

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

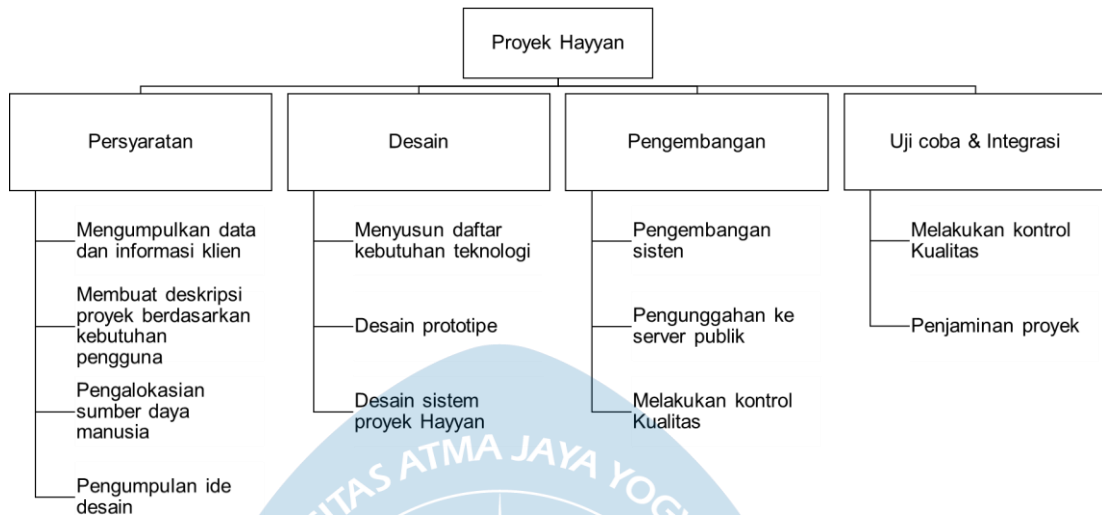
Tinjauan pustaka adalah aktivitas yang digunakan untuk meninjau atau mengkaji berbagai literatur yang terkait dengan topik permasalahan *planning production preparation* proyek *vehicle* melalui *local development*. Tinjauan pustaka berisi tentang teori, metode, dan pendapat ahli yang digunakan untuk kerangka konseptual atau landasan teori. Tinjauan pustaka yang digunakan berdasarkan penelitian terdahulu melalui media jurnal pada database e-journal UAJY, Google Scholar, Science direct dengan kata kata kunci pencarian, yaitu "Planning Project Management", "Metode percepatan aktivitas proyek" "Program Evaluation Review Technique", "Critical Path Method", "PERT for Production Preparation", "PERT Project Management", "Design Structure Matrix" "Meningkatkan efisiensi man hour", "Productivity Efficiency".

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Abdurasyid *et al.* (2019) melakukan penelitian pada pembangunan kapal dengan membangun sistem informasi manajemen yang dapat memetakan jalur kritis, menghitung jumlah waktu *slack*, sampai dengan biaya dengan menggunakan dua metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation Review Technique* (PERT). Tujuan dibentuk sistem dengan pilihan dua metode untuk menyesuaikan dengan proyek yang sedang atau akan dilakukan. Sistem yang sudah dibuat mampu mengidentifikasi mulai dari memetakan jalur kritis, menghitung jumlah waktu *slack*, sampai dengan biaya. Probabilitas pembangunan kapal ukuran menengah dengan kurun waktu 150 hari sebesar 98,26%.

Arianie dan Puspitasari (2017) melakukan penelitian menggunakan metode PERT, dan CPM dengan tujuan optimalisasi aktivitas dengan memperhatikan sumber daya manusia mulai dari jumlah SDM (Sumber daya manusia), jam kerja, dan teknologi yang mendukung aktivitas tersebut. Apabila dilakukan jam lembur untuk mengejar aktivitas yang tertinggal maka *project management* dengan memperhatikan koefisien penurunan produktivitas pada jam lembur pada proyek kapal. *Work Breakdown Structure* (WBS) digunakan untuk menjabarkan aktivitas proyek secara garis besar menjadi lebih detail dari *requirement*, *design*,

development, integration dan *test*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Work Breakdown Structure Hayyan Project

(Sumber: Arianie dan Puspitasari, 2017)

Penelitian ini berfokus pada *crashing time* dan *slack time*. *Crashing time* adalah percepatan aktivitas dengan risiko peningkatan biaya proyek serendah-rendahnya. *Slack time* merupakan aktivitas apabila ditunda pengerjaannya tidak akan menunda penyelesaian proyek. Meminimasi kerugian biaya akibat keterlambatan dengan estimasi percepatan proyek menjadi 6 hari dan penambahan biaya sebesar 2,8 juta menjadi Rp 50.325.996.

Vizkia *et al.* (2014) melakukan penelitian dengan membandingkan beberapa metode, seperti PERT, CPM, dan *Fuzzy Logic Application for Scheduling* (FLASH) pada proses fabrikasi *boiler* yang mempunyai karakteristik tersendiri, seperti proses pengerjaan fabrikasi yang kompleks serta tingkat ketidakpastian pada waktu proses yang relatif tinggi. Hasil penelitian didapatkan metode PERT menjadi metode yang tepat dengan kriteria selisih antara hasil penjadwalan dan waktu aktualnya paling kecil dibandingkan CPM atau pun FLASH. Hal ini dapat dilihat dari selisih yang jauh antara waktu optimis dan pesimis dari metode *Fuzzy* dipengaruhi oleh jumlah aktivitas terhadap interval dalam bilangan *Fuzzy*-nya yang mengakibatkan waktu paling lambat kejadian harus dilakukan (TL) lebih besar dari pada waktu paling awal kejadian yang dapat terjadi (TE) dan hasil waktu yang

berbentuk interval yang menyebabkan kesulitan dalam menentukan waktu penyelesaian proyek. FLASH lebih optimal digunakan untuk aktivitas yang relatif sedikit, dan lebih subjektif dalam penentuan waktu optimis dan pesimis. Selain itu, FLASH merupakan aktivitas yang tidak boleh terjadi keterlambatan dikarenakan berdampak pada umur proyek bertambah sebesar waktu keterlambatan dimana memiliki total *float* 0. Parameter yang digunakan untuk membandingkan ketiga metode tersebut adalah waktu penyelesaian proyek (hari), jalur kritis, probabilitas, posibilitas, selisih dengan waktu aktual (hari) (Krisandy, 2019).

