk mendapatkan efisiensi waktu dengan biaya seminimal mungkin adalah dengan memperhatikan dan menganalisa kembali penjadwalan yang selama ini dilakukan.

Analisa yang dilakukan adalah dengan mengidentifikasi kegiatan-kegiatan kurang penting yang berpotensi menentukan lama waktu penyelesaian pembuatan trafo.

Identifikasi Kegiatan Dan Jalur Kritis

Jalur kritis sebagai berikut :



Gambar 9

Hasil akhir (waktu penyelesaian) sistem-1

Pengkoneksian kabel, peng-oven-an, final assembly, pengisian oli ke tanki dan pengetesan trafo merupakan kegiatan yang berurutan. Secara umum proses pembuatan trafo terdiri dari proses elektrik dan mekanik yang keduanya dipertemukan pada kegiatan final assembly. Seperti juga kegiatan pengkoneksian kabel dapat dilakukan tanpa harus menunggu tanki selesai. Alasan bahwa pengkoneksian kabel ini dilakukan setelah tanki selesai adalah untuk mengukur ketinggian

5.1 – 5.2 – 5.3 – 5.4 – 5.5 – 7.1 – 7.2 – 7.3 – 7.4 – 8.1 – 8.2 – 8.3 – 9

Tabel 8
Kegiatan-Kegiatan Kritis

5.1	Pemotongan & Penekukan Besi Plat
5.2	Pembuatan Lubang Penyetelan Tank Top, Tank Bottom Dan Badan Tanki
5.3	Pengelasan Tank Bottom & Base Roda
5.4	Pengeboran Tank Cover & Tank Top
7.1	Perakitan Badan Tanki & Radiator
7.2	Pengelasan Tank (Lengkap)
7.3	Test Kebocoran Tanki
7.4	Pengecatan Tanki
8.1	Pengkoneksian Kabel
8.2	Oven
8.3	Final Assembly
8.4	Pengisian Oli Ke Tanki
9	Qc

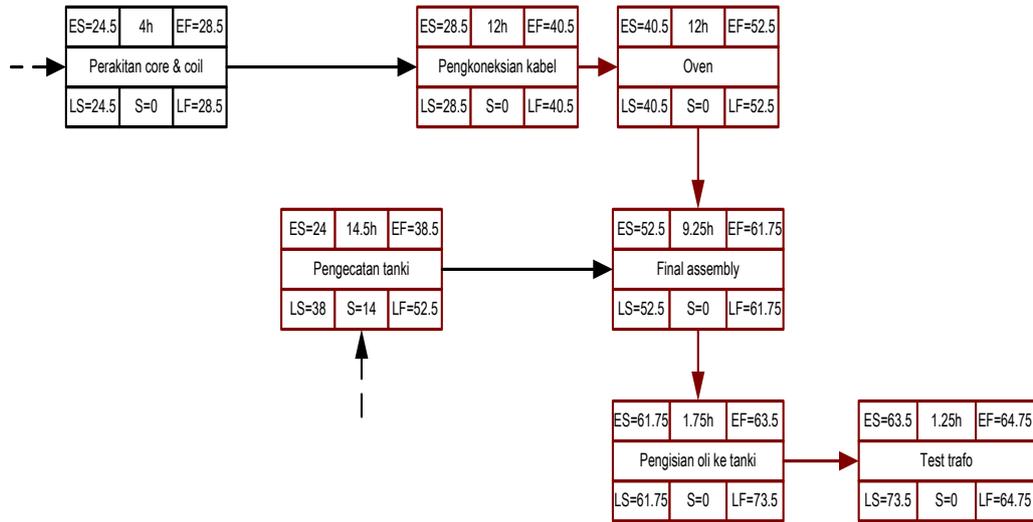
Alternatif Perbaikan

Perbandingan hasil akhir dari sistem tersebut sebagai berikut :

Sistem-1 : Sistem pada PT. XYZ

pemasangan tap changer, dan serangkaian aksesoris trafo lainnya tidak harus dilakukan. Karena masing-masing kegiatan ini sudah ada rancangannya/design yang telah dibuat oleh engineering. Tanki dibutuhkan saat mulai melakukan final assembly.

Sistem-2 : Pengkoneksian kabel dilakukan segera setelah perakitan core dan coil selesai dengan kondisi jaringan kegiatan pembuatan tanki tidak berubah.



Gambar 10 Hasil akhir (waktu penyelesaian) sistem-2

Sistem	Waktu Penyelesaian 1 unit trafo	Keterangan
Sistem-1	74.75 jam	Sistem yang ada di PT. XYZ
Sistem-2	64.75 jam	Perubahan jaringan kerja pada kegiatan koneksi kabel dilakukan segera setelah core & coil selesai dirakit

fixing part - pembuatan core – perakitan core & coil – pengkoneksian kabel – oven – final assembly – pengisian oli ke dalam tanki – test trafo

Proses-proses ini adalah proses yang harus dilakukan berurutan. Diagram jaringan kerja sistem-4 secara keseluruhan pada gambar 4.5

Dengan sistem-2 penyelesaian (waktu standard) yang digunakan untuk menyelesaikan pembuatan trafo 1500 kVA menjadi 64.75 jam.

