

## **ANALISIS PENJADWALAN PROYEK PEMINDAHAN PENATAAN SELECTIVE RACKING DI GUDANG LOGISTIK MENGGUNAKAN CPM-PERT**

---

**PENULIS**

**1)Rizky Dwi Hernando, 2)Muhamad Abdul Jumali**

---

**ABSTRAK**

Proyek pemindahan dan penataan *selective racking* di gudang logistik merupakan aktivitas yang membutuhkan perencanaan waktu yang akurat karena melibatkan rangkaian pekerjaan berurutan yang saling bergantung. Kondisi operasional gudang yang dinamis menuntut adanya metode penjadwalan yang mampu mengidentifikasi aktivitas prioritas sekaligus memperkirakan risiko ketidakpastian durasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis penjadwalan proyek pemindahan dan penataan *selective racking* di gudang PT X menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT). Data diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara dengan tim gudang untuk menentukan aktivitas, hubungan ketergantungan, serta estimasi durasi pekerjaan. Hasil analisis CPM menunjukkan bahwa proyek memiliki jalur kritis dengan durasi total 16 hari, yang menjadi waktu minimum penyelesaian proyek. Sementara itu, analisis PERT menghasilkan nilai waktu harapan (TE), varians, dan standar deviasi yang memberikan gambaran probabilitas keterlambatan berdasarkan ketidakpastian durasi aktivitas. Integrasi CPM-PERT memberikan model penjadwalan yang lebih komprehensif dan adaptif, sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan terkait prioritas aktivitas, alokasi sumber daya, serta mitigasi risiko keterlambatan. Temuan ini membuktikan bahwa metode CPM-PERT relevan untuk diterapkan pada proyek penataan fasilitas gudang guna meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi potensi *downtime* selama proses berlangsung.

Kata Kunci

*Project Evaluation and Review Technique, Critical Path Method, Manajemen Proyek, Gudang Logistik, Selective Racking*

---

**ABSTRACT**

*The relocation and arrangement of selective racking in logistics warehouses is an activity that requires accurate time planning because it involves a series of interdependent sequential tasks. The dynamic operational conditions of warehouses require scheduling methods that are capable of identifying priority activities while estimating the risks of duration uncertainty. This study aims to analyze the scheduling of the selective racking relocation and arrangement project at the PT X warehouse using the Critical Path Method (CPM) and Program Evaluation and Review Technique (PERT). Data was obtained through field observations and interviews with the warehouse team to determine activities, dependency relationships, and work duration estimates. The CPM analysis results show that the project has a critical path with a total duration of 16 days, which is the minimum time for project completion. Meanwhile, the PERT analysis produces expected time (ET), variance, and standard deviation values that provide an overview of the probability of delays based on activity duration uncertainty. The integration of CPM-PERT provides a more comprehensive and adaptive scheduling model, thereby supporting decision-making related to activity priorities, resource allocation, and delay risk mitigation. These findings prove that the CPM-PERT method is relevant for application in warehouse facility arrangement projects to improve operational efficiency and reduce potential downtime during the process.*

Keywords

*Project Evaluation and Review Technique, Critical Path Method, Project Management, Logistics Warehouse, Selective Racking*

---

**AFILIASI**

Program Studi  
Nama Institusi  
Alamat Institusi

<sup>1,2)</sup>Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Sains

<sup>1,2)</sup>Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

<sup>1,2)</sup>Jl. Dukuh Menanggal XII, Gayungan, Surabaya, Jawa Timur 60234

---

**KORESPONDENSI**

Penulis  
Email

Muhamad Abdul Jumali

[abduljumali@unipasby.ac.id](mailto:abduljumali@unipasby.ac.id)

---

**LICENSE**

*This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.*

---

## PENDAHULUAN

Dalam industri jasa logistik, gudang berperan sebagai pusat pengelolaan persediaan dan aliran barang yang menentukan kelancaran aktivitas rantai pasok (Jumali & Siswoyo, 2023). Efektivitas penataan ruang dan kemampuan mengatur pergerakan material menjadi faktor penting yang mempengaruhi kinerja operasional. Di tengah meningkatnya dinamika pasar, mulai dari perubahan permintaan, variasi jumlah barang, hingga perluasan lini produk, gudang dituntut untuk mampu beradaptasi dengan cepat. Kondisi tersebut mendorong perlunya penyesuaian tata letak dan sistem penyimpanan agar tetap mendukung efisiensi kerja.