Aziz *et al.* (2019) melakukan penelitian terhadap *development stage* pesawat. Jalur kritis yang didapatkan menggunakan metode CPM dengan durasi pekerjaan menjadi 247 hari sedangkan hasil dari metode PERT didapatkan probabilitas pekerjaan dengan kurun waktu 250 hari sebesar 19,85% dan probabilitas sebesar 99% dengan kurun waktu 265 hari. Suwarni dan Prasetio (2019), melakukan penelitian terhadap optimalisasi waktu dan biaya proyek dengan metode CPM dan PERT pada proyek *electrical* "Kontraktor *electrical* pembangunan proyek *Condotel* dan *Apartemen*". Proyek ini dipengaruhi oleh faktor eksternal, seperti cuaca dan aktivitas lainnya yang menyebabkan proyek terlambat sehingga untuk mengejar ketertinggalan yang ada dilakukan *crashing time*. Analisis dilakukan dengan memperhatikan koefisien penurunan produktivitas ketika dilakukan jam lembur. Percepatan waktu kerja hanya dapat dilakukan untuk kegiatan yang melalui jalur kritis dikarenakan kegiatan tersebut tidak memiliki waktu jeda. Metode PERT menggunakan rentang waktu yang menandai adanya ketidakpastian dalam proses estimasi waktu untuk kegiatan. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode CPM didapatkan waktu penyelesaian proyek selama 106 minggu. Sedangkan dengan menggunakan metode PERT dapat diketahui waktu penyelesaian proyek selama 108 minggu. Dengan demikian, metode yang lebih *valid* dalam menghitung waktu percepatan adalah metode CPM karena metode PERT menggunakan pendekatan probabilitas.

Bahtijar (2021) menerapkan metode PERT dan CPM untuk menentukan keberhasilan pesanan untuk pesanan dari perusahaan otomotif dengan total pesanan 240 kg galvanis dapat diselesaikan dalam waktu 12 jam. Didapatkan 28 aktivitas yang saling ketergantungan. Dengan mengurangi durasi dan reorganisasi dan pembuatan *gantt chart* untuk merepresentasikan setiap aktivitas yang berlangsung secara bersamaan dan progres untuk setiap aktivitas. Waktu ideal dengan CPM didapatkan 7,83 jam. Probabilitas dengan menggunakan metode

PERT Untuk menyelesaikan pesanan dengan durasi 12 jam adalah 99,59%, dan dalam 8 jam menjadi 54,40%.

Shofa *et al.*(2017) melakukan penelitian terhadap pembangunan infrastruktur dengan menggunakan metode PERT dan Monte Carlo *Simulation* untuk hasil probabilitas keberhasilan. Tingkat keyakinan probabilitas keberhasilan suatu proyek dapat menggunakan banyak metode, namun pada penelitian ini membandingkan rumus distribusi normal kumulatif Z, dan Monte Carlo *Simulation*. Monte Carlo *Simulation* menggunakan variabel yang tidak terduga berfungsi untuk menggambarkan kondisi aktual sebuah proyek yang biasanya memiliki fenomena tersendiri. Waktu penyelesaian proyek selama 152 hari yang mengalami keterlambatan proses pengerjaan yang disebabkan terlambatnya pasokan bahan baku utama yang mengakibatkan kemunduran proyek selama 12 hari dan biaya penalti sehingga dilakukan percepatan dengan menggunakan PERT. Metode PERT mengarah pada estimasi waktu secara probabilistik dengan hasil probabilitas titik proyek dipercepat (TPD) berdasarkan urutan nilai *slope* biaya sebesar 63% menjadi 147 hari dengan biaya Rp 417.315.909,25, sedangkan hasil rekap dengan Monte Carlo *Simulation* rata-rata probabilitas keberhasilan proyek sebesar 94% menjadi 156 hari dengan biaya sebesar Rp 402.310.654,25.

Optimalisasi PERT dengan Metode *Single Minute of Exchange Die* (SMED). Metode SMED digunakan untuk mengurangi sebanyak mungkin elemen internal dengan mengubah elemen internal menjadi eksternal. Elemen internal yang tidak dapat diubah menjadi eksternal dilakukan modifikasi dengan menggunakan alat SMED. SMED adalah metodologi yang digunakan untuk mengurangi waktu pengaturan, dari jam menjadi kurang dari sepuluh menit. Waktu optimis di awal setelah dilakukan percepatan menjadi 28,48 jam dari sebelumnya 32,53 jam. Setelah dilakukan SMED waktu produksi mengalami penurunan sebesar 4,05 jam (Kholil *et al*, 2018).

Suryono *et al.* (2020) melakukan penelitian menggunakan dua metode CPM dan PERT dengan tujuan yang berbeda. *Design Structure Matrix* (DSM) adalah alat umum untuk memodelkan komponen sistem dan interaksinya (Dister *et al.*, 2015). Peneliti menggunakan metode DSM untuk memecahkan berbagai masalah industri rekayasa dan konstruksi dan menunjukkan ketergantungan dan interaksi antara elemen sistem, menganalisis iterasi, dan pengerjaan ulang dalam desain, analisis adopsi perubahan, memvisualisasikan dampak perubahan interdisipliner,

mengidentifikasi interaksi dalam struktur organisasi, mengembangkan rencana dan desain kolaboratif proses komunikasi. Tujuan utama metode DSM diterapkan untuk mengoptimalkan aliran informasi desain.

Design Structure Matrix (DSM) metode berbasis matriks untuk mengelola dan memperbaiki struktur sistem. Pada proses memperbaiki konstruksi lini produksi menggunakan metode CPM dengan 9 jalur kritis dari 18 jalur kritis dengan durasi 185 hari lebih baik dari tahun 2019. Sedangkan untuk probabilitas memperbaiki penjadwalan proyek konstruksi setelah perbaikan jalur kritis dengan penerapan DSM pada metode PERT dengan probabilitas tercapai 90,1%.

Litvinov dan Moskaliuk (2018) melakukan penelitian untuk memodifikasi metode PERT dengan menggunakan *Rayleigh distribution* yang merupakan distribusi probabilitas kontinu untuk variabel acak bernilai tidak negatif. Modifikasi metode dengan menggunakan *Rayleigh distribution* yang diterapkan pada metode classical PERT. Estimasi kesalahan *Rayleigh distribution* dibandingkan dengan variasi distribusi model lainnya sebesar 20% serta mengurangi parameter yang digunakan dalam perhitungan. *Rayleigh distribution ideal* digunakan untuk proses internal kerja ketika diagram jaringan sangat rinci dan memungkinkan untuk mempertimbangkan penundaan yang tidak terduga.

