

ANALISIS PENYEBAB KETERLAMBATAN PRODUKSI DAN SIMULASI PENJADWALAN BERBASIS *LINEAR PROGRAMMING* DI PT CS

ANALYSIS OF PRODUCTION DELAY CAUSES AND SCHEDULING SIMULATION BASED ON LINEAR PROGRAMMING AT PT CS

¹Ni Luh Dian Purnami*, ²Mia Juliana, ³Nyoman Putri Ari Amelinda

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, ³QHSE PT CS

¹dianpurnami714@gmail.com, ²mia.juliana@unud.ac.id

INFO ARTIKEL

Disetujui: 06 Agustus 2025

doi:10.24843/JRATI.2025.v03.i01.p13
page: 92-102

Kata Kunci: keterlambatan ; produksi;
simulasi; penjadwalan;
linear programming; optimisasi

Keywords:
delay; production; simulation;
scheduling; linear programming;
optimization

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan produksi dan menyusun simulasi penjadwalan berbasis linear programming pada PT CS, sebuah perusahaan inflight catering di Indonesia. Permasalahan keterlambatan berpotensi menyebabkan kontaminasi makanan akibat ketidaksesuaian suhu penyimpanan serta mengganggu ketepatan waktu keberangkatan pesawat. Penelitian dilakukan melalui observasi langsung, wawancara, dokumentasi, dan pengumpulan data kuantitatif dari aktivitas produksi khususnya pada stasiun kerja *hot dishing*. Analisis akar masalah dilakukan dengan diagram fishbone dan metode Risk Priority Number (RPN) untuk mengidentifikasi faktor dominan penyebab keterlambatan, yaitu kekurangan tenaga kerja tetap dan tidak adanya penjabaran waktu per aktivitas. Selanjutnya, dilakukan simulasi penjadwalan menggunakan pendekatan linear programming. Tiga skenario alokasi tenaga kerja (8, 6, dan 4 kelompok kerja) dianalisis untuk memperoleh waktu optimal pemrosesan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pengelompokan 8 pekerja ke dalam 4 kelompok kerja menghasilkan waktu paling optimal sebesar 1205,49 detik, dibandingkan skenario lainnya. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pendekatan sistematis dalam identifikasi akar masalah dan simulasi berbasis optimasi matematika mampu memberikan solusi efektif dalam pengurangan keterlambatan produksi. Rekomendasi selanjutnya mencakup perumusan standar waktu operasional dan evaluasi kompetensi tenaga kerja secara berkala.

ABSTRACT

This study aims to identify the causes of production delays and develop a scheduling simulation based on linear programming at PT CS, an inflight catering company in Indonesia. Production delays pose risks such as microbial contamination due to improper food storage temperatures and can impact aircraft departure punctuality. The research was conducted through direct observation, unstructured interviews, documentation, and quantitative data collection focused on the hot dishing workstation. Root cause analysis was performed using a fishbone diagram and Risk Priority Number (RPN) to determine dominant delay factors, notably the lack of permanent employees and the absence of detailed time allocation for each task. A scheduling simulation was then carried out using linear programming. Three workforce allocation scenarios (8, 6, and 4 working groups) were analyzed to determine optimal processing time. The results showed that assigning 8 workers into 4 grouped tasks produced the most efficient time of 1205.49 seconds, outperforming the other scenarios. This research concludes that a systematic approach in identifying root causes combined with mathematical optimization methods can effectively reduce production delays. Future recommendations include establishing standardized operational timeframes and conducting regular workforce competency evaluations.

*Corresponding author: dianpurnami714@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Optimalisasi produksi merupakan faktor esensial dalam berbagai sektor industri. Meskipun alur produksi tersusun sistematis, akan tetap timbul potensi-potensi permasalahan

dalam pelaksanaannya. Salah satu permasalahan yang lumrah terjadi adalah keterlambatan dengan persentase sebesar 30% [1]. Menurut Journal of the Academy of Marketing Science, menyatakan bahwa perencanaan yang buruk dan penjadwalan yang tidak efektif dapat menjadi faktor penyebab keterlambatan dalam proses produksi [2]. Hal ini sejalan dengan penelitian yang bertajuk *Total Quality*

ANALISIS PENYEBAB KETERLAMBATAN PRODUKSI DAN SIMULASI PENJADWALAN BERBASIS *LINEAR PROGRAMMING* DI PT CS

Management (TQM) Practices and Operational Performance in Manufacturing Company, menjelaskan bahwa perusahaan yang menerapkan praktik manajemen kualitas total (TQM) yang baik, termasuk perencanaan dan penjadwalan yang efektif, cenderung mengalami tingkat keterlambatan yang rendah [3].