Salah satu sistem penyimpanan yang banyak digunakan adalah *selective racking*, karena fleksibel, mudah diakses, dan dapat menampung berbagai jenis barang. Namun, seiring meningkatnya kebutuhan operasional, *selective racking* sering kali perlu dipindahkan atau ditata ulang agar sesuai kapasitas dan *layout* terbaru. Ketika konfigurasi penyimpanan tidak lagi optimal, penataan ulang menjadi langkah yang perlu dilakukan untuk menjaga kelancaran alur kerja dan meminimalkan hambatan pada aktivitas harian gudang.

Proyek pemindahan dan penataan *selective racking* merupakan proses bertahap yang terdiri atas berbagai aktivitas yang saling bergantung, seperti pembongkaran *racking* lama, pemindahan material ke area sementara, pengangkutan komponen, pemasangan ulang sesuai *layout* baru, hingga pengecekan keamanan struktur. Setiap aktivitas memiliki risiko, kebutuhan sumber daya, serta durasi pengerjaan yang berbeda. Penjadwalan yang tidak tepat berpotensi menimbulkan *downtime* operasional, menghambat aktivitas *inbound* dan *outbound*, serta meningkatkan risiko keselamatan kerja.

Untuk menangani kompleksitas tersebut, dibutuhkan pendekatan manajemen proyek yang sistematis. Manajemen proyek sendiri mencakup proses perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, hingga penyelesaian proyek agar tujuan dapat tercapai dalam batasan waktu, biaya, dan kualitas. Menurut (Astari et al., 2021), dalam perencanaan manajemen proyek dengan metode CPM (*Critical Path Method*) dan PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) menjelaskan bahwa manajemen proyek merupakan aktivitas terstruktur yang

memastikan rangkaian kegiatan dapat diselesaikan sesuai sasaran melalui pengaturan sumber daya dan jadwal secara efektif.

Dalam penyusunan jadwal, *Critical Path Method* (CPM) menjadi salah satu teknik yang relevan. CPM digunakan untuk menentukan jalur kritis, yaitu rangkaian aktivitas dengan durasi terpanjang yang menentukan total waktu penyelesaian proyek. (Sinurat & Misdalena, 2024) dalam Analisis Manajemen Proyek Dengan Metode *Critical Path Method* (CPM) Pada Proyek Pembangunan Gedung Chandra Tanjung Karang menjelaskan bahwa metode ini membantu mengidentifikasi aktivitas yang tidak boleh mengalami keterlambatan agar proyek tidak melampaui batas waktu yang direncanakan.

Selain itu, *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) memberikan pendekatan yang mempertimbangkan ketidakpastian durasi aktivitas. PERT menggunakan tiga estimasi waktu. optimis, realistik, dan pesimis, untuk menghasilkan nilai waktu harapan serta varians yang dapat digunakan untuk menganalisis probabilitas penyelesaian proyek. (Rosita et al., 2024) dalam Analisis Penjadwalan Proyek Pembangunan Dengan Menggunakan Metode CPM Dan PERT menegaskan bahwa metode ini efektif untuk memperkirakan tingkat keberhasilan proyek dalam batas waktu tertentu melalui pendekatan distribusi normal.

Penggabungan CPM dan PERT memungkinkan analisis yang lebih komprehensif, karena CPM dapat menentukan jalur kritis sementara PERT memberikan gambaran probabilistik terhadap durasi proyek. Menurut (Rosita et al., 2024) dalam Analisis Penjadwalan Proyek Pembangunan Dengan Menggunakan Metode CPM Dan PERT juga menegaskan kombinasi kedua metode ini mampu meningkatkan kemampuan prediksi, mitigasi risiko keterlambatan, serta optimalisasi alokasi sumber daya. (Suwarni & Prasetyo, 2019) juga menambahkan bahwa integrasi CPM-PERT dapat memberikan toleransi waktu dan mendukung keputusan percepatan (*crashing*) apabila diperlukan.