Wahyuningsih dan Mashuri (2021) melakukan penelitian dengan membandingkan metode *Fuzzy* dengan metode *Network planning*, yaitu CPM dan PERT. Keunggulan metode *Fuzzy* dibandingkan metode PERT adalah estimasi waktu kegiatan dapat lebih dari 3 angka estimasi. Selain itu, himpunan *Fuzzy* dapat memodelkan ketidakpastian dan nilai probabilitas mencapai target dan direpresentasikan dalam bentuk kurva sehingga ketidakpastian atau faktor eksternal yang tidak direncanakan, seperti perubahan cuaca/hujan atau kendala lainnya dapat diperhitungkan. Hasil akhir perhitungan menggunakan metode *Fuzzy* nilai yang paling mungkin, yaitu derajat keanggotaan yang bernilai sama dengan satu (1) menjadi solusi dalam pencarian waktu penyelesaian. Waktu penyelesaian tercepat kemungkinan mencapai sebuah target dapat terlihat pada representasi kurva yang lebih terbuka. Namun, *Fuzzy* tidak dapat menunjukkan lintasan kritis pada permasalahan penjadwalan.

Gunawan dan Rahardjo (2016) melakukan penelitian terhadap perancangan dashboard yang terhubung dengan data HRD sebesar 25,6% dengan tujuan akurasi data PEFF. PEFF sendiri merupakan KPI evaluasi produktivitas yang

membandingkan data input dan output untuk total jam kerja PT TMMIN dapat lebih kompetitif dan menguntungkan dengan meningkatkan produktivitas. Peneliti menggunakan metode *Toyota Production system* berfokus untuk menghilangkan Muda secara menyeluruh. Peneliti merancang desain *PEFF dashboard* untuk mengintegrasikan sistem-sistem yang sudah ada pada HRD terkait dengan dengan seluruh data yang terkait. Sistem yang dihasilkan adalah HR Portal, Data *actual working hour* dikatakan akurat dan berkaitan dengan upah pekerja

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, sebagian penelitian membandingkan dua atau lebih metodologi untuk mereduksi *lead time* sebuah proyek dan dalam menentukan metodologi tidak memperhatikan kondisi dan karakteristik dari proyek yang sedang dilakukan analisis. Namun penelitian dengan membandingkan dua atau lebih metodologi untuk menguji dan memverifikasi metode yang tepat dan sesuai dengan objek penelitian. Terdapat 3 metodologi yang digunakan untuk mereduksi *lead time* sebuah proyek, yaitu *Critical Path Method* (CPM), *Program Evaluation Review Technique* (PERT), dan *Fuzzy Logic Application for Scheduling* (FLASH). Metode *Critical Path Method* (CPM) dapat digunakan untuk proyek yang setiap waktu kegiatan bersifat deterministik, sedangkan *Program Evaluation Review Technique* (PERT) digunakan untuk mengetahui probabilitas proyek selesai pada waktu tertentu dengan 3 rentang waktu. *Fuzzy Logic Application for Scheduling* (FLASH) digunakan untuk aktivitas yang relatif sedikit dan mampu menggunakan lebih dari 3 rentang waktu.

Selain itu, terdapat metodologi yang membantu dalam memperbaiki aliran sebuah aktivitas ketika melakukan percepatan proyek, yaitu *Design Structure Matrix* (DSM), dan *Single Minute of Exchange Die* (SMED). *Design Structure Matrix* (DSM) adalah metode yang digunakan untuk merancang, mengembangkan, dan mengelola sistem atau proyek yang kompleks mulai dari menguraikan, mengidentifikasi, menganalisis, menampilkan, dan menyempurnakan. *Single Minute of Exchange Die* (SMED) adalah metode yang mengurangi sebanyak mungkin elemen internal dengan mengubah elemen internal menjadi eksternal. Berikut merupakan rangkuman tinjauan pustaka pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tinjauan Pustaka Terdahulu Terkait dengan Proyek

No	Peneliti	Aspek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil penelitian
1	Abdurrasyid <i>et al.</i> (2019)	Frekuensi keterlambatan proyek pembangunan kapal akibat tertundanya penyelesaian kegiatan-kegiatan kritis yang berdampak pada biaya proyek yang meningkat.	CPM, dan PERT	Implementasi Metode PERT dan CPM pada sistem informasi manajemen proyek. Dalam menentukan jalur kritis pada proyek pembangunan diketahui apabila total <i>slack</i> 0. Sistem yang sudah dibuat mampu mengidentifikasi mulai dari memetakan jalur kritis, menghitung jumlah waktu <i>slack</i> , sampai dengan biaya. Probabilitas pembangunan kapal ukuran menengah dengan kurun waktu 150 hari sebesar 98,26%.
2	Arianie <i>et al.</i> (2017)	Perencanaan manajemen proyek dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas sumber daya perusahaan	WBS, CPM, dan PERT	Manajemen proyek digunakan untuk memperkirakan adanya percepatan proyek (<i>Crashing</i>) dengan penyusunan yang baik dengan memperhatikan PIC (<i>Person In Charge</i>) dari setiap aktivitas agar tercapai sehingga meminimasi kerugian biaya akibat keterlambatan dengan estimasi percepatan proyek menjadi 6 hari dan penambahan biaya sebesar 2,8 juta menjadi Rp 50.325.996.

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Peneliti	Aspek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil penelitian
3	Aziz <i>et al.</i> (2019)	Meminimalisir kerugian biaya, waktu akibat keterlambatan, dan mengetahui proyek rancang bangun pesawat	CPM, dan PERT	Penelitian terhadap <i>development stage</i> pesawat. Jalur kritis yang didapatkan menggunakan metode CPM dengan durasi pekerjaan menjadi 247 hari sedangkan hasil dari metode PERT didapatkan probabilitas pekerjaan dengan kurun waktu 250 hari sebesar 19,85% dan probabilitas sebesar 99% dengan kurun waktu 265 hari
4	Bahtijar (2021)	Meningkatkan waktu siklus produksi galvanis dengan menerapkan metode CPM dan PERT pada perencanaan produksi.	CPM, dan PERT	Menerapkan metode PERT dan CPM untuk menentukan keberhasilan pesanan satu palet dengan berat 240 kg galvanis dapat diselesaikan dalam waktu 12 jam. Didapatkan 28 aktivitas yang saling ketergantungan. Mengurangi durasi dan reorganisasi menjadi salah satu solusi yang dilakukan untuk melakukan reorganisasi proses. <i>Gantt chart</i> digunakan untuk merepresentasikan setiap aktivitas yang berlangsung secara bersamaan dan progres untuk setiap aktivitas. Waktu ideal dengan CPM didapatkan 7,83 jam. Probabilitas dengan menggunakan metode PERT Untuk