Faktor penyebab keterlambatan tentu memiliki akar permasalahan yang berbeda di tiap sektor. Namun, dampak dari permasalahan ini tentu merugikan, baik bagi pihak internal ataupun eksternal. Berdasarkan perspektif internal, keterlambatan dapat menyebabkan pemborosan waktu dan sumber daya serta menurunkan motivasi kerja. Dari sisi eksternal, keterlambatan dapat merusak kualitas produk yang dihasilkan, merusak reputasi perusahaan, hingga berdampak negatif pada profitabilitas perusahaan [4].

Permasalahan ini juga terjadi pada sektor *inflight catering*, PT CS. PT CS merupakan salah satu perusahaan dalam industri catering penerbangan di Indonesia yang setiap harinya memproses ribuan porsi makanan dengan variasi menu beragam sesuai dengan permintaan tiap maskapai penerbangan. Aktivitas kerja pada PT CS dimulai dari penerimaan barang, cuci dan sanitasi, *preparation precook, cooking, blast chilling, storage* untuk makanan yang sudah dimasak, *preparation* per porsi, *storage* untuk makanan yang siap disajikan, *dishing, meal tray set up, storage – final holding*, hingga transportasi pada pesawat.

Kompleksnya alur kerja pada PT CS tentunya bergantung pada penjadwalan kerja, koordinasi antar tim, dan alokasi sumber daya manusia yang berkompeten di bidangnya. Melayani 21 jenis maskapai lokal dan internasional, tentunya PT CS memiliki standar kualitas yang harus diimplementasikan di tiap prosesnya, termasuk faktor waktu. Semakin tinggi waktu tunggu makanan di luar ruangan, semakin tinggi pula suhu pada makanan. Jika suhu makanan terlampaui tinggi, lebih dari 15°C, maka makanan harus dimasukan kembali pada *chiller* atau bahkan dimusnahkan. Kondisi ini sering terjadi pada stasiun kerja *hot dishing*, ketika komponen menu disajikan untuk dilakukan pemorsian dan pengemasan. Tidak hanya itu, faktor waktu juga sering mempengaruhi aktivitas pada stasiun kerja *meal tray set up* (MTSU) atau proses penataan makanan. Hal ini berpengaruh, sebab makanan harus didiamkan selama minimal 4 jam pada *holding room*.

Kondisi keterlambatan ini terlihat ketika penulis melakukan pengambilan data di stasiun kerja *hot dishing* pada menu *FSS* milik maskapai *X Airlines*.

Tabel 1. Data Keterlambatan Hasil Produksi

Tanggal	Kuantiti	Waktu Mulai	Waktu Selesai	Selisih Waktu	ETD	Selisih
1-Feb	100	10:43	11:20	2220	15:45	4:25
2-Feb	84	11:17	12:32	4500	15:45	3:13
3-Feb	92	11:04	11:50	2760	15:45	3:55
5-Feb	80	09:38	10:18	2400	15:45	5:27

Berdasarkan empat data diatas, pada tanggal 2 Februari dan 3 Februari dinyatakan mengalami keterlambatan sedangkan pada tanggal 1 Februari dan 5 Februari sesuai dengan standar pemorsian dan ketepatan waktu selesai pemorsian. Sebab harus ada dua standar yang wajib ditaati, yaitu waktu maksimal pemorsian selama 2700 detik dan minimal waktu makanan pada *chiller* MTSU adalah empat jam. Keterlambatan terhitung pada selisih antara waktu selesai proses dengan ETD (perkiraan waktu keberangkatan

pesawat). Jika kurang dari empat jam, maka dinyatakan terlambat.

Berdasarkan wawancara singkat pada pekerja di bagian *hot dishing*, menyebutkan bahwa hal ini kerap terjadi. Tim *handling* yang bertugas untuk membawa makanan dari *hot dishing* ke MTSU, terkadang meminta pekerja *hot dishing* untuk segera menyelesaikan pemorsian karena mengejar target waktu keberangkatan pesawat. Kondisi ini terkadang memberikan tekanan berlebih, terutama pada siswa atau mahasiswa yang melakukan praktik kerja lapangan yang tentunya belum ahli untuk melakukan aktivitas tersebut.

