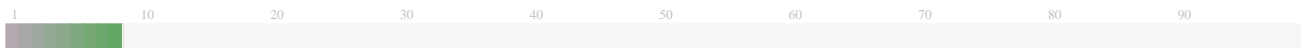


Submission Information

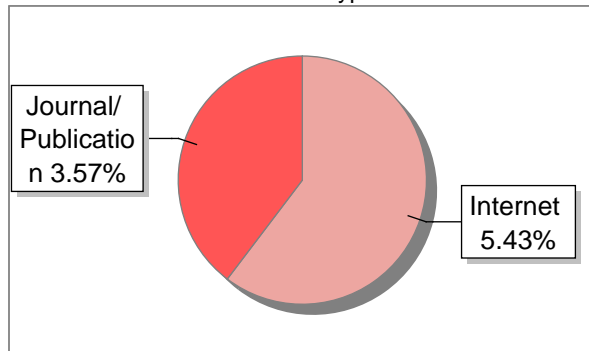
Author Name	Okka Adiyanto
Title	Hasil Cek_ Okka Adiyanto
Paper/Submission ID	1973782
Submitted by	perpustakaan.similarity@uad.ac.id
Submission Date	2024-06-10 11:01:37
Total Pages, Total Words	14, 5545
Document type	Research Paper

Result Information

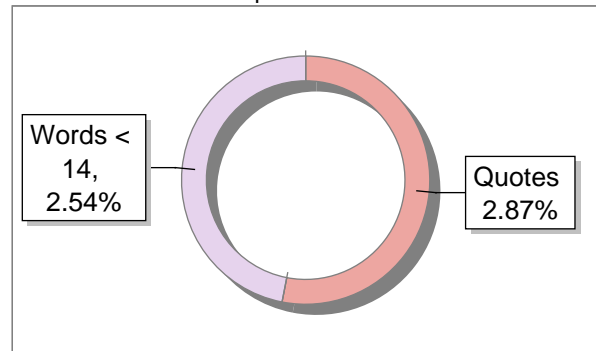
Similarity **9 %**



Sources Type



Report Content



Exclude Information

Quotes	Excluded
References/Bibliography	Excluded
Source: Excluded < 14 Words	Not Excluded
Excluded Source	0 %
Excluded Phrases	Not Excluded

Database Selection

Language	Non-English
Student Papers	Yes
Journals & publishers	Yes
Internet or Web	Yes
Institution Repository	Yes

A Unique QR Code use to View/Download/Share Pdf File





DrillBit Similarity Report

9

SIMILARITY %

20

MATCHED SOURCES

A

GRADE

A-Satisfactory (0-10%)
B-Upgrade (11-40%)
C-Poor (41-60%)
D-Unacceptable (61-100%)

LOCATION	MATCHED DOMAIN	%	SOURCE TYPE
1	eprints.untirta.ac.id	2	Publication
2	adoc.pub	1	Internet Data
3	adoc.pub	1	Internet Data
4	eprints.untirta.ac.id	1	Publication
5	ejournal.undip.ac.id	1	Publication
6	docplayer.info	<1	Internet Data
7	docplayer.info	<1	Internet Data
8	adoc.pub	<1	Internet Data
9	adoc.pub	<1	Internet Data
10	eprints.lmu.edu.ng	<1	Internet Data
11	adoc.pub	<1	Internet Data
12	adoc.pub	<1	Internet Data
13	adoc.pub	<1	Internet Data
14	adoc.pub	<1	Internet Data

15	adoc.pub	<1	Internet Data
16	docobook.com	<1	Internet Data
17	docplayer.info	<1	Internet Data
18	moam.info	<1	Internet Data
19	uad.ac.id	<1	Internet Data
20	www.matec-conferences.org	<1	Publication

ANALISA KAPASITAS PRODUKSI DI STASIUN PERAKITAN DENGAN METODE PENJADWALAN DETERMINISTIK

ANALYSIS OF PRODUCTION CAPACITY IN ASSEMBLY STATION USING DETERMINISTIC SCHEDULING METHOD

Wahyu Andy Prastyabudi ¹⁾, Okka Adiyanto^{2*)}, Luthfi Bagus Adityo²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Telkom Surabaya, Gayungan PTT 17-19, Surabaya, 60234, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Ringroad Selatan, Kragilan, Bantul, Yogyakarta, 55191, Indonesia

*)Penulis korespondensi : okka.adiyanto@ie.uad.ac.id

DOI Number : [10.30988/jmil.v3i2.170](https://doi.org/10.30988/jmil.v3i2.170)

Diterima: 03 07 2019

Disetujui: 30 09 2019

Dipublikasi: 29 11 2019

Abstract

A manufacturing company which its production based on customer's customization order commonly employs Make-To-Order system. The classical problem of this system is that uncertainty of the order receipt schedule and the various degree of customization. Thus, it leads to an improper production schedule or under-optimal. This study aims to analyze the maximum production capacity of the company so that it can provide a recommendation for scheduling improvement. In this paper, the study case is carried out to a company which produces the various tools for military needs, such as weapons, ammunition, and combat vehicle. By means of the deterministic scheduling method, the optimal sequence of a military vehicle can be determined. Then, to represent the job priority order as well as to estimate the job completion duration, the network diagram is used. The result is then used as a reference to construct the production schedule simulation sequentially. It is intended to observe the interval time among production schedule. The experimental results of maximum production capacity calculation show that the company is able to produce at maximum 150 unit vehicles per year.

Keywords: scheduling; production; deterministic method;

Abstrak

Perusahaan manufaktur yang memproduksi berdasarkan kustomisasi permintaan pelanggan biasa menerapkan sistem Make-To-Order. Masalah klasik yang sering dihadapi dari sistem tersebut adalah ketidaktepatan jadwal penerimaan pesanan dan tingkat kustomisasi yang berbeda-beda. Hal tersebut menyebabkan penjadwalan produksi yang tidak tepat atau tidak optimal. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan analisa kapasitas produksi perusahaan, sehingga dapat mengetahui kapasitas maksimalnya dapat memberikan rekomendasi perbaikan penjadwalan. Dalam penelitian ini, studi kasus dilakukan pada perusahaan yang memproduksi berbagai macam peralatan untuk kebutuhan militer seperti persenjataan, amunisi, dan kendaraan tempur. Dengan menggunakan metode penjadwalan deterministik, urutan perakitan optimal pada kendaraan militer dapat ditentukan. Kemudian untuk menggambarkan urutan prioritas pekerjaan sekaligus untuk memperhitungkan durasi penyelesaian pekerjaan digunakan bantuan network diagram. Hasilnya digunakan sebagai dasar untuk menyusun simulasi penjadwalan produksi secara berurutan. Tujuannya adalah untuk mengetahui selisih waktu produksi antar jadwal. Hasil perhitungan jumlah kapasitas produksi maksimal

perusahaan didapatkan bahwa perusahaan ini dapat memproduksi sebanyak 150 unit kendaraan per tahun. Analysis of posture "penyetelanya" worker using rapid upper limb assessment method to reduce of the risk musculoskeletal disorders in the

Kata kunci: penjadwalan; produksi; metode deterministik;

1. PENDAHULUAN

Penjadwalan produksi merupakan salah satu tahapan penting sebelum memulai kegiatan produksi. Waktu penyelesaian produk patut diperhitungkan secara cermat oleh perusahaan. Pada perusahaan yang menggunakan sistem *make to order*, dimana produk baru akan diproduksi sesuai permintaan dari konsumen, proses penjadwalan dilakukan secara dinamis bergantung pada waktu dan jumlah permintaan.