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Peneliti	Aspek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil penelitian
4	Bahtijar (2021)	Meningkatkan waktu siklus produksi galvanis dengan menerapkan metode CPM dan PERT pada perencanaan produksi.	CPM, dan PERT	menyelesaikan pesanan dengan durasi 12 jam adalah 99,59%, dan dalam 8 jam menjadi 54,40%.
5	Gunawan <i>et al.</i> (2016)	Perancangan Desain <i>Production Efficiency Dashboard</i> untuk akurasi data <i>actual working hour</i> .	<i>Production efficiency</i> , Toyota <i>Production system</i> (TPS)	Metode Toyota <i>Production system</i> berfokus untuk menghilangkan Muda secara menyeluruh. Peneliti merancang desain PEFF <i>dashboard</i> untuk mengintegrasikan sistem-sistem yang sudah ada pada HRD dengan dengan seluruh data yang terkait. Sistem yang dihasilkan adalah HR Portal, dan data <i>actual working hour</i> dikatakan akurat.
6	Kholil <i>et al.</i> (2018)	<i>Optimization of production process time</i>	PERT, dan SMED method	Optimalisasi PERT dengan Metode SMED. Metode SMED digunakan untuk mengurangi sebanyak mungkin elemen internal dengan mengubah elemen internal menjadi eksternal. Elemen internal yang tidak dapat diubah menjadi eksternal dilakukan modifikasi dengan

No	Peneliti	Aspek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil penelitian
6	Kholil et al. (2018)	<i>Optimization of production process time</i>	PERT, dan SMED method	menggunakan alat SME (<i>Single Minute of Exchange Die</i>). SME adalah metodologi yang digunakan untuk mengurangi waktu pengaturan, dari jam menjadi kurang dari sepuluh menit. Hasil optimis di awal 32,53 jam dengan waktu setelah percepatan 28,48 jam. Setelah dilakukan SMED waktu produksi mengalami penurunan sebesar 4,05 jam.
7	Krisandy (2019)	Perbandingan metode <i>Program Evaluation Review Technique</i> (PERT) dan <i>Fuzzy Logic Application for Schedule</i> (FLASH)	CPM, PERT, dan FLASH	FLASH merupakan aktivitas yang tidak boleh terjadi keterlambatan dikarenakan berdampak pada umur proyek bertambah sebesar waktu keterlambatan dimana memiliki total float 0. Parameter yang digunakan untuk membandingkan ketiga metode tersebut adalah waktu penyelesaian proyek (hari) , lintasan kritis, probabilitas, posibilitas, selisih dengan waktu aktual (hari).
8	Litvinov et al.(2018)	<i>Modification of the PERT method for project time evaluation taking into account unexpected delays</i>	PERT, dan Rayleigh distribution	Modifikasi metode dalam menentukan waktu kegiatan terpisah dan keseluruhan proyek berdasarkan Rayleigh distribution dibandingkan dengan metode classical PERT. Rayleigh distribution ideal digunakan untuk proses internal kerja ketika diagram jaringan sangat

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Peneliti	Aspek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil penelitian
8	Litvinov <i>et al.</i> (2018)	<i>Modification of the PERT method for project time evaluation taking into account unexpected delays</i>	PERT, dan Rayleigh <i>distribution</i>	rinci dan memungkinkan untuk mempertimbangkan penundaan yang tidak terduga. Estimasi kesalahan Rayleigh <i>distribution</i> dibandingkan dengan variasi distribusi model lainnya sebesar 20% serta mengurangi parameter yang digunakan dalam perhitungan.
9	Shofa <i>et al.</i> (2017)	Penjadwalan proyek dengan penerapan Monte Carlo pada <i>program evaluation review and technique</i> (PERT)	PERT, dan Monte Carlo <i>Simulation</i>	Waktu penyelesaian proyek selama 152 hari mengalami keterlambatan proses pengerjaan yang disebabkan terlambatnya pasokan bahan baku utama yang mengakibatkan kemunduran proyek selama 12 hari akibatnya terdapat biaya penalti sehingga dilakukan percepatan dengan menggunakan PERT. Metode PERT mengarah pada estimasi waktu secara probabilistik dengan hasil probabilitas titik proyek dipercepat (TPD) 63% sedangkan hasil rekap dengan Monte Carlo <i>Simulation</i> rata-rata probabilitas keberhasilan proyek sebesar 94%.

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Peneliti	Aspek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil penelitian
10	Suryono <i>et al.</i> (2020)	<i>Analysis of new production line project improvement</i>	CPM, PERT, dan <i>Design Structure Matrix</i> (DSM)	Penelitian menggunakan dua metode CPM dan PERT dengan tujuan yang berbeda dengan menerapkan <i>Design Structure Matrix</i> (DSM). DSM digunakan untuk visualisasi aktivitas pengerjaan berulang atau iterasi serta mengelompokkan dan mengurutkan aktivitas proyek. Pada proses memperbaiki konstruksi lini produksi menggunakan metode CPM dengan 9 jalur kritis dari 18 jalur kritis dengan durasi 185 hari lebih baik dari tahun 2019. Sedangkan untuk probabilitas memperbaiki penjadwalan proyek konstruksi menggunakan metode PERT dengan probabilitas tercapai 90,1%.
11	Suwarni (2019)	Optimalisasi waktu dan biaya proyek dengan metode CPM dan PERT pada proyek electrical	CPM, dan PERT	Selama ini perusahaan dalam menentukan waktu dan biaya hanya berdasarkan pengalaman dan tidak berdasarkan perhitungan secara matematis waktu pengerjaan selama 106 minggu. Sedangkan dengan menggunakan metode PERT dapat diketahui waktu penyelesaian selama