Penerapan metode ini juga relevan dalam bidang logistik. Penelitian (Christian et al., 2013) menunjukkan bahwa metode PERT dapat digunakan dalam penjadwalan proyek gudang untuk menentukan durasi optimal serta risiko keterlambatan. Temuan serupa juga dijelaskan oleh (Saputro et al., 2025), yang menerapkan CPM-

PERT pada proses produksi berbasis *conveyor* dalam lingkungan logistik dan membuktikan peningkatan efektivitas penjadwalan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini berfokus pada Analisis Penjadwalan Proyek Pemindahan Penataan *Selective racking* di Gudang Logistik PT X Menggunakan CPM-PERT, dengan tujuan menyusun model penjadwalan yang lebih akurat dan adaptif. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai jalur kritis, potensi risiko waktu, serta estimasi durasi penyelesaian yang lebih realistik, sehingga mendukung peningkatan efisiensi operasional dan pengambilan keputusan pada proyek penataan fasilitas penyimpanan di lingkungan gudang logistik.

## METODE PENELITIAN

### Pemecahan Masalah

Tahap awal penelitian dimulai dengan inisiasi dan perencanaan dasar untuk memahami apa saja kebutuhan proyek, batasan pekerjaan, serta aktivitas yang terlibat dalam proses pemindahan dan penataan ulang *selective racking* di gudang logistik PT X. Tahap ini penting supaya arah pekerjaan jelas sejak awal dan semua aktivitas yang harus dilakukan bisa terpetakan dengan baik.

Prosesnya diawali dengan observasi langsung di area gudang untuk melihat kondisi nyata di lapangan. Observasi ini membantu memastikan bahwa data yang dipakai sesuai dengan situasi operasional sebenarnya. Setelah itu, dikumpulkan data estimasi durasi setiap aktivitas berdasarkan pengalaman tim atau orang yang sudah terbiasa menangani pekerjaan serupa di lokasi tersebut. Data ini jadi acuan utama untuk memperkirakan waktu pengerjaan secara lebih akurat.

Setelah seluruh aktivitas dan durasinya terkumpul, langkah berikutnya adalah menentukan urutan kerja dan hubungan ketergantungan antar aktivitas. Hasil pengumpulan informasi ini kemudian disusun ke dalam *Work Breakdown Structure* (WBS) yang menggambarkan rincian pekerjaan secara jelas dan bertingkat.

WBS ini menjadi dasar untuk proses penjadwalan proyek. Analisis penjadwalan dilakukan menggunakan dua metode, yaitu *Critical Path Method* (CPM) untuk menentukan jalur aktivitas yang paling menentukan durasi proyek, dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) untuk memperkirakan waktu

penyelesaian dengan mempertimbangkan ketidakpastian durasi. Kedua metode ini digunakan untuk memperoleh gambaran durasi minimum proyek serta peluang penyelesaian tepat waktu.

### Penyusunan *Network diagram*

*Network diagram* disusun berdasarkan seluruh aktivitas yang sudah diidentifikasi bersama hubungan ketergantungannya. Setiap aktivitas diberi kode dan ditempatkan dalam bentuk *activity-on-node* sehingga alur kerja proyek bisa terlihat lebih terstruktur. Penyusunan *network diagram* ini dilakukan untuk:

- Menentukan urutan dan hubungan *precedence* antar aktivitas, sehingga jelas aktivitas mana yang harus dikerjakan lebih dulu.
- Menyajikan alur pengerjaan proyek secara visual agar keseluruhan proses dapat dipahami dengan cepat dan tidak hanya bergantung pada tabel durasi.
- Menjadi dasar perhitungan waktu mulai paling awal (ES), waktu selesai paling awal (EF), waktu mulai paling akhir (LS), dan waktu selesai paling akhir (LF) untuk setiap aktivitas.