Penjadwalan produksi didefinisikan sebagai proses pengalokasian sumber-sumber atau mesin-mesin yang ada untuk menjalankan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu [1]. Keterlambatan produksi akan merugikan perusahaan karena dapat mengurangi kepercayaan pelanggan terhadap perusahaan. Namun bila produksi tersebut dapat diselesaikan terlalu awal dari *due date* yang telah ditetapkan, maka biaya penyimpanan juga akan bertambah [2].

Penjadwalan adalah untuk pengalokasian sumber daya perusahaan baik sumber daya manusia, sumber daya kapasitas, dan peralatan produksi untuk menghasilkan suatu keluaran yang tepat baik segi jumlah, waktu maupun kualitas [3]–[5]. Selain itu, penjadwalan juga akan berpengaruh pada alokasi tenaga operator, mesin dan peralatan produksi, urutan proses, jenis produk, pembelian material dll [6]. Dengan kata lain, penjadwalan menjadi alat ukur untuk perencanaan agregat produksi yang akan mempengaruhi ke bagian pengadaan untuk mempersiapkan kebutuhan bahan baku. Dengan perencanaan bahan baku yang tepat akan memungkinkan penghematan biaya produksi [7]. Ketika perusahaan mendapatkan pesanan *actual*, maka kemudian akan ditugaskan sumber daya tertentu untuk memprosesnya [8]. Masalah

utama yang dihadapi oleh perusahaan adalah menentukan penjadwalan produksi jika permintaan produk maksimal [9].

Pada penelitian kali ini mengambil studi kasus di PT. XYZ yang merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri manufaktur yang memproduksi berbagai persenjataan, amunisi, alat berat dan peralatan manufaktur. Adapun yang diproduksi oleh perusahaan ini adalah senapan, pistol, panser, tank, dan lain sebagainya yang nantinya akan dipakai oleh TNI dan POLRI maupun diekspor ke luar negeri. Salah satu produk yang cukup banyak pesanan adalah kendaraan jenis Komodo. Terdapat empat jenis varian kendaraan Komodo, yaitu: *Missile Launcher*, *Battering Ram*, *APC Police*, dan *Recon* [10].

Dalam memenuhi permintaan konsumen, perusahaan menggunakan strategi *make to order*, sehingga jenis peralatan atau kendaraan yang diproduksi sesuai dengan pesanan dari konsumen. Dengan sistem produksi *make to order*, maka jumlah pesanan kendaraan Komodo sudah ditetapkan sehingga bersifat deterministik. Sistem pesanan tersebut juga mengakibatkan tingkat variasi yang cukup tinggi pada kustomisasi kendaraan dimana harus bisa menyesuaikan dengan kebutuhan pelanggan. Banyaknya pesanan khususnya untuk kendaraan jenis Komodo tentu saja menuntut departemen *Production Planning and Inventory Control* (PPIC) untuk bisa mengetahui berapa kapasitas produksi maksimum dari perusahaan. Dimana selanjutnya digunakan sebagai acuan dasar untuk merencanakan penjadwalan produksi dengan tepat sebagai antisipasi adanya keterlambatan proses produksi. Pola produksi pada perusahaan ini adalah *flow shop* dimana setiap pekerjaan memiliki urutan produksi yang sama. Saat ini, sistem penjadwalan perusahaan adalah

menggunakan metode *First Come First Serve* (FCFS). Penerapan metode FCFS, dilakukan dengan menyusun atau mengurutkan pekerjaan (*job sequencing*) berdasarkan yang pertama datang ke stasiun kerja dan memprioritaskannya untuk diproses terlebih dahulu tanpa memperhatikan tingkat kepentingan [11]. Keunggulan FCFS adalah dinilai adil bagi konsumen terutama bagi penyedia jasa [12].

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui jumlah kapasitas produksi kendaraan Komodo dan juga mengetahui jalur produksi pada proses produksinya. Sehingga hasilnya dapat dijadikan acuan bagi perusahaan untuk melakukan perbaikan proses produksinya. Penyusunan alur dan jadwal perakitan menggunakan data riil dari hasil observasi lapangan. Selanjutnya, penelitian dilakukan dengan metode penjadwalan deterministik yang dimulai dengan menyusun diagram jaringan/urutan produksi, analisa waktu produksi, dan analisa kapasitas produksi di stasiun kerja perakitan.

2. METODE PENELITIAN

Alur penelitian pada analisa kapasitas produksi kendaraan Komodo di PT. XYZ dapat dilihat pada [Gambar 1](#). Dimana terdapat delapan tahapan yaitu: 1) identifikasi masalah, 2) merumuskan tujuan dan batasan, 3) melakukan studi literatur, 4) melakukan survei lapangan, 5) melakukan pengumpulan data, 6) pengolahan data, 7) melakukan analisis, dan 8) menyusun kesimpulan dan saran.

Pada tahapan studi literatur dan penelitian lapangan kegiatan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

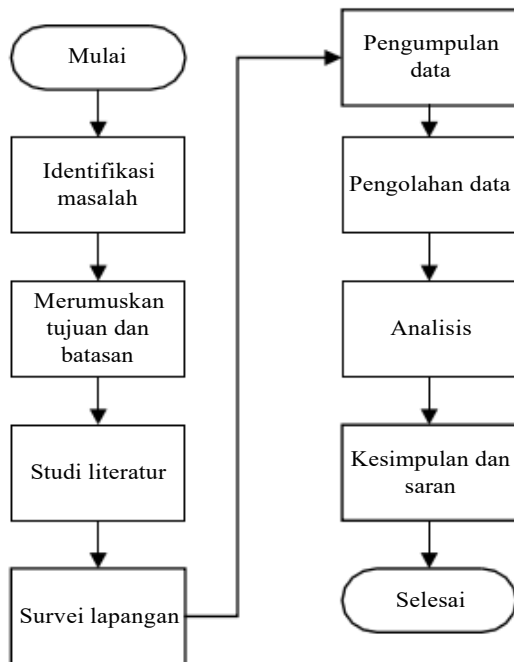
- a. Metode penelitian kepustakaan/literatur
Metode ini dilakukan dengan membaca dan menelaah sumber-sumber informasi yang dibutuhkan sehingga permasalahan dapat dianalisis dan diselesaikan dengan teori-teori yang relevan.