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Peneliti	Aspek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil penelitian
11	Suwarni (2019)	Optimalisasi waktu dan biaya proyek dengan metode CPM dan PERT pada proyek <i>electrical</i>	CPM, dan PERT	108 minggu. Karena dalam metode PERT menggunakan pendekatan probabilitas maka metode CPM lah yang lebih valid dalam menghitung waktu percepatan.
12	Vizkia <i>et al.</i> (2014)	Perbandingan metode dengan memperhatikan selisih hasil penjadwalan (<i>planning</i>) dengan waktu aktualnya sebuah proyek tidak terlalu besar perbedaan	CPM, PERT, dan FLASH	Dari hasil penelitian didapatkan metode PERT menjadi metode yang tepat dengan kriteria selisih antara hasil penjadwalan dan waktu aktualnya paling kecil dibandingkan CPM maupun FLASH. Hal ini dapat dilihat dari perbedaan yang jauh antara waktu optimis dan pesimis dari metode <i>Fuzzy</i> yang terlalu besar diakibatkan oleh pengaruh jumlah aktivitas terhadap interval dalam bilangan <i>Fuzzy</i> -nya yang mengakibatkan TL lebih besar dari pada TE dan hasil waktu yang berbentuk interval yang menyebabkan kesulitan dalam menentukan waktu penyelesaian proyek. FLASH lebih optimal digunakan untuk aktivitas yang relatif sedikit dan dalam penentuan waktu optimis dan pesimis berdasarkan subjektif.

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Peneliti	Aspek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil penelitian
13	Wahyuningsih et al.(2021)	Keunggulan penerapan fuzzy pada penyelesaian penjadwalan proyek	CPM, PERT, dan Fuzzy.	Keunggulan metode Fuzzy dibandingkan metode PERT adalah estimasi waktu kegiatan dapat lebih dari 3 angka estimasi. Selain itu, himpunan Fuzzy dapat memodelkan ketidakpastian sehingga kemungkinan mencapai sebuah target dapat terlihat pada representasi kurva yang lebih terbuka. Namun, Fuzzy tidak dapat menunjukkan lintasan kritis pada permasalahan penjadwalan.
14	Yuselin et al.(2021)	Meningkatkan efisiensi <i>manpower line machining axle shaft A</i> menggunakan metode penyeimbangan beban kerja operator di	<i>Toyota Production System</i> , 3M (Muda, Mura, Muri	Penerapan metode <i>Line balancing</i> dan 3M berfokus pada Muda untuk mengurangi aktivitas yang tidak menambah nilai pada <i>line axle shaf</i> . Berdampak pada penurunan <i>manpower</i> semula 5 menjadi 4 orang. Peningkatan efisiensi semula 72% menjadi 87%.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Manajemen Proyek

Otomotif berasal dari kata Yunani “autos” yang memiliki arti diri dan bahasa latin “motivus” yang memiliki arti gerak. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) otomotif adalah sesuatu yang berhubungan dengan yang berputar dengan sendirinya. Industri otomotif adalah kegiatan yang dilakukan dimulai dari merancang, mengembangkan, memproduksi, memasarkan dan menjual produk akhir. Strategi yang diimplementasikan di dunia industri otomotif untuk menciptakan penawaran nilai untuk pasar yang stabil dan berkembang. Berikut ini beberapa strategi yang ada menurut Wells (2010).

- a. *Create a new brand*. Menciptakan sebuah merek baru dengan tujuan mengembangkan proposisi nilai. Strategi ini lebih cocok digunakan untuk merek pasar atas karena kegiatan ini mengeluarkan biaya yang sangat besar untuk pemasaran dan iklan.
- b. *Revitalize an existing brand*. Merupakan salah satu strategi yang memiliki tingkat keberhasilan yang tinggi selama bertahun-tahun. Selama perusahaan tersebut memiliki merek yang sesuai dengan portofolio tersebut.
- c. *Continue production of “Classic” models*. Strategi ini digunakan untuk melanjutkan produksi model yang sebelumnya dengan tingkat produksi yang rendah dan tidak memerlukan usaha yang besar untuk memasarkan produk tersebut secara langsung. Strategi ini memiliki *product life cycle* yang terbatas dan hanya digunakan untuk membersihkan kelebihan stok.

Manajemen Proyek dibutuhkan pada sebuah proyek dikarenakan pada dasarnya adalah manajemen perubahan, yang berfungsi merancang (*Planning*), mengatur (*Organizing*), melaksanakan (*Actuating*) dan mengendalikan (*Controlling*) untuk mencapai tujuan tertentu. Sementara itu, menjalankan sebuah bisnis secara fungsional atau berkelanjutan adalah mengelola secara kontinu atau bisnis pada umumnya (Lester, 2014). Oleh karena itu, manajemen dibagi menjadi dua, yaitu manajemen proyek dan manajemen fungsional. Proyek yang akan dilaksanakan atau dirancang akan dinilai berdasarkan beberapa kriteria, seperti *profitability and cost/benefit, return on investment, cash flow, risks, prestige, importance of the client*, dan *company strategy and objectives*.

Faktor yang memengaruhi sebuah *project management* membuat proyek menurut *Project Management Institute* (2017), yaitu *new technology, competitive forces*,

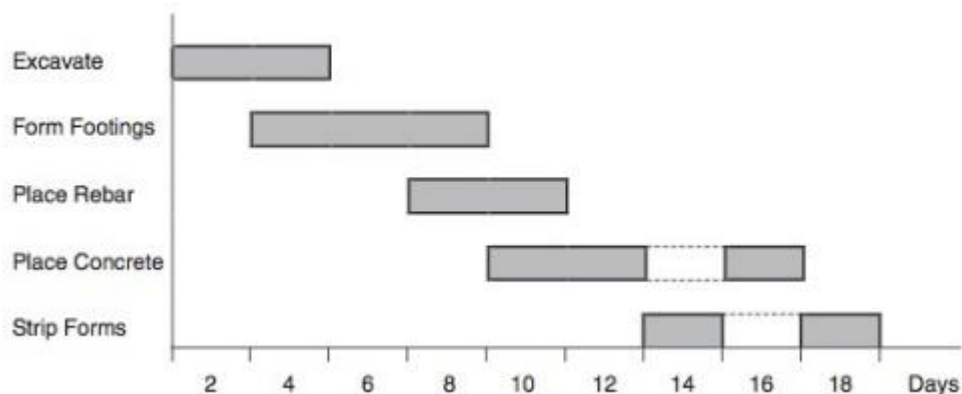
material Issues, political changes, market demand, economic changes, customer request, stakeholders demands, legal requirement, business process improvements, strategic opportunity or business need, social need, environmental consideration.