*Network diagram* ini juga berfungsi sebagai fondasi dalam penentuan jalur kritis, karena dari diagram inilah dapat diketahui rangkaian aktivitas yang tidak boleh mengalami keterlambatan. Selain itu, diagram ini membantu memprediksi peluang terjadinya *delay* pada aktivitas tertentu yang berpotensi mempengaruhi durasi keseluruhan proyek

### Perhitungan Jalur Kritis (*Critical Path Method*)

Analisis CPM digunakan untuk mengetahui rangkaian aktivitas yang memiliki durasi total paling panjang dan secara langsung menentukan waktu minimum yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek. Proses perhitungannya dilakukan melalui beberapa tahap yang saling berkaitan, yaitu:

- Forward pass*, yaitu perhitungan untuk menentukan waktu mulai paling awal (ES) dan waktu selesai paling awal (EF) dari setiap aktivitas berdasarkan urutan pengerjaannya.
- Backward pass*, yang digunakan untuk menghitung waktu mulai paling akhir (LS) dan waktu selesai paling akhir (LF) agar proyek tetap dapat diselesaikan sesuai target durasi.

- c) Identifikasi *slack* waktu, yaitu proses melihat selisih antara waktu paling awal dan paling akhir untuk mengetahui aktivitas mana yang masih memiliki kelonggaran waktu tanpa memengaruhi jadwal keseluruhan.
- d) Penentuan jalur kritis, yaitu penentuan rangkaian aktivitas dengan nilai *slack* = 0 dengan menggunakan rumus **Slack = LS – ES** atau **Slack = LF – EF** sehingga aktivitas tersebut tidak boleh mengalami keterlambatan berapa pun.

Dengan selesainya tahap analisis CPM, diperoleh daftar aktivitas yang harus dikendalikan secara ketat karena keterlambatan satu aktivitas saja dapat memperpanjang durasi total proyek. Hasil ini menjadi dasar utama dalam pengawasan jadwal serta pengambilan keputusan selama pelaksanaan proyek.

### Perhitungan Metode PERT

Metode PERT dipakai ketika durasi setiap aktivitas belum bisa dipastikan secara tepat dan butuh pendekatan yang lebih probabilistik. Dalam metode ini, durasi aktivitas tidak langsung ditetapkan satu angka, tetapi dihitung dari tiga jenis estimasi waktu, yaitu:

- a) O (*Optimistic time*): waktu tercepat yang mungkin terjadi.
- b) M (*Most likely time*): waktu yang paling realistik sesuai kondisi normal.
- c) P (*Pessimistic time*): waktu terlama yang masih dianggap mungkin terjadi.

Ketiga estimasi ini digabungkan untuk mendapatkan nilai waktu harapan (TE) dengan rumus:

$$TE = \frac{O + 4M + P}{6}$$

Perhitungan dilakukan untuk seluruh aktivitas agar durasi yang dipakai dalam penjadwalan tidak hanya berdasarkan asumsi tunggal, tetapi sudah mempertimbangkan ketidakpastian di lapangan. Nilai TE yang dihasilkan kemudian menggantikan durasi aktivitas pada *network diagram* sehingga alur penjadwalan lebih akurat dan sesuai dengan potensi variasi waktu yang mungkin terjadi selama pelaksanaan proyek.

### Perhitungan Varians dan Standar Deviasi

Pada tahap ini, setiap aktivitas dihitung nilai variansnya untuk melihat seberapa besar ketidakpastian durasi yang mungkin terjadi. Varians ditentukan menggunakan rumus:

$$Var = \left(\frac{P - O}{6}\right)^2$$

Perhitungan varians dilakukan pada seluruh aktivitas, namun nilai yang paling penting adalah varians dari aktivitas-aktivitas yang berada pada jalur kritis. Hal ini karena hanya aktivitas di jalur kritis yang berpengaruh langsung terhadap durasi total proyek. Setelah varians setiap aktivitas pada jalur kritis dihitung, seluruh varians tersebut dijumlahkan untuk mendapatkan total varians proyek.