Peningkatan Efisiensi Waktu

$$= \frac{\text{sistem 1} - \text{sistem 2}}{\text{sistem 1}} \times 100 \%$$

$$= \frac{74.75 - 64.75}{74.75} \times 100 \%$$

$$= 13.38 \%$$

Diagram Jaringan Kerja Baru (Sistem-2)

Sistem-2 mengakibatkan jalur kritis berpindah ke proses :

Tabel 9
Kegiatan Dan Waktu Slack Sistem Baru

No	Kode	Kegiatan	Durasi	Predecessor	Free Slack	Total Slack
0		Penyelesaian Trafo 2000 kVA	64,75 H		0 H	0 H
1	1	Penggulungan Coil	22 H		2,5 H	2,5 H
2	1.1	Pemotongan <i>Insulation Paper</i>	2 H		0 H	2,5 H
3	1.2	Pembuatan Lead Wire	2 H		0 H	2,5 H
4	1.3	Penggulungan Coil Sekunder	8 H	3;2	0 H	2,5 H
5	1.4	Pembuatan Oil Gap	3 H		7 H	9,5 H
6	1.5	Pembuatan Spacer	3 H		7 H	9,5 H
7	1.6	Pembuatan Gap Ring Press Board	2 H		8 H	10,5 H
8	1.7	Penggulungan Coil Primer	12 H	4;5;6;7	2,5 H	2,5 H
9	2	Core	24,5 H		0 H	0 H
10	2.1	Pemotongan Core	8 H		4,5 H	4,5 H
11	2.2	Penyusunan Core	12 H	10;19	0 H	0 H
12	3	Perakitan	4 H		0 H	0 H
13	3.1	Perakitan Core & Coil	4 H	8;11	0 H	0 H
14	4	Pembuatan Fixing Part	12,5 H		0 H	0 H
15	4.1	Pemotongan Besi Kanal	1 H		0 H	0 H
16	4.2	Pengeboran Besi Kanal	3 H	15	0 H	0 H
17	4.3	Pembuatan Coakan	2,5 H	16	0 H	0 H
18	4.4	Pengelasan	4 H	17	0 H	0 H
19	4.5	Pengecatan Fixing Part	2 H	18	0 H	0 H
20	4.6	Pembuatan Support	1 H		12 H	26 H
21	5	Pembuatan Tanki	13 H		14 H	14 H
22	5.1	Pemotongan & Penekukan Besi Plat	3 H		0 H	14 H
23	5.2	Pembuatan Lubang Aksesoris Penyetelan Tank Top, Tank Bottom dan Badan	1 H	22	0 H	14 H
24	5.3	Tanki	4 H	23	0 H	14 H
25	5.4	Pengelasan Tank Bottom & Base Roda	2 H	24	0 H	14 H
26	5.5	Pengeboran Tank Cover & Tank Top	3 H	25	0 H	14 H
27	6	Pembuatan Radiator	11,5 H		15,5 H	15,5 H
28	6.1	Penekukan & Pemotongan Lembaran Baja	4 H		0 H	15,5 H
29	6.2	Pengelasan Corrugated Steel	2 H	28	0 H	15,5 H
30	6.3	Pemasangan Penguat Sisi Pjg	1,5 H	29	0 H	15,5 H
31	6.4	Pemasangan Penguat Sisi Pdk	0,5 H	29	1 H	16,5 H
32	6.5	Pengelasan Akhir	4 H	30;31	1,5 H	15,5 H
33	7	Perakitan Tanki & Radiator	25,5 H		14 H	14 H
34	7.1	Perakitan Badan Tanki & Radiator	2 H	20;26;32	0 H	14 H
35	7.2	Pengelasan Tank (Lengkap)	6 H	34	0 H	14 H
36	7.3	Test Kebocoran Tanki	3 H	35	0 H	14 H
37	7.4	Pengecatan Tanki	14,5 H	36	14 H	14 H
38	8	Final Assembly	35 H		0 H	0 H
39	8.1	Pengkoneksian Kabel	12 H	13	0 H	0 H
40	8.2	Oven	12 H	39	0 H	0 H
41	8.3	Final Assembly	9,25 H	40;37	0 H	0 H
42	8.4	Pengisian Oli Ke Tanki	1,75 H	41	0 H	0 H
43	9	Qc	1,25 H		0 H	0 H
44	9.1	Test Trafo	1,25 H	42	0 H	0 H

Kesimpulan

Dengan menggunakan analisa jaringan kerja (CPM) waktu standard penyelesaian trafo 1500 kVA berkurang dari 74.75 jam menjadi 64.75 jam. Peningkatan efisiensi adalah 13.38 % .

Saran

Penelitian dan pengembangan guna meningkatkan keuntungan bagi perusahaan tidak hanya melalui bagaimana cara perusahaan melakukan design produk sehingga harga produk dapat ditekan sedapat mungkin tanpa mengurangi

kualitasnya, tetapi juga sisi lain yang menjadi daya dukung bagi perjalanan bisnis yang dilakukan, salah satunya adalah penjadwalan kegiatan.

Daftar Pustaka

- Toto, S., & Nofi, T. (2007, Desember). Analisis jaringan kerja untuk mengukur efisiensi waktu dan biaya pelaksanaan proses produksi: Studi kasus pada Perusahaan Mujur Jaya. *Jurnal Ekonomi Bisnis*, 3(12).
- Novie, S. (2006, Januari). Analisis jaringan kerja dan penentuan jalur kritis dengan *Critical Path Methode-Cpm* (studi kasus pembangunan Rumah Graha Taman Pelangi *Type Milano* pada PT Karyadeka Alam Lestari Semarang). *J@TI Undip*, 1(1).
- Handoko & Hani, T. (1996). *Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi* (Edisi pertama). Yogyakarta: BPFE.
- Heizer, J., & Barry, R. (2005). *Operations Management: Manajemen Operasi* (Edisi 7, Buku Satu). Jakarta: Salemba Empat
- Zusi, H. (2000). *Operations Research*. Jakarta: Universitas Trisakti.
- Levin, R. I. (1997). *Perencanaan dan pengendalian dengan CPM*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Herjanto, E. (2008). *Manajemen Operasi* (Edisi ketiga). Jakarta: Grassindo.