2.2.2. Work Breakdown Structure (WBS)

Work Breakdown Structure (WBS) adalah alat dan salah satu dokumen manajemen proyek yang berfungsi untuk mengelompokkan dan mendefinisikan fase utama sebuah proyek (level 1) dan menjadi bagian-bagian kecil (*elements*) sehingga mudah diatur dan terperinci. Menurut *The Project Management Institute (PMI)* terdapat dua jenis WBS, yaitu WBS berbasis hasil kerja, dan WBS berbasis fase. Perbedaan utama antara dua jenis WBS terletak pada unsur-unsur yang diidentifikasi pada tingkat pertama WBS (Mubarak, 2019).

2.2.3. Gantt Chart

Gantt chart adalah grafik yang digunakan sebagai representasi dari aktivitas proyek yang divisualisasikan dengan garis batang. *Gantt chart* dikembangkan oleh Henry L. Gantt seorang insinyur mesin pada tahun 1917 menjadi populer terutama industri konstruksi karena kemampuan menggambarkan kegiatan secara grafis jelas, sederhana, dan berskala waktu. Sebuah proyek harus dipecah menjadi elemen-elemen aktivitas yang sederhana atau homogen. Pendekatan yang digunakan untuk memecah sebuah fase utama proyek menjadi elemen yang wajar, mudah diukur, dan dikendalikan. Menggunakan *gant chart* membantu manajemen proyek untuk mengidentifikasi aktivitas yang sedang berjalan sesuai *timeline* atau mengalami keterlambatan, melihat aktivitas yang berjalan bersamaan dan kegiatan yang saling berhubungan satu sama lain (Mubarak, 2019; Slack, 2020). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Contoh Gantt Chart

(Sumber : Mubarak 2019)

2.2.4. Precedence Network

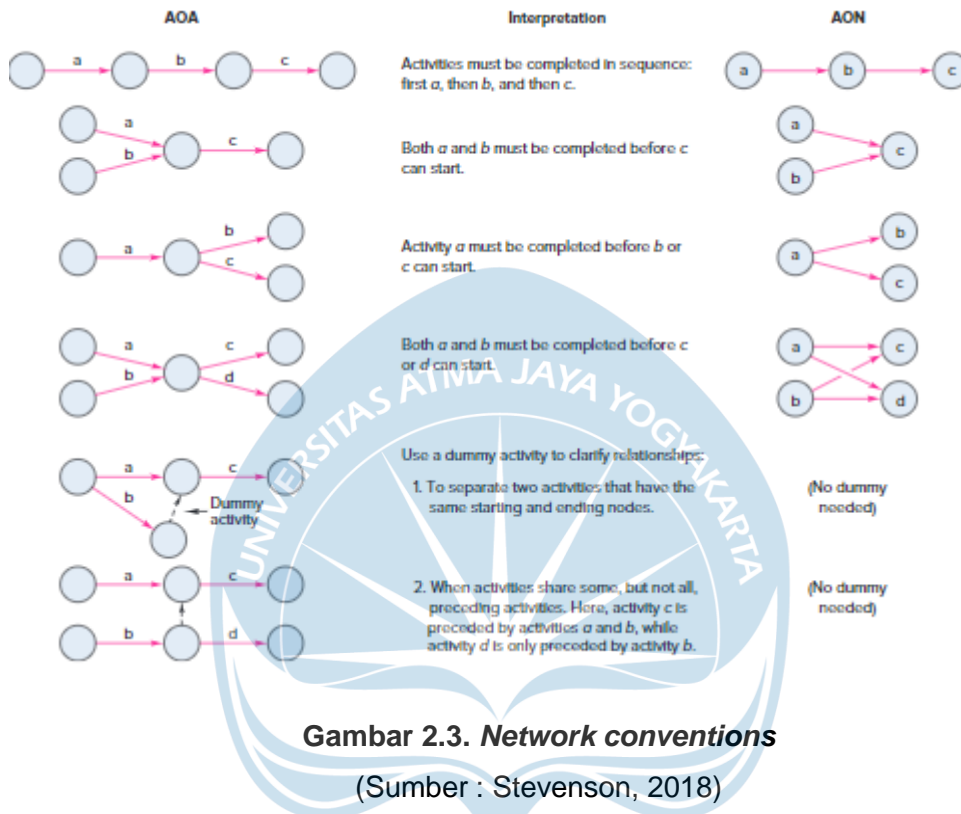
Precedence Network adalah jaringan aktivitas yang menunjukkan saat dimulai sebuah proyek dan berakhirnya sebuah proyek. Jaringan aktivitas memiliki prinsip tidak memiliki aktivitas yang *loop*, atau tidak memiliki akhir yang pasti. Simbol-simbol yang digunakan pada jaringan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Simbol-simbol *Precedence Network*

Simbol	Keterangan
○	Aktivitas (<i>Event</i>), titik dimulai dan berakhirnya sebuah proyek sebagai representasi dari aktivitas.
→	Kegiatan (<i>Activity</i>), bagian dari sebuah proyek yang membutuhkan waktu, biaya, tenaga. Bagian ekor adalah dimulainya kegiatan dan ujung anak panah adalah akhir dari kegiatan. Terdapat banyak kegiatan dari sebuah proyek, maka di atas anak panah diberikan nama kegiatan dan waktu.
- - - - - →	Semu (<i>Dummy</i>), aktivitas yang tidak membutuhkan sumber daya dan tidak memiliki dimensi waktu.
→	Lintasan kritis yang memiliki waktu <i>slack</i> bernilai 0.

Precedence network memiliki dua pendekatan untuk menggambar jaringan, yaitu *activity on node* (AON), dan *activity on arrow* (AOA). AON digunakan untuk

menunjukkan urutan kegiatan sedangkan AOA menggunakan panah sebagai awal dari aktivitas dan akhir dari aktivitas yang dihubungkan oleh *node* yang sering disebut *event*. Pendekatan AOA lebih mudah digunakan untuk proyek yang kompleks, dan dapat memunculkan aktivitas *dummy* dengan durasi yang bernilai 0. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar. 2.3.



2.2.5. Program Evaluation Review Technique (PERT)

Program Evaluation Review Technique (PERT) adalah teknik analisis jaringan yang berorientasi pada sebuah peristiwa dengan tujuan untuk memperkirakan durasi proyek. PERT merupakan metode yang mengadaptasi CPM untuk durasi rata-rata dan dianggap sebagai metode probabilistik atau stokastik. Proses penyusunan diagram Jaringan terdiri dari dua fase dasar, yaitu analisis struktur dan analisis waktu. Analisis struktur mendefinisikan pembentukan urutan dan ketergantungan aktivitas satu sama lain secara logis, dan analisis waktu adalah perhitungan awal dan akhir kegiatan dan waktu cadangan. Variabel waktu dalam PERT, yaitu waktu penyelesaian kegiatan, yaitu waktu optimis (O), waktu paling mungkin (M) dan waktu pesimis (P). Pada setiap kegiatan waktu yang diharapkan adalah waktu rata-rata penyelesaian kegiatan.