Nilai total varians ini kemudian digunakan untuk menentukan standar deviasi proyek dengan rumus:

$$\sigma = \sqrt{\sum Var}$$

Standar deviasi tersebut menjadi alat ukur penting dalam analisis probabilitas waktu penyelesaian proyek. Dengan mengetahui nilai penyimpangannya, pihak manajemen dapat memperkirakan peluang proyek selesai lebih cepat, tepat waktu, atau justru melewati durasi yang direncanakan. Informasi ini membantu dalam pengambilan keputusan, terutama ketika proyek memiliki risiko keterlambatan atau membutuhkan strategi percepatan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penyusunan *Network Diagram*

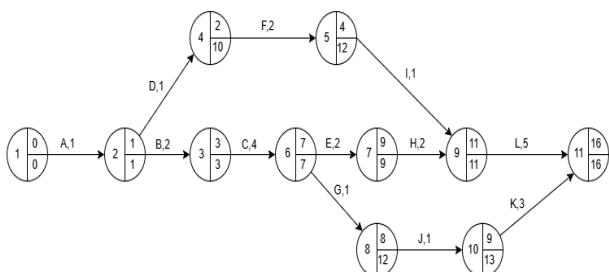
Tahap awal analisis penjadwalan dilakukan dengan menyusun daftar aktivitas dan hubungan ketergantungannya. Aktivitas tersebut diperoleh dari observasi lapangan dan wawancara dengan tim gudang yang memahami proses pemindahan serta penataan *selective racking*. Setiap aktivitas kemudian dikodekan dan diberi durasi sesuai estimasi waktu pengerjaannya.

**Tabel 1. Data Aktivitas Proyek Pemindahan dan Penataan *Selective Racking***

kode	Waktu (hari)	Uraian Pekerjaan
A	1	Survei kondisi gudang.
B	2	Pemindahan sementara barang dari <i>racking</i> .
C	4	Pembongkaran <i>racking</i>
D	1	Mapping tata letak gudang baru.
E	2	Penyortiran <i>racking</i> .
F	2	Pemasangan baut/angkur di gudang baru
G	1	Pelepasan baut/angkur di gudang awal
H	2	Pemindahan <i>racking</i> .
I	1	Proses <i>leveling</i> .
J	1	Penataan ulang gudang awal.
K	3	Pengembalian barang ke gudang lama.
L	5	Pemasangan <i>racking</i> di gudang baru.

Sumber: Data diolah peneliti (2024)

Setelah seluruh aktivitas teridentifikasi, hubungan *precedence* antar aktivitas disusun berdasarkan urutan kerja aktual di lapangan. Informasi ini kemudian divisualisasikan dalam bentuk *network diagram* untuk menggambarkan alur pelaksanaan proyek secara menyeluruh. Penyusunan diagram ini bertujuan untuk memudahkan proses perhitungan waktu mulai paling awal (*Earliest Start/ES*), waktu selesai paling awal (*Earliest Finish/EF*), waktu mulai paling akhir (*Latest Start/LS*), dan waktu selesai paling akhir (*Latest Finish/LF*).



**Gambar 1. Network diagram Proyek Pemindahan dan Penataan Selective racking**

*Network diagram* tersebut menunjukkan bahwa aktivitas proyek tersusun secara berurutan tanpa adanya cabang pekerjaan besar yang berdiri sendiri. Hal ini sesuai dengan karakteristik pekerjaan penataan ulang *racking* yang memang mengharuskan satu tahapan selesai sebelum tahapan berikutnya dapat dimulai. Melalui diagram ini, alur proyek dapat divisualisasikan secara jelas, sehingga memudahkan analisis jalur kritis dan identifikasi potensi *bottleneck*.

### Analisis Jalur Kritis Menggunakan CPM

Perhitungan jalur kritis dilakukan melalui proses *Forward pass* dan *Backward pass* untuk memperoleh nilai ES, EF, LS, dan LF pada setiap aktivitas.

**Tabel 2. Tabel Perhitungan CPM**

Kode	Waktu (Hari)	ES	EF	LS	LF	FLOAT
A	1	0	1	0	1	0
B	2	1	3	1	3	0
C	4	3	7	3	7	0
D	1	1	2	7	8	6
E	2	7	9	7	9	0
F	2	2	4	8	10	6
G	1	7	8	11	12	4
H	2	9	11	9	11	0
I	1	4	5	10	11	6
J	1	8	9	12	13	4
K	3	11	12	13	16	2
L	5	11	16	11	16	0

Sumber: Data diolah peneliti (2024)

Dari hasil perhitungan pada table tersebut, dapat terlihat aktivitas mana yang memiliki *slack* (kelonggaran waktu) dan mana yang tidak memiliki *slack* sama sekali.