Adanya ketergantungan yang terikat pada satu aktivitas ke aktivitas lainnya hingga kompleksnya akar penyebab permasalahan membuat kondisi ini perlu untuk dianalisis dan diidentifikasi kembali. Diperlukan pendekatan yang sistematis untuk menguraikan proses dan potensi keterlambatan di dalamnya. Oleh karena itu, laporan ini menggunakan penjabaran permasalahan dengan *root cause diagram*. Selain itu, karena permasalahan utamanya berhubungan dengan waktu, penulis menerapkan *linear programming* yang menjabarkan waktu di tiap uraian proses hingga nantinya menghasilkan rekomendasi penambahan ataupun pengurangan tenaga kerja yang didasari oleh beban kerja pada aktivitas tersebut.

II. TINJAUAN LITERATUR

Keterlambatan produksi merupakan salah satu permasalahan sistemik dalam operasional industri, baik manufaktur atau jasa. Permasalahan ini pada akhirnya akan berpengaruh terhadap performa operasional, efisiensi sumber daya, dan kepuasan pelanggan. Sejalan dengan hal tersebut, penelitian oleh Nugroho, Pramukti, dan Setyaningrum di tahun 2025 juga menilik persoalan keterlambatan. Penelitian bertajuk Optimasi Keuntungan pada Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) Pempek Cik Lin Menggunakan Model Interger Linear Programming dan Software Lingo, dilakukan dengan metode yang berdasar pada *linear programming* dengan metode simpleks secara manual dan software *Lingo* [4]. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi produksi yang paling menguntungkan dengan memanfaatkan keterbatasan bahan baku secara optimal. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan software *Lingo* mampu memberikan keuntungan lebih besar dibanding metode manual. Namun penelitian tersebut belum mengeksplorasi potensi penyebab rendahnya keuntungan yang dimaksud dan hanya fokus ke keterbatasan bahan baku.

Selaras dengan penelitian tersebut, penulis menyertakan dasar teori yang memperkuat penjabaran pembahasan, sebagai berikut:

A. Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi adalah proses perencanaan dan pengaturan waktu produksi agar setiap aktivitas dalam sistem produksi berjalan efisien dan sesuai dengan permintaan. Dalam buku *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management* mendefinisikan tujuan penjadwalan produksi dapat mengalokasikan sumber daya, baik dari mesin, tenaga kerja, dan bahan baku, secara optimal untuk memenuhi target produksi [5]. Tidak hanya berdampak pada pemenuhan target, dalam buku yang

bertajuk *Production and Operations Analysis* menjabarkan bahwa penjadwalan produksi juga bertujuan untuk meminimalkan waktu produksi serta mengurangi waktu tunggu dan keterlambatan sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan kepuasan pelanggan karena perusahaan dapat memenuhi tenggat waktu yang disepakati [6].

Selain berfokus pada jenis-jenis penjadwalan produksi, penting untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi penjadwalan produksi. Faktor utama dalam penjadwalan produksi adalah kapasitas produksi dari setiap perusahaan, tenaga kerja, variasi permintaan, ketergantungan antar proses, hingga keterbatasan waktu [7]. Model dan metode penjadwalan juga dapat disesuaikan dengan fungsi tujuan dan kendala yang dihadapi oleh perusahaan, sebagai berikut:

1. Gantt Chart: digunakan untuk memvisualisasikan urutan dan durasi dalam aktivitas produksi sehingga mampu untuk mengidentifikasi keterlambatan
2. Critical Path Method: digunakan untuk menentukan jalur kritis dalam produksi. Sederhananya aktivitas yang tidak boleh tertunda ataupun dilakukan terlebih dahulu agar proyek tetap berjalan sesuai jadwal
3. *Program Evaluation and Review Technique* (PERT): metode ini menggunakan probabilitas untuk menentukan waktu penyelesaian produksi [8].
4. Linear Programming: metode ini diaplikasikan untuk mengoptimalkan penjadwalan produksi dengan kendala tertentu, baik minimasi ataupun maksimasi [9].

B. Optimasi Tenaga Kerja

Optimasi tenaga kerja adalah proses alokasi dan pengelolaan tenaga kerja untuk meningkatkan efisiensi operasional [10]. Tidak hanya mempertimbangkan kuantitas tenaga kerja tetapi juga motivasi dan kompetensi masing-masing tenaga kerja. Jika ditelaah kembali, optimasi tenaga kerja selaras dengan beban kerja yang dialami oleh tenaga kerja. Jika ketidakseimbangan antara tenaga kerja dengan beban kerja dapat menciptakan dua kondisi, yaitu *understaffing* atau tenaga kerja kewalahan, efisiensi menurun, dan akibatnya risiko keterlambatan meningkat [11]. Kondisi kedua adalah *overstaffing* yaitu sebuah kondisi biaya tenaga kerja meningkat tanpa peningkatan produktivitas. Beban kerja yang sesuai dengan konteks ini adalah beban kerja secara fisik, mental, dan waktu.