PERT adalah metode yang memiliki tujuan untuk mengurangi sebanyak mungkin adanya *delay*, *crashing*, maupun faktor eksternal yang memengaruhi kegiatan suatu proyek, termasuk melakukan koordinasi dan sinkronisasi dengan setiap divisi yang terlibat untuk melakukan percepatan penyelesaian proyek. Keberhasilan dalam penggunaan teknik PERT, seperti penghematan waktu penyelesaian, optimalisasi sumber daya manusia dan setiap aktivitas dari sebuah proyek (Milosevic, 2011; Portny, 2017).

Tahapan dalam metode PERT sebagai berikut:

- a. Mengelompokkan aktivitas sesuai dengan urutan pengerjaannya, banyaknya aktivitas tiap sub pengerjaannya, serta hubungan antar kegiatan
- b. Melakukan inisialisasi kegiatan dan *predecessor*.
- c. PERT merupakan metode probabilitas dengan menggunakan angka estimasi untuk setiap aktivitas, yaitu waktu optimis, waktu realistis dan waktu pesimis.
- d. Melakukan perhitungan waktu estimasi TE dengan tujuan mencari jalur kritis, dimana $slack = 0$

$$TE = \frac{a+4.m+b}{6} \quad (2.1)$$

Keterangan :

TE = expected duration

a = waktu optimis

m = waktu realistis

b = waktu pesimis

- e. Menghitung Varian pada setiap aktivitas.

$$Var (te) = Sd^2 = \left[\frac{(tb-ta)}{6} \right]^2 \quad (2.2)$$

Keterangan :

$Var (te)$ = varians kegiatan

Sd = standar deviasi

tb = waktu optimis

ta = waktu pesimis

- f. Perhitungan *slack* atau kelonggaran waktu *Earlier Start* (ES), *Earlier Finish* (EF), *Latest Start* (LS), *Latest Finish* (LF), menggunakan rumus :

$$S = LS - ES \quad (2.3)$$

- g. Menghitung probabilitas untuk mencapai target pada metode PERT

$$Z = \frac{Tx-TE}{Sd} \quad (2.4)$$

Z = distribusi normal z

TE = expected duration

Tx = waktu yang diinginkan

Sd = standar deviasi kegiatan

2.2.6. Critical Path Method (CPM)

Critical Path Method (CPM) adalah metode perencanaan dan pengendalian dengan prinsip pembentukan jaringan kerja dengan asumsi waktu penyelesaian dengan durasi aktivitas tetap dan ditentukan dengan jelas (*Deterministic*). Metode CPM digunakan untuk mengidentifikasi jalur kritis dan nonkritis untuk mengurangi waktu dan menghindari kegiatan menunda aktivitas. Identifikasi jalur kritis, dilakukan perhitungan mundur (*backward pass*) dan menghitung perhitungan maju (*forward pass*). Selanjutnya dilakukan perhitungan waktu kelonggaran (*float/slack*). *Float* adalah aktivitas yang tidak memengaruhi waktu penyelesaian proyek apabila ditunda (Milosevic, 2011; Portny, 2017).

2.2.7. Design Structure Matrix (DSM)

Design Structure Matrix (DSM) adalah alat manajemen proyek yang digunakan untuk merepresentasikan dan menganalisis ketergantungan antara aktivitas atau komponen dalam suatu sistem atau proyek. DSM memungkinkan manajer proyek untuk mengidentifikasi risiko, memperbaiki alur kerja proyek, dan meningkatkan efisiensi. Dasar teori DSM pada manajemen proyek meliputi teori graf, teori matriks, dan teori manajemen proyek. Teori graf digunakan untuk merepresentasikan aktivitas atau komponen dalam proyek sebagai simpul atau titik dalam graf. Teori matriks digunakan untuk merepresentasikan ketergantungan antara aktivitas atau komponen dalam proyek dalam bentuk matriks. Teori manajemen proyek digunakan untuk mengelola risiko, mengidentifikasi ketergantungan, dan mengoptimalkan alur kerja proyek (Dister, 2015).

2.2.8. Management Risk

Risiko adalah segala sesuatu yang berpotensi memengaruhi kelancaran proyek. Manajemen risiko menjadi bagian penting dalam proses perencanaan dengan tujuan mengendalikan risiko yang akan terjadi. Manajemen risiko adalah proses mengidentifikasi, mengkategorikan, memprioritaskan, dan merencanakan risiko sebelum menjadi masalah. mengidentifikasi risiko diperlukan *brainstorming*

dengan seluruh divisi yang terlibat untuk membahas potensi yang akan muncul dalam pelaksanaan proyek. Risiko yang muncul dapat diketahui berdasarkan data historis proyek terdahulu dan pengalaman dari divisi yang terlibat. Data risiko yang telah diidentifikasi dapat dikelola dengan mengkategorikan kedalam tingkatan risiko tinggi, sedang, atau rendah. Hal tersebut dilakukan agar manajemen risiko dapat bertindak sesuai dengan potensi masalah yang harus segera dilakukan tindakan (Ray, 2021; Slack, 2019).