Aktivitas dengan *slack* = 0 merupakan aktivitas yang berada di jalur kritis. Pada proyek ini, jalur kritis terbentuk dari rangkaian aktivitas yang memiliki durasi total terpanjang dan waktu ES = LS serta EF = LF pada setiap *node*. Berdasarkan hasil analisis, jalur kritis proyek ini menghasilkan durasi total sebesar 16 hari, yang juga menjadi durasi minimum penyelesaian proyek.

Temuan ini menunjukkan bahwa tidak semua aktivitas memiliki pengaruh yang sama terhadap waktu penyelesaian proyek. Aktivitas di jalur kritis harus dikelola lebih ketat karena keterlambatan sekecil apa pun langsung berdampak pada bertambahnya durasi proyek secara keseluruhan. Dengan kata lain, pengawasan dan pengambilan keputusan terkait sumber daya harus lebih diprioritaskan pada aktivitas jalur kritis, terutama yang berkaitan dengan pembongkaran, pemindahan, dan pemasangan *racking*.

Jalur kritis juga memberikan gambaran mengenai aktivitas mana yang memiliki risiko keterlambatan paling tinggi. Dalam bidang operasional gudang logistik, aktivitas ini biasanya melibatkan pekerjaan fisik dengan potensi variabilitas tinggi, seperti pengangkutan material dan pemasangan komponen *racking*. Oleh karena itu, keberadaan jalur kritis sangat membantu pihak manajemen dalam merumuskan strategi pencegahan keterlambatan, termasuk pengaturan tenaga kerja dan koordinasi antar unit.

### Analisis Waktu Harapan Menggunakan PERT

Metode PERT digunakan untuk memperhitungkan ketidakpastian durasi pekerjaan, terutama pada aktivitas yang dipengaruhi oleh kondisi lapangan seperti tingkat kesulitan pemasangan, kondisi barang dan *racking*, serta ketersediaan alat bantu. Dengan tiga estimasi waktu optimis (O), realistik (M), dan pesimis (P) dihitung nilai waktu harapan (TE) pada setiap aktivitas menggunakan rumus:

$$TE = \frac{O + 4M + P}{6}$$

Nilai TE ini menggambarkan estimasi durasi yang lebih representatif dibanding hanya menggunakan satu angka durasi. Penggunaan TE memungkinkan penyusunan jadwal yang lebih fleksibel dan adaptif terhadap ketidakpastian. Setelah seluruh nilai TE dihitung, hasilnya digunakan untuk memperbarui durasi pada *network diagram* dan menentukan kembali alur kerja proyek.

Untuk memperjelas hasil perhitungan tersebut, seluruh nilai O, M, P, TE, serta varians tiap aktivitas dirangkum dalam tabel berikut sebagai dasar analisis lanjutan:

**Tabel 3. Tabel Perhitungan PERT (TE)**

Kode	Uraian Pekerjaan	O	M	P	TE
A	Survei kondisi gudang.	0.5	1	2	1.083
B	Pemindahan sementara barang dari <i>racking</i> .	2	2	3	2.167
C	Pembongkaran <i>racking</i>	3	4	5	4.000
D	Mapping tata letak gudang baru.	0.5	1	1.5	1.000
E	Penyortiran <i>racking</i> .	1.5	2	3	2.083
F	Pemasangan baut/angkur di gudang baru.	/	1	2	2.000
G	Pelepasan baut/angkur di gudang awal.	1	1	1.5	1.083
H	Pemindahan <i>racking</i> .	2	2	4	2.333
I	Proses <i>leveling</i> .	1	1	1.5	1.083
J	Penataan ulang gudang awal.	1	1	2	1.167
K	Pengembalian barang ke gudang lama.	2	3	3.5	2.917
L	Pemasangan <i>racking</i> di gudang baru.	4.5	5	6	5.083

Sumber: Data diolah peneliti (2024)

Analisis PERT memberikan gambaran lebih realistik tentang potensi durasi penyelesaian proyek karena mempertimbangkan faktor variasi. Hal ini sangat penting dalam proyek logistik, di mana kondisi lapangan sering berubah dan pekerjaan manual memiliki tingkat variabilitas yang signifikan.