- b. Metode penelitian lapangan (*Field Research*) yang dilakukan selama 30 hari bertujuan untuk mengumpulkan data yang berkaitan dengan penelitian, diantaranya:

- 1) Observasi, yakni metode yang dilakukan dengan cara melakukan pengamatan secara langsung berkaitan dengan objek penelitian. Data yang dikumpulkan secara sampling selama satu bulan proses produksi antara lain adalah data aktivitas, waktu produksi di setiap tahapan, dan alur proses produksi.
- 2) Wawancara, yakni metode yang dilakukan dengan cara mengajukan beberapa pertanyaan kepada narasumber berkaitan dengan objek penelitian. Tujuannya adalah untuk memastikan kembali validitas data-data yang terkumpul.

Selanjutnya data tersebut diolah kembali untuk menyusun alur proses produksi dengan pendekatan CPM (*Critical Path Method*). Dimana dengan metode tersebut memungkinkan kita untuk mengetahui aktivitas mana saja yang bersifat kritis [13]. Sehingga melalui metode penjadwalan deterministik, yakni metode penjadwalan dengan data yang bersifat pasti, [3] kita dapat memperhitungkan kapasitas produksi selama satu tahun.

Tahap berikutnya adalah melakukan analisis terhadap hasil pengolahan data. Terdapat tiga analisis yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu analisis waktu perakitan, analisis penjadwalan, dan analisis kapasitas produksi. Pada analisis waktu perakitan, dilakukan simulasi dengan perhitungan waktu produksi untuk 6 unit kendaraan secara berurutan. Waktu yang diperoleh dari hasil simulasi tersebut kemudian digunakan untuk menyusun pola penjadwalan dan menghitung kapasitas produksi. Tahapan terakhir adalah menarik kesimpulan dari semua tahapan penelitian serta memberikan saran untuk pengembangan arah penelitian selanjutnya.



Gambar 1. Metode penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Permasalahan dan Batasan

Tabel 1 merangkum beberapa penelitian terkait. Sebagian besar membahas tentang penjadwalan produksi untuk meminimalkan *makespan* atau selisih waktu antar *job*. Dari delapan penelitian, tiga diantaranya mengulas tentang penjadwalan produksi *job shop*, sedangkan sisanya adalah penjadwalan *flow shop*. Kemudian pada studi yang lain, belum ada yang secara spesifik mengulas tentang analisis kapasitas produksinya. Sehingga pada studi ini, lebih berfokus untuk melakukan analisa kapasitas produksi perusahaan dan menyusun pola penjadwalan produksinya sebagaimana yang diuraikan dalam permasalahan. Pendekatan metode yang digunakan adalah deterministik karena karakteristik permintaannya.

3.3. Hasil Penelitian Lapangan

Penelitian lapangan yang dilangsungkan selama 30 hari di PT.XYZ yang bergerak dalam bidang pertahanan di Jawa Barat.

³ Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka berikut ini adalah masalah yang dapat diidentifikasi:

- 1) Perusahaan belum mengetahui kapasitas produksi maksimal untuk kendaraan jenis Komodo.
- 2) Masih belum ada penjadwalan produksi ketika pesanan produksi maksimal.

Sedangkan batasan dan asumsi dalam studi ini adalah sebagai berikut:

- 1) Objek pengamatan adalah pada stasiun kerja perakitan kendaraan Komodo.
- 2) Durasi kerja tiap bulan adalah 21 hari kerja.
- 3) Penjadwalan tidak memperhitungkan keterlambatan kedatangan komponen dan probabilitas perawatan maupun kegagalan tahapan perakitan.

3.2. Penelitian Terkait

Studi yang membahas tentang penjadwalan produksi telah banyak dilakukan.

Pengamatan dilakukan baik melalui observasi maupun wawancara pada divisi kendaraan khusus. Selama kegiatan observasi, data-data terkait aktivitas produksi, waktu produksi, dan tahapan alur produksi dikumpulkan.

Tabel 2 merinci spesifikasi standar kendaraan Komodo yang diproduksi oleh perusahaan. Sistem pemesanan kendaraan ini berbasis *make to order* dimana pesanan tergantung dengan spesifikasi yang diminta oleh pelanggan. Misalnya pelanggan memesan kendaraan dengan modifikasi pada bagian eksterior yaitu dengan menggunakan senjata jenis RPG. Adanya variasi pesanan kendaraan tersebut menyebabkan perusahaan mengalami kesulitan untuk memperhitungkan penjadwalan dan kapasitas produksinya.

Tabel 1. Penelitian terkait

Penelitian	Topik Bahasan	Metode	Tipe Produksi
P.S. Puspita, 2008 [6]	Penjadwalan produksi	Heuristik LCFS ⁱ	<i>Job shop</i>
V. Nadia et al., 2010 [2]	Penjadwalan produksi dan persediaan bahan baku	CDS ⁱⁱ	<i>Flow shop</i>
I. Masudi et al., 2014 [4]	Penjadwalan produksi	NEH ⁱⁱⁱ	<i>Flow shop</i>
M. Husen et al., 2015 [5]	Penjadwalan produksi	<i>Simulated Annealing</i>	<i>Job shop</i>
V.A. Sari et al., 2015 [8]	Penjadwalan produksi	CDS	<i>Flow shop</i>
N.I. Lesmana, 2016 [9]	Penjadwalan produksi	<i>Branch and Bound</i>	<i>Flow shop</i>
B.A. Irvantoro dan J. Ellyawati, 2016 [11]	Penjadwalan produksi	<i>Sequencing</i>	<i>Job Shop</i>
L. Hadiyanti dan M.T. Siregar, 2018 [7]	Perbandingan penetapan komponen produksi	Deterministik	-
Studi ini, 2019	Penjadwalan dan analisis kapasitas produksi	Deterministik	<i>Flow shop</i>