2.2.9. Simulasi

Simulasi adalah salah satu metode yang berguna dalam manajemen risiko untuk memprediksi dampak dari berbagai situasi dan membantu dalam identifikasi risiko dan ketidakpastian untuk memahami dan memprediksi dampak dari berbagai faktor yang memengaruhi proyek. Membantu manajer proyek dalam membuat keputusan dan meminimalkan risiko dengan menilai dan membandingkan alternatif strategi dan skenario. Simulasi juga membantu dalam memastikan bahwa proyek dapat diselesaikan dalam waktu dan anggaran yang ditentukan, serta memastikan bahwa tujuan proyek dapat dicapai dengan sukses yang digunakan untuk memprediksi berbagai kemungkinan yang membantu mengidentifikasi pengaruh dari risiko, dan ketidakpastian. Bilangan random adalah bilangan secara acak yang memenuhi sebaran statistik tertentu. Terdapat beberapa jenis distribusi, seperti distribusi beta, distribusi uniform. Distribusi beta adalah distribusi probabilitas yang digunakan untuk memodelkan data yang terbatas dan memiliki karakteristik pada rentang nilai tertentu (Banks, 2013). Distribusi beta menjadi distribusi yang paling sesuai diaplikasikan pada metode PERT dengan mempresentasikan waktu tercepat dan waktu terlama, sedangkan nilai yang paling mungkin (*most likely*) diwakili oleh modus dari distribusi. Alpha dan beta adalah dua parameter yang digunakan untuk menentukan bentuk kurva distribusi Beta dan memengaruhi nilai rata-rata, variansi, dan skewness dari distribusi tersebut.

$$Bil. Random = BETA.INV(RAND(), alpha, beta) \times (max - min) + min \quad (2.5)$$

Untuk menentukan nilai dari alpha dan beta, apabila hanya terdapat nilai optimis (*maximum*) dan pesimistik (*minimum*) dengan mengasumsikan nilai modus sama dengan rata-rata dapat menggunakan rumus di bawah ini.

$$Mean = (a + b + c) / 3 \quad (2.6)$$

a = nilai minimum

b = nilai maksimum

c = nilai modus (*most likely value*)

Pada beberapa kasus, nilai modus diabaikan atau tidak diketahui, sehingga rumus tersebut disederhanakan menjadi

$$Mean = \frac{(\min + 4 \times \max + \min)}{6} \quad (2.7)$$

$$\alpha = \frac{(2 \times \max - \text{mean} - \min) \times (\text{mean} - \min)}{(\max - \min)^2} \quad (2.8)$$

$$\beta = \frac{\alpha \times (\max - \text{mean})}{(\text{mean} - \min)} \quad (2.9)$$

Teknik yang digunakan untuk membangkitkan bilangan random sebagai berikut :

1. *Inverse-transform method* adalah teknik yang digunakan untuk peubah acak yang berdistribusi kontinu maupun diskrit
2. *Acceptance-rejection method* adalah teknik yang digunakan jika sebuah distribusi memiliki fungsi massa dan metode lain tidak efisien digunakan
3. Teknik lainnya, yaitu *Direct Transformation* adalah teknik yang menggunakan teori dari suatu peubah acak merupakan sebaran dari peubah acak lain), dan *Convolution* adalah teknik untuk beberapa distribusi yang mungkin dapat dikatakan dalam jumlah ($X = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_m$) dan lain-lain.

2.2.10. Toyota Production System

Toyota *Production System* (TPS) adalah sebuah sistem produksi yang dikembangkan oleh Toyota Motor Corporation. TPS terkenal dengan pendekatan yang sangat efisien dan efektif dalam memproduksi mobil dengan kualitas yang tinggi, sambil menghindari pemborosan dan meminimalkan biaya produksi. Taiichi Ohno menciptakan istilah Muda, Mura, dan Muri. Muda adalah pemborosan, kegiatan yang tidak menghasilkan nilai tambah. Tindakan ini justru menambah atau memperpanjang proses produksi *lead time*, yang menyebabkan kelebihan persediaan dan menyebabkan *bottleneck* atau *work in process* yang menumpuk akibat waktu tunggu yang berbeda (Toyota Motor Corporation, 2006)

a. Mudah (Muda)

Konsep Mudah (Muda) dalam TPS berkaitan dengan mengurangi pemborosan dan memudahkan proses produksi. Toyota mengajarkan bahwa pemborosan merupakan biaya yang tidak perlu dan seharusnya dihilangkan sebanyak mungkin. Pemborosan dapat berupa waktu, bahan, tenaga kerja, dan sumber daya lainnya.

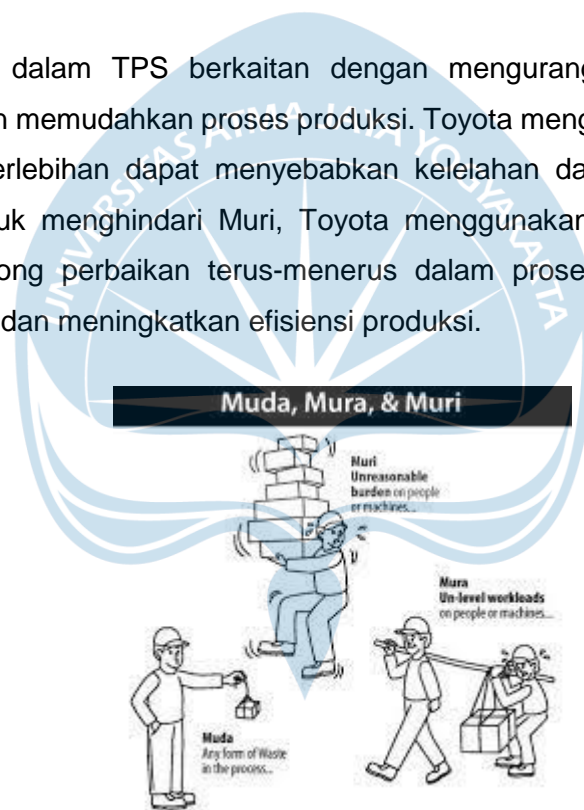
Dengan menghilangkan pemborosan, waktu dan sumber daya dapat dialokasikan untuk tugas yang lebih penting.

b. Murah (Mura)

Konsep Murah (Mura) dalam TPS berkaitan dengan menyeimbangkan aliran produksi dan menghindari ketidakseimbangan produksi. Toyota mengajarkan bahwa ketidakseimbangan produksi dapat menghasilkan pemborosan, penumpukan barang di gudang, dan biaya yang tidak perlu. Untuk menghindari ketidakseimbangan produksi, Toyota menggunakan sistem *Just In Time* (JIT) yang menghasilkan produksi barang yang tepat, pada waktu yang tepat, dan dalam jumlah yang tepat.

c. Muri

Konsep Muri dalam TPS berkaitan dengan mengurangi beban kerja yang berlebihan dan memudahkan proses produksi. Toyota mengajarkan bahwa beban kerja yang berlebihan dapat menyebabkan kelelahan dan ketidakseimbangan produksi. Untuk menghindari Muri, Toyota menggunakan pendekatan Kaizen, yang mendorong perbaikan terus-menerus dalam proses produksi, sehingga memudahkan dan meningkatkan efisiensi produksi.



Gambar 2.4. 3M (Muda, Mura, dan Muri)

(Sumber: Yuselin dan Hasiando, 2021)