## Perhitungan Varians dan Standar Deviasi Proyek

Tahap berikutnya adalah menghitung varians pada setiap aktivitas menggunakan rumus:

$$Var = \left( \frac{P - O}{6} \right)^2$$

Varians menunjukkan seberapa besar ketidakpastian durasi yang mungkin terjadi selama pelaksanaan aktivitas. Untuk memperjelas nilai penyimpangan tersebut, hasil perhitungan varians tiap aktivitas disajikan dalam tabel berikut, berdampingan dengan nilai TE:

**Tabel 3. Tabel Perhitungan PERT (VAR)**

Kode	Uraian Pekerjaan	TE	P-O	VAR
A	Survei kondisi gudang.	1.083	1.500	0.063
B	Pemindahan sementara barang dari <i>racking</i> .	2.167	1.000	0.028
C	Pembongkaran <i>racking</i>	4.000	2.000	0.111
D	Mapping tata letak gudang baru.	1.000	1.000	0.028
E	Penyortiran <i>racking</i> .	2.083	1.500	0.063
F	Pemasangan baut/angkur di gudang baru.	2.000	2.000	0.111
G	Pelepasan baut/angkur di gudang awal.	1.083	0.500	0.007
H	Pemindahan <i>racking</i> .	2.333	2.000	0.111
I	Proses <i>leveling</i> .	1.083	0.500	0.007
J	Penataan ulang gudang awal.	1.167	1.000	0.028
K	Pengembalian barang ke gudang lama.	2.917	1.500	0.063
L	Pemasangan <i>racking</i> di gudang baru.	5.083	1.500	0.063

Sumber: Data diolah peneliti (2024)

Aktivitas pada jalur kritis menjadi prioritas, karena hanya aktivitas tersebut yang secara langsung memengaruhi total durasi proyek.

Setelah varians seluruh aktivitas pada jalur kritis dihitung, varians tersebut dijumlahkan untuk mendapatkan total varians proyek. Nilai ini kemudian digunakan untuk menentukan standar deviasi menggunakan rumus:

$$\sigma = \sqrt{\sum Var}$$

Standar deviasi ini berfungsi sebagai indikator tingkat risiko keterlambatan. Semakin besar nilai standar deviasi, semakin besar ketidakpastian yang dapat memengaruhi total durasi proyek. Informasi ini menjadi dasar penting dalam analisis probabilitas penyelesaian proyek tepat waktu.

Dalam proyek pemindahan dan penataan *racking* ini, standar deviasi memberikan gambaran kepada manajemen mengenai kemungkinan variasi durasi akibat faktor eksternal maupun internal. Dengan mengetahui tingkat penyimpangan waktu, perusahaan dapat membuat skenario mitigasi seperti penambahan tenaga kerja, pengaturan ulang *shift*, atau penggunaan alat bantu tambahan ketika indikasi keterlambatan muncul.

## Interpretasi dan Implikasi bagi Operasional Gudang

Hasil analisis CPM-PERT memberikan pemahaman yang lebih jelas mengenai struktur pelaksanaan proyek serta risiko durasi yang

mungkin terjadi. Durasi total 16 hari menjadi acuan waktu yang realistik bagi manajemen ketika menyusun jadwal operasional gudang, terutama pada periode pengalihan *racking*.

Informasi jalur kritis membantu menentukan aktivitas yang harus diprioritaskan dalam pengendalian waktu, sementara perhitungan varians dan standar deviasi memberikan gambaran probabilistik mengenai kemungkinan keterlambatan. Kombinasi ini membuat proses pengambilan keputusan menjadi lebih sistematis dan berbasis data, sesuai dengan prinsip manajemen proyek modern.