Tabel 2. Spesifikasi Kendaraan Komodo

Spesifikasi	Keterangan
Berat	5,8 ton (kosong), 7,3 ton (tempur)
Panjang	5,56 m
Lebar	2,25 m
Tinggi	2,15 m
Awak	2
Perisai	Baja
Senjata utama	Senapan mesin 7,62 mm atau 12,7 mm
Jenis Mesin	Diesel 200 HP
Daya kuda/ton	25 HP/ton
Transmisi	Manual (6 maju dan 1 mundur)
<i>Ground clearance</i>	44 cm
Kapasitas tangki	200 liter
Daya jelajah	450 km
Kecepatan	110 km/jam

3.3.1. Proses Perakitan

Stasiun perakitan disusun berdasarkan tata letak fasilitas yang mempertimbangkan urutan perakitan kendaraan. Terdapat dua jalur perakitan kendaraan yang bisa beroperasi secara paralel. Alur pembuatan kendaraan Komodo dapat digambarkan dalam diagram alir sesuai dengan yang ditunjukkan pada [Error! Reference source not](#)

[found.](#) Proses tersebut diawali dengan penerimaan *body hull* oleh bagian perakitan yang dilanjutkan dengan persiapan perakitan. Tahapan perakitan komponen kendaraan adalah dimulai dengan pemasangan *engine, cooling, suspension, steering system, transfer case, brake system*, komponen elektrik, kabel elektrik, elektrik *dashboard, interior system*, dan *exterior system*.

Tahapan selanjutnya adalah pengujian statis dan dinamis. Pada pengujian statis, kendaraan akan dinyalakan mesinnya secara stasioner. Pekerja akan memeriksa semua fungsi yang ada pada kendaraan, contohnya pemeriksaan fungsi *cooling system* dan *electrical system*. Proses uji dinamis dilakukan dengan menjalankan kendaraan untuk melalui berbagai halang rintang yang telah disediakan, contohnya uji *ramp* dengan kemiringan 30⁰, uji kebocoran dan hujan. Apabila kendaraan gagal melalui tahap pengujian, maka kendaraan akan kembali ke bagian produksi untuk dilakukan proses perbaikan pada produk. Kemudian dilakukan *finishing touch*, pemeriksaan dan pengujian akhir. Tahapan terakhir adalah serah terima kendaraan.

ⁱ Last Come First Served

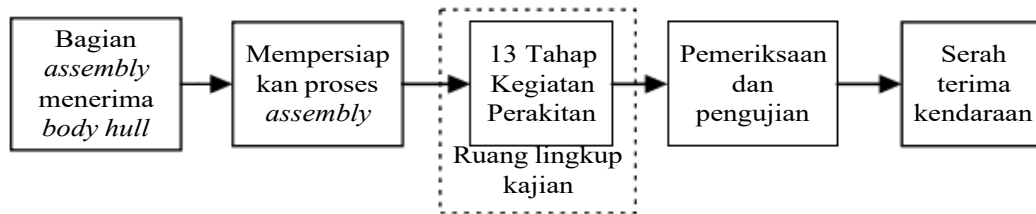
ⁱⁱ Campbell, Dudek, Smith

ⁱⁱⁱ Nawaz Ensore Ham

Secara keseluruhan terdapat 13 tahapan perakitan yang masing-masing mempunyai durasi penyelesaian pengerjaan. Ruang lingkup kajian ini adalah pada 13 tahapan perakitan tersebut.

Tabel 3 menggambarkan rincian tahapan ini berdasarkan alur proses perakitan kendaraan, kecuali aktivitas penerimaan *body hull*,

persiapan proses *assembly*, pemeriksaan akhir, dan serah terima kendaraan. Pada tabel tersebut, setiap tahapan dikodekan dengan simbol N_i dimana N adalah aktivitas perakitan tahap ke- i . Hasil observasi dan pengumpulan data ini kemudian divalidasi oleh ahli/pengawas PPIC melalui proses wawancara.



Gambar 2. Alur proses perakitan kendaraan Komodo dan ruang lingkup kajian

Tabel 3. Tiga belas Tahapan kegiatan perakitan Komodo

No	Nama Kegiatan	Aktivitas	Aktivitas yang mendahului	Waktu (Hari)
1	Pemasangan <i>Engine</i>	N1	-	2
2	Pembuatan <i>Coding</i>	N2	N1	2
3	Pemasangan <i>Suspension</i>	N3	N2	2
4	Pemasangan <i>Steering System</i>	N4	N3	2
5	Pemasangan <i>Transfercase</i>	N5	N4	2
6	Pemasangan <i>Brake System</i>	N6	N5	3
7	Pemasangan Komponen <i>Elektrical</i>	N7	N6	2
8	Pemasangan Kabel Listrik	N8	N7	2
9	Pemasangan <i>Electrical Dashboard</i>	N9	N8	2
10	Pemasangan <i>Interior System</i>	N10	N9	3
11	Pemasangan <i>Exterior System</i>	N11	N10	3
12	Pengujian Statis and Dinamis	N12	N11	3
13	<i>Finishing Touch</i>	N13	N12	2

3.4. Pengolahan Data

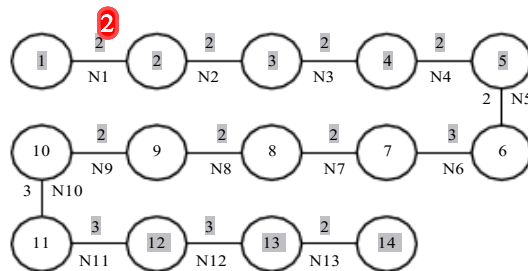
Proses pengolahan data aktivitas produksi dilakukan dengan pendekatan CPM (*Critical Path Method*). Tahapan-tahapan untuk mengimplementasikan CPM adalah sebagai berikut:

- 1) Mengidentifikasi aktivitas-aktivitas dalam kajian ini adalah aktivitas perakitan kendaraan Komodo.

- 2) Mengurutkan aktivitas sesuai dengan urutan proses perakitan.
- 3) Menggambarkan rangkaian aktivitas kedalam *network diagram*.
- 4) Melakukan perhitungan maju-mundur untuk memperhitungkan *free float* dan *total float*.
- 5) Mengidentifikasi jalur dan aktivitas kritis.

Hasil dari langkah 1 dan 2 di atas terlihat seperti pada

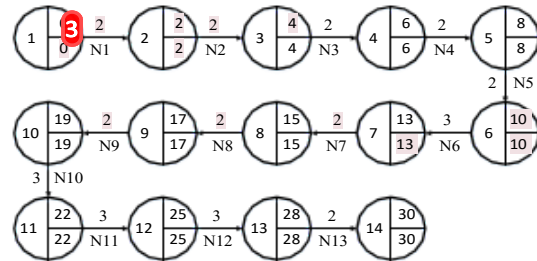
Tabel 3. Setelah waktu proses setiap perakitan komponen kendaraan Komodo diketahui, maka dapat digunakan untuk mengetahui aktivitas yang mendahului aktivitas lainnya. Tahapan ini dapat dilakukan dengan menyusun sebuah Diagram panah (*Network diagram*) seperti terlihat pada **Gambar 3**. Pada diagram tersebut, *node* menunjukkan *event* atau *milestone* yang menggambarkan sebuah batas waktu dimana sebuah aktivitas dimulai atau diakhiri. Sedangkan *edge* menunjukkan aktivitas dan sekaligus durasi waktunya. Setiap *event* digambarkan sebagai sebuah *node* yang dihubungkan oleh *edge*. Misal, aktivitas perakitan *Engine* yang dikodekan dengan N1 membutuhkan waktu pengerjaan selama 2 hari. Maka pertama digambar *node* 1 yang merupakan aktivitas awal yaitu penerimaan *body hull* dan persiapan perakitan. Kemudian dibuat *node* 2 sebagai tanda atau *milestone* bahwa aktivitas N1 telah selesai dikerjakan. Kode aktivitas dan durasinya dilekatkan pada *edge* untuk memudahkan identifikasi dan penyusunan diagram selanjutnya. Secara keseluruhan terdapat 14 *node* dan 13 *edge* sebagai deskripsi dari urutan aktivitas perakitan.



Gambar 3. *Network Diagram* perakitan kendaraan Komodo

Tabel 4. Perhitungan waktu perakitan

Aktivitas	Durasi (hari)	Paling cepat		Paling lambat		Free Float	Total Float
		Mulai ES	Selesai EF	Mulai LS	Selesai LF		
(1,2)	2	0	2	0	2	0	0
(2,3)	2	2	4	2	4	0	0
(3,4)	2	4	5	4	5	0	0
(4,5)	2	6	8	6	8	0	0
(5,6)	2	8	10	8	10	0	0



Gambar 4. Perhitungan Waktu *Network Diagram*

Network diagram pada **Gambar 4** digunakan untuk membantu dalam proses perhitungan maju dan perhitungan mundur. Pada diagram ini, dalam satu *node* terbagi menjadi tiga bagian. Setengah lingkaran kiri merupakan indikator urutan aktivitas sebagaimana **Gambar 3**. Kemudian bagian kanan atas menunjukkan waktu *Earliest Start* (ES) dimana sebuah aktivitas dapat dimulai setelah aktivitas sebelumnya selesai. Sedangkan pada bagian kanan bawah menunjukkan waktu *Latest Finish* (LF) dimana sebuah aktivitas sebelumnya harus terselesaikan. Perhitungan jalur kritis biasa disebut juga dengan perhitungan maju mundur, dimulai dengan menentukan nilai *ES* terlebih dahulu untuk semua *node* mulai dari *node* pertama hingga *node* ke-14. Nilai awal *ES* untuk *node* pertama adalah 0, kemudian untuk nilai *ES* *node* selanjutnya adalah dengan menambahkan durasi aktivitas.

Aktivitas	Durasi (hari)	Paling cepat		Paling lambat		Free Float	Total Float
		Mulai ES	Selesai EF	Mulai LS	Selesai LF		
(6,7)	3	10	13	10	13	0	0
(7,8)	2	13	15	13	15	0	0
(8,9)	2	15	17	15	17	0	0
(9,10)	2	17	19	17	19	0	0
(10,11)	3	19	22	19	22	0	0
(11,12)	3	22	25	22	25	0	0
(12,13)	3	25	28	25	28	0	0
(13,14)	2	28	30	28	30	0	0

Setelah semua *ES* dihitung, proses selanjutnya adalah menentukan nilai *LF*. Perhitungannya dilakukan secara mundur dari node terakhir dengan mengurangkan durasi, dimana nilai *LF* pada *node* ke-14 sama dengan nilai *ES* pada *node* tersebut. [Tabel 4](#) merinci hasil perhitungan *ES*, *EF*, *LS*, dan *LF* dimana pada kolom aktivitas menunjukkan kaitan antara *node* satu dengan *node* lainnya. Misal (1, 2) adalah menggambarkan rangkaian aktivitas dari *node* 1 ke *node* 2.

Setelah perhitungan maju dan perhitungan mundur selesai, langkah selanjutnya adalah perhitungan (*Float/Slack*) dari aktivitas-aktivitas tersebut yang terdiri atas *total float* dan *free float*. *Free float* adalah jumlah waktu dimana sebuah aktivitas dapat ditunda tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari dimulainya aktivitas yang lain atau saat paling cepat terjadinya kegiatan lain dalam suatu jalur proses produksi. Sedangkan *Total float* adalah jumlah waktu dimana waktu penyelesaian suatu aktivitas dapat diundur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari penyelesaian proyek secara keseluruhan. Nilai *free float* dan *total float* dapat dihitung dengan persamaan (1) dan (2). Berdasarkan perhitungan yang ada ([Error! Reference source not found.](#)), baik nilai *free float* maupun *total float* keduanya adalah 0. Hal ini mengindikasikan bahwa semua aktivitas bersifat kritis atau tidak bisa ditunda.

$$Free\ float = ES_{next\ activity} - EF \quad (1)$$

$$Total\ Float = LS - ES \quad (2)$$

Selain itu terdapat pula perhitungan *EF* (*Earliest Finish*) dan *LF* (*Late Finish*). *EF* adalah waktu paling awal sebuah aktivitas dapat diselesaikan, sedangkan *LF* adalah waktu paling akhir sebuah aktivitas dapat diselesaikan.

Suatu aktivitas yang tidak memiliki kelonggaran disebut aktivitas kritis [5]. Pada proses perakitan kendaraan Komodo, seluruh urutan aktivitasnya merupakan aktivitas kritis karena sudah terdapat *standard line* baku pada proses perakitannya. Aktivitas-aktivitas kritis ini akan membentuk lintasan kritis yang biasanya dari awal dimulai suatu proses sampai akhir proses.

3.5. Analisis

3.5.1. Analisis Waktu Perakitan

Proses perakitan dilakukan setiap hari kerja pada stasiun kerja perakitan divisi kendaraan khusus, maka penting untuk mengetahui berapa jumlah kapasitas produksi kendaraan Komodo dalam waktu 1 tahun produksi. Sehingga bisa dijadikan acuan untuk penjadwalan, alokasi sumber daya, maupun perencanaan pemesanan komponen kendaraan. Untuk mengetahui kapasitas produksi kendaraan Komodo selama 1 tahun, maka perlu melihat jadwal proses perakitan kendaraan Komodo di stasiun kerja perakitan divisi kendaraan khusus PT. XYZ.