Secara keseluruhan, analisis penjadwalan menggunakan metode CPM-PERT pada proyek ini dapat meningkatkan efektivitas perencanaan, mengurangi risiko *downtime*, serta meminimalkan gangguan terhadap aktivitas *inbound* dan *outbound* gudang. Dengan demikian, penerapan metode ini terbukti relevan dan bermanfaat untuk mendukung kelancaran operasional di industri jasa logistik yang menuntut ketepatan waktu dan efisiensi proses.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa proses pemindahan dan penataan *selective racking* di gudang logistik PT X merupakan kegiatan yang kompleks dan melibatkan rangkaian aktivitas yang saling bergantung satu sama lain. Melalui penerapan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), penyusunan jadwal proyek dapat dilakukan secara lebih terstruktur dan akurat.

Hasil analisis CPM berhasil mengidentifikasi jalur kritis dengan durasi total proyek selama 16 hari, yang menjadi waktu minimum penyelesaian pekerjaan. Aktivitas pada jalur kritis terbukti memiliki kontribusi paling besar terhadap total durasi proyek sehingga memerlukan pengawasan yang lebih ketat. Temuan ini membantu manajemen dalam memprioritaskan aktivitas yang berpotensi menimbulkan keterlambatan operasional.

Sementara itu, penerapan metode PERT memberikan gambaran durasi yang lebih realistik melalui perhitungan waktu harapan (TE) dan varians untuk setiap aktivitas. Nilai standar deviasi yang diperoleh menjadi indikator penting dalam menilai tingkat risiko keterlambatan dan membantu perusahaan dalam memprediksi peluang penyelesaian proyek sesuai rencana. Pendekatan probabilistik

ini semakin relevan mengingat pekerjaan di lingkungan gudang kerap dipengaruhi kondisi lapangan yang dinamis.

Secara keseluruhan, integrasi CPM dan PERT terbukti mampu memberikan analisis penjadwalan yang lebih komprehensif. Metode ini tidak hanya mengidentifikasi aktivitas prioritas, tetapi juga memperkuat kemampuan prediksi durasi proyek. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi manajemen gudang dalam meningkatkan efektivitas perencanaan, meminimalkan *downtime*, serta menjaga kelancaran aktivitas *inbound* dan *outbound* selama proses penataan *selective racking* berlangsung.

## REFERENSI

- Astari, N. M., Subagyo, A. M., Industri, T., Karawang, U. S., Ronggowaluyo, J. H. S., Nauramutiagmailcom, E., Prodi, D., Industri, T., Karawang, U. S., & Ronggowaluyo, J. H. S. (2021). *Perencanaan Manajemen Proyek dengan Metode CPM (Critical Path Method) dan PERT (Program Evaluation and Review Technique)*. 13, 164–180.
- Christian, Cefiro, & Sentosa. (2013). *Studi kasus penerapan metode PERT pada proyek gudang x*. 1–8.
- Jumali, M. A., & Siswoyo, Q. A. R. (2023). Implementasi Safety Stock dalam Pengendalian Persediaan Minyak Goreng. *Kaizen: Management Systems & Industrial Engineering Journal*, 6(2), 29–34.
- Rosita, D., Candra, A., & Khairunnisa. (2024). *Menggunakan Metode CPM dan PERT (Studi Kasus Gedung Universitas Pamulang Kampus 3 Witana Harja) Program Studi Teknik Industri, Universitas Pamulang, Indonesia*. 7.
- Saputro, E., Satoto, H. F., Pumpungan, M., & Timur, J. (2025). *Implementasi dengan Metode CPM-PERT Terhadap Penjadwalan Proses Produksi Conveyor Table Top Chain pada CV. Adikarya Teknik Sidoarjo*. 3.
- Sinurat, F., & Misdalena, F. (2024). *Analisis Manajemen Proyek Dengan Metode Critical Path Method (CPM) Pada Proyek Pembangunan Gedung Chandra Tanjung Karang*. 2–11. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.22-2.2131>
- Suwarni, P. E., & Prasetyo, D. (2019). *Optimalisasi Waktu dan Biaya Proyek dengan Metode CPM Dan PERT di Proyek ABC Condotel*.