Proses perakitan di perusahaan ini mempunyai 2 jalur produksi dengan jalur produksi serial. Sehingga secara paralel, perusahaan dapat memproduksi 2 kendaraan pada waktu bersamaan. Pada penelitian ini dilakukan simulasi perhitungan waktu

perakitan untuk memproduksi 6 unit kendaraan yang terbagi menjadi tiga jadwal perakitan berurutan dengan masing-masing jadwal memproduksi 2 unit kendaraan. Tujuannya adalah untuk mengetahui jeda atau selisih waktu produksi untuk dapat

memulai produksi kendaraan selanjutnya. Awal waktu perakitan diasumsikan dimulai pada hari ke-1 dan untuk setiap tahapan perakitan dihitung hari mulai dan hari penyelesaiannya.

Tabel 5. Produksi 2 unit pertama kendaraan Komodo

No	Nama Kegiatan	Aktivitas	Aktivitas yang mendahului	Hari ke-
1	Pemasangan <i>Engine</i>	N1	-	1-2
2	Pembuatan <i>Coding</i>	N2	N1	3-4
3	Pemasangan <i>Suspension</i>	N3	N2	5-6
4	Pemasangan <i>Steering System</i>	N4	N3	7-8
5	Pemasangan <i>Transfercase</i>	N5	N4	9-10
6	Pemasangan <i>Brake System</i>	N6	N5	11-13
7	Pemasangan Komponen <i>Elektrical</i>	N7	N6	14-15
8	Pemasangan Kabel Listrik	N8	N7	16-17
9	Pemasangan <i>Electrical Dashboard</i>	N9	N8	18-19
10	Pemasangan <i>Interior System</i>	N10	N9	20-22
11	Pemasangan <i>Exterior System</i>	N11	N10	23-25
12	Pengujian Statis and Dinamis	N12	N11	26-28
13	<i>Finishing Touch</i>	N13	N12	29-30

Tabel 6. Produksi 2 unit kedua kendaraan Komodo

No	Nama Kegiatan	Aktivitas	Aktivitas yang mendahului	Hari Ke-
1	Pemasangan <i>Engine</i>	N1	-	3-4
2	Pembuatan <i>Coding</i>	N2	N1	5-6
3	Pemasangan <i>Suspension</i>	N3	N2	7-8
4	Pemasangan <i>Steering System</i>	N4	N3	9-10
5	Pemasangan <i>Transfercase</i>	N5	N4	11-12
6	Pemasangan <i>Brake System</i>	N6	N5	14-16
7	Pemasangan Komponen <i>Elektrical</i>	N7	N6	17-18
8	Pemasangan Kabel Listrik	N8	N7	19-20
9	Pemasangan <i>Electrical Dashboard</i>	N9	N8	21-22
10	Pemasangan <i>Interior System</i>	N10	N9	23-25
11	Pemasangan <i>Exterior System</i>	N11	N10	26-28
12	Pengujian Statis and Dinamis	N12	N11	29-31
13	<i>Finishing Touch</i>	N13	N12	32-33

Tabel 7. Produksi 2 unit ketiga kendaraan Komodo

No	Nama Kegiatan	Aktivitas	Aktivitas yang mendahului	Hari Ke-
1	Pemasangan <i>Engine</i>	N1	-	5-6
2	Pembuatan <i>Coding</i>	N2	N1	7-8

No	Nama Kegiatan	Aktivitas	Aktivitas yang mendahului	Hari Ke-
3	Pemasangan <i>Suspension</i>	N3	N2	9-10
4	Pemasangan <i>Steering System</i>	N4	N3	11-12
5	Pemasangan <i>Transfercase</i>	N5	N4	13-14
6	Pemasangan <i>Brake System</i>	N6	N5	17-19
7	Pemasangan Komponen <i>Elektrical</i>	N7	N6	20-21
8	Pemasangan Kabel Listrik	N8	N7	22-23
9	Pemasangan <i>Electrical Dashboard</i>	N9	N8	24-25
10	Pemasangan <i>Interior System</i>	N10	N9	26-27
11	Pemasangan <i>Exterior System</i>	N11	N10	28-31
12	Pengujian Statis and Dinamis	N12	N11	32-34
13	<i>Finishing Touch</i>	N13	N12	35-36

3.5.1.1. Produksi 2 Unit Pertama

Proses perakitan 2 unit pertama dimulai pada hari ke-1. Berdasarkan perhitungan jadwal yang ditunjukkan pada Tabel 5, maka perusahaan dapat menyelesaikan proses perakitan 2 unit pertama kendaraan Komodo dengan melalui 13 tahapan. Waktu yang diperlukan untuk pengerjaan proses perakitan tersebut adalah selama 30 hari yang dimulai dari hari pertama hingga hari ke-30.

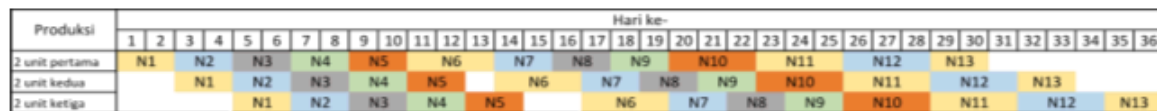
3.5.1.2. Produksi 2 Unit Kedua

Selanjutnya secara berurutan dilanjutkan dengan produksi 2 unit kendaraan yang kedua. Pada [Tabel 6](#) menunjukkan jadwal penyelesaian proses perakitan 2 unit kedua kendaraan Komodo. Diperlukan waktu yang

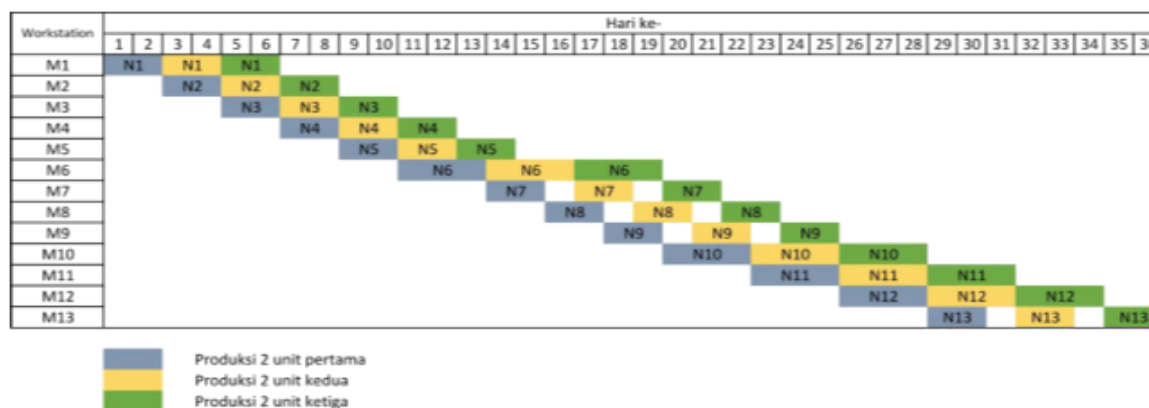
sama yaitu 30 hari yang dimulai dari hari ke-3 hingga hari ke-33 dengan melalui 13 tahapan. Proses perakitan baru dimulai pada hari ketiga karena menunggu penyelesaian pengerjaan perakitan *engine* pada produksi 2 unit pertama yang baru selesai pada hari ke-2.

3.5.1.3. Produksi 2 Unit Ketiga

Kemudian [Tabel 7](#) menunjukkan penjadwalan perusahaan untuk dapat menyelesaikan perakitan 2 unit ketiga kendaraan Komodo. Waktu yang dibutuhkan sama yaitu selama 30 hari yang dimulai dari hari ke-5 hingga hari ke-36 dengan melalui 13 tahapan. Pengerjaan perakitan 2 unit ketiga baru bisa dimulai pada hari kelima karena menunggu penyelesaian perakitan 2 unit pertama dan 2 unit kedua.



Gambar 5. Penjadwalan produksi 6 unit kendaraan terbagi dalam 3 jadwal secara berurutan



Gambar 6. Penjadwalan produksi dari sisi workstation

3.5.2. Analisis Penjadwalan

Berdasarkan hasil perhitungan penjadwalan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7 maka dapat disusun gantt chart jadwal produksi 6 unit kendaraan yang terbagi dalam 3 jadwal secara berurutan. Gambar 5 memperlihatkan hasil penjadwalan tersebut. Dari gambar tersebut terlihat bahwa ketika proses produksi 2 unit kedua, terdapat jeda waktu selama satu hari setelah kendaraan perakitan N5 (Pemasangan Transfercase) karena harus menunggu proses N6 (Pemasangan Brake System) untuk produksi yang 2 unit pertama selesai. Jeda tersebut bertambah satu hari lagi pada produksi 2 unit ketiga. Pola ini akan berulang untuk produksi selanjutnya.

Kemudian jika dilihat dari sisi workstation, penjadwalan proses produksi akan terlihat Tabel 4, maupun hasil penjadwalan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6, terlihat bahwa semua aktivitas perakitan (N1-N13) adalah aktivitas kritis. Sehingga setiap tahapan perakitan harus bisa diselesaikan tepat waktu agar tidak mengakibatkan keterlambatan yang beruntun.

3.5.3. Analisis Kapasitas Produksi

Dengan merujuk pada data simulasi penjadwalan proses perakitan kendaraan sebelumnya, ditemukan bahwa untuk memproduksi 2 unit kendaraan Komodo membutuhkan waktu selama 30 hari. Proses

seperti pada Gambar 6 dimana M1-M13 adalah workstation untuk melakukan perakitan N1-N13. Hasil penjadwalan tersebut memperlihatkan bahwa pada produksi kendaraan 2 unit kedua dan ketiga terdapat waktu idle workstation selama satu hari masing-masing untuk M7, M8, M9 dan M13 sebelum mulai perakitan 2 unit kedua dan ketiga. Hal ini dikarenakan menunggu penyelesaian perakitan N6 (Pemasangan Brake System) unit pertama, sehingga menyebabkan keterlambatan pada produksi unit selanjutnya. Begitu juga dengan workstation M13 yang baru bisa menjalankan perakitan N13 (Finishing Touch) 2 unit kedua selang satu hari setelah selesai memproduksi 2 unit yang pertama.

Berdasarkan perhitungan free float di

perakitan tersebut meliputi pemasangan mesin sampai pengujian dan Finishing Touch. Kemudian hasil simulasi pejadwalan juga menunjukkan bahwa untuk memproduksi 2 unit kendaraan berikutnya diperlukan waktu jeda selama 3 hari setelah proses perakitan 2 unit sebelumnya.

Untuk menghitung kapasitas produksi perusahaan selama 1 tahun, digunakan beberapa asumsi sebagai berikut:

- 1 bulan = 21 hari
- 1 tahun = 12 bulan

maka $T = 21 \text{hari} \times 12 \text{bulan} = 252 \text{hari}$, dimana T adalah Waktu efektif kerja. Asumsi selanjutnya adalah bahwa proses produksi dilakukan secara parallel di kedua jalur produksi dan terus menerus dalam kurun waktu 252 hari. Kemudian untuk mencari jumlah kapasitas produksi kendaraan Komodo, kita harus mengetahui jumlah hari tersisa setelah produksi 2 unit pertama, yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

$$W = T - C \quad (3)$$

Dimana W adalah jumlah hari tersisa, T adalah waktu efektif kerja, dan C adalah waktu penyelesaian produksi 2 unit pertama. Maka $W = 252 - 30 = 222$ hari.

Setelah mengetahui nilai W , maka kapasitas produksi selama 1 tahun (P) dapat dihitung dengan cara:

$$P = \frac{W \times L}{s} \quad (4)$$

Dimana W adalah jumlah hari tersisa dan s adalah *span* atau jeda waktu sebelum bisa memproduksi 2 unit berikutnya. Sedangkan L adalah jumlah jalur produksi yang dimiliki perusahaan, yaitu sebanyak 2 jalur. Maka nilai $P = \frac{222 \times 2}{3} = 148$ unit.

Dengan menambahkan hasil produksi pada 30 hari pertama, maka total nilai P selama 252 hari yaitu $148 + 2 = 150$ unit.

Ketika permintaan produksi maksimal, maka pola penjadwalan produksi akan terlihat seperti Gambar 5 dan Gambar 6. Penting sekali bagi perusahaan untuk mengetahui kapasitas produksinya. Menurut Suprpto, evaluasi kapasitas produksi dan efisiensi biaya mempunyai pengaruh secara parsial dan simultan terhadap kelancaran proses produksi [14]. Terlebih lagi dalam hal perencanaan pengadaan bahan baku perusahaan dengan sistem *make-to-order*, kapasitas produksi berperan utama untuk

menentukan jadwal dan jumlah pengadaan komponen dan bahan baku.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa kapasitas produksi kendaraan Komodo dengan metode penjadwalan deterministik di PT. XYZ, diperoleh kesimpulan bahwa dengan dua jalur produksi yang dimilikinya, kapasitas produksi kendaraan Komodo dalam kurun waktu 1 tahun adalah sebanyak 150 unit dengan 74 unit di setiap jalur produksi dalam kurun waktu 252 hari. Untuk melakukan produksi kendaraan secara berurutan dibutuhkan jeda waktu selama 3 hari sebelum proses perakitan selanjutnya bisa dimulai. Kemudian berdasarkan analisa penjadwalan terlihat bahwa seluruh aktivitas atau tahapan perakitan merupakan aktivitas kritis. Sehingga setiap tahapan harus bisa diselesaikan tepat waktu guna menghindari keterlambatan proses produksi. Hal ini terlihat bahwa dari 13 *workstation* yang ada hanya ada 4 *workstation* yang mengalami *idle* selama masing-masing satu hari. Dengan *layout* dan urutan system perakitan yang ada, tentu saja sulit untuk bisa menghasilkan produksi maksimal, karena ketika terjadi kegagalan pada satu tahapan, proses produksi untuk kendaraan berikutnya akan terhambat.

Merujuk pada hasil dan pembahasan di atas, maka berikut adalah beberapa rekomendasi yang patut dipertimbangkan oleh perusahaan:

1. Memperhitungkan probabilitas keterlambatan pada aktivitas kritis. Sehingga perusahaan dapat menyusun perencanaan untuk mitigasi keterlambatan proses produksi.
2. Mempertimbangkan ulang *layout* lintasan produksi, misalnya dengan menggunakan simulasi. Sehingga dapat mengoptimalkan lintasan yang sudah ada sekaligus dapat mengurangi aktivitas kritis. Karena keseimbangan lintasan produksi

dapat berpengaruh pada kapasitas produksi [15].

Penghitungan kapasitas produksi di atas masih belum mempertimbangkan untuk memasukkan probabilitas perawatan dan kegagalan tahapan perakitan. Jika mempertimbangkan kedua hal tersebut, maka kapasitas produksi bisa dimungkinkan

menurun, namun jauh tingkat kesesuaiannya lebih baik. Hasil dari kajian ini masih belum dapat digunakan untuk mengukur tingkat kinerja dari sistem produksi yang ada secara komprehensif. Pertimbangan faktor-faktor tersebut dapat dijadikan dasar untuk mengembangkan penelitian lebih lanjut.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Baker, *Introduction To Sequencing and Scheduling*. New York: Jhon Willey and Sons. Inc, 1974.
- [2] V. Nadia, D. R. S. Dewi, and M. E. Sianto, “Penjadwalan produksi dan perencanaan persediaan bahan baku di pt. wahana lentera raya,” *Widya Tek.*, vol. 9, no. 2, pp. 179–192, 2010.
- [3] K. R. Baker and D. Trietsch, *Principles of sequencing and scheduling*. John Wiley & Sons, 2013.
- [4] I. Masudin, D. M. Utama, and F. Susastro, “Penjadwalan Flowshop Menggunakan Algoritma Nawaz Enscore Ham,” 2014.
- [5] M. Husen, I. Masudin, and D. M. Utama, “Penjadwalan job shop statik dengan metode simulated annealing untuk meminimasi waktu makespan,” *Spektrum Ind.*, vol. 13, 2015.
- [6] P. S. Puspita, “Analisis Perbandingan Pada Penjadwalan Job Untuk Ketepatan Waktu Proses,” *J. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 1, pp. 12–22, 2008.
- [7] L. Hadiyanti and M. T. Siregar, “Penentuan Frekuensi Pemesanan Komponen Lensa Kamera Menggunakan Metode Deterministik Dinamis Untuk Meminimalisasi Biaya Persediaan Pada Pt Xacti Indonesia,” *J. Manaj. Ind. Dan Logist.*, vol. 2, no. 2, pp. 192–205, 2018.
- [8] V. A. Sari, D. D. Damayanti, and W. Juliani, “Penjadwalan Produksi Dengan Mempertimbangkan Ukuran Lot Transfer Batch Untuk Minimasi Makespan Komponen Isolating Cock Di Pt Pindad,” *JRSI J. Rekayasa Sist. Dan Ind.*, vol. 2, no. 04, pp. 74–81, 2015.
- [9] N. I. Lesmana, “Penjadwalan Produksi Untuk Meminimalkan Waktu Produksi Dengan Menggunakan Metode Branch And Bound,” *J. Tek. Ind.*, vol. 17, no. 1, pp. 42–50, 2016.
- [10] “PT. Pindad (Persero) - Kendaraan Khusus.” [Online]. Available: <https://www.pindad.com/special-vehicles>. [Accessed: 09-Jun-2019].
- [11] B. A. Irvantoro and J. Ellyawati, “Penerapan Metode Asas Prioritas Pada Proses Produksi Studi Pada Koperasi Batur Jaya, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah,” *Univ. Atma Jaya Yogyakarta.*, pp. 1–11, 2016.
- [12] J. Heizer, B. Render, C. Munson, and A. Sachan, *Operations management: sustainability and supply chain management, 12/e*. Pearson Education, 2017.
- [13] Y. Takakura, T. Yajima, Y. Kawajiri, and S. Hashizume, “Application of critical path method to stochastic processes with historical operation data,” *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 149, pp. 195–208, Sep. 2019.

- [14] H. Suprpto, “Evaluasi Kapasitas Produksi Dan Efisiensi Biaya Terhadap Kelancaran Proses Produksi Pada PT. Cahaya Indah Madya Pratama,” *J. Manaj.*, vol. 1, no. 1, p. 9 Halaman, Feb. 2016.



Luthfi Bagus Adityo

Penulis adalah mahasiswa program studi Teknik Industri Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.

- [15] H. Ahyadi, R. Saputra, and E. Suhartanto, “Analisis Keseimbangan Lintasan Untuk Meningkatkan Proses Produksi Pada Air Mineral Dalam Kemasan,” *Bina Tek.*, vol. 11, no. 2, pp. 139–148, Aug. 2017.

Biografi Penulis



**Wahyu Andy Prastyabudi,
S.Kom., M.Sc.**

Penulis menempuh Pendidikan S1 jurusan Sistem Informasi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan lulus pada tahun 2009. Kemudian melanjutkan studi S2 pada tahun 2013 di Pusan National University, Korea Selatan jurusan Teknik Industri dengan mengambil fokus riset pada data analisis port operations. Saat ini penulis menjalankan tugas sebagai staff pengajar di Institut Teknologi Telkom Surabaya pada Program Studi Teknik Industri.



Okka Adiyanto, S.T.P., M.Sc.

Penulis menempuh Pendidikan S1 jurusan Teknik Pertanian di Universitas Gajah Mada dan lulus pada tahun 2014. Kemudian melanjutkan studi jenjang S2 di Pusan National University, Korea Selatan dengan bidang Bio-Industrial Machinery Engineering. Saat ini penulis menjalankan tugas sebagai staff pengajar pada prodi Teknik Industri di Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.