C. Root Cause Analysis

Root Cause Analysis (RCA) adalah metode untuk mengidentifikasi penyebab utama suatu masalah dalam sistem ataupun proses secara sistematis. Metode ini mampu menggali faktor-faktor penyebab permasalahan bukan hanya berfokus pada akibat ataupun dampak yang timbul dari proses. Tidak hanya itu, RCA juga dilakukan dengan tahapan analisis yang logis, terstruktur, dan berbasis fakta sehingga hasil identifikasi objektif, akurat, dan dapat

dipertanggungjawabkan. Terdapat beberapa teknik yang digunakan dalam *root cause analysis*, sebagai berikut:

1. *The 5 Ways Method* (Metode 5 Mengapa): metode ini dikembangkan oleh Sakichi Toyoda, pendiri Toyota. Teknik ini dilakukan dengan memunculkan berbagai kata tanya “Mengapa?” hingga menemukan akar permasalahan yang sebenarnya [12]. Contoh penggunaannya, misal dengan studi kasus keterlambatan proses pemorsian di *hot dishing*. Penulis memunculkan kata “Mengapa?” secara berulang, seperti; mengapa terjadi keterlambatan?: karena makanan tidak siap sesuai dengan waktu yang ditetapkan – mengapa makanan tidak siap?: karena belum ada SOP yang tetap untuk setiap detail proses yang dilakukan. Dapat disimpulkan bahwa akar permasalahannya adalah tidak adanya SOP yang detail untuk setiap aktivitas proses sehingga solusinya dapat difokuskan ke arah tersebut.
2. *Flaut Tree Analysis* (FTA): pemetaan berbagai kemungkinan penyebab dari suatu kegagalan dalam bentuk diagram logika berbasis peristiwa. Teknik ini lumrah digunakan dalam industri manufaktur dan sistem keselamatan kerja [13].
3. *Fishbone Diagram*: dikembangkan oleh Kaoru Ishikawa yang digunakan untuk mengidentifikasi faktor penyebab permasalahan, yang dipetakan dalam *man* (sumber daya manusia), *machine* (mesin), *material* (bahan baku), *method* (metode), *enviromtment* (lingkungan kerja) [14].

D. Risk Priority Number

Risk Priority Number (RPN) merupakan suatu metode penilaian kuantitatif yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan memprioritaskan risiko dalam suatu sistem atau proses [15]. Dalam perkembangannya, metode RPN tidak hanya digunakan untuk menganalisis potensi kegagalan produk, tetapi juga digunakan dalam penilaian risiko operasional, logistik, keselamatan kerja, dan proses produksi [16]. RPN dihitung dengan mengalikan tiga komponen penilaian utama, yaitu: *Severity* (S), *Frequency* (F), dan *Impact* (I) [17]. *Severity* adalah ukuran seberapa besar atau serius dampak dari suatu kegagalan atau masalah yang terjadi. Semakin tinggi nilai *severity*, maka semakin besar kerugian yang ditimbulkan terhadap kualitas produk, keselamatan kerja, atau kepuasan pelanggan. *Frequency* (F) adalah seberapa sering suatu masalah atau potensi kegagalan muncul dalam periode tertentu. *Frequency* menjadi indikator penting dalam proses mitigasi risiko pada lini produksi makanan cepat saji, karena berkaitan erat dengan ketepatan waktu penyelesaian produk. Sedangkan *impact* adalah ukuran dari seberapa luas dampak suatu kegagalan terhadap sistem, proses lain, atau pemangku kepentingan. Berbeda dengan *severity* yang menekankan pada tingkat keparahan langsung, *impact* melihat sejauh mana efek domino dari masalah tersebut menyebar.

Penulis menetapkan skala likert, 1-3 untuk menilai tingkat *Severity* (S), *Frequency* (F), dan *Impact* (I). Skala tersebut diklasifikasikan dengan nilai 1 yang

4. Hasil solver kemudian akan secara otomatis ditambahkan pada model yang dibuat pada tahap 1. Bagian yang diberikan *highlight* kuning adalah hasil optimal.

MIN	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8		
Optimal SDM	0	0	0	2	2	2	2	0		
Waktu Per Aktivitas	481	361	341	235	188	91	88	550	1295,49	
									LHS	RHS
waktu	1	1	1	1	1	1	1	1	8	2700
nonnegatif	1								0	>=
nonnegatif		1							0	>=
nonnegatif			1						0	>=
nonnegatif				1					0	>=
nonnegatif					1				0	>=
nonnegatif						1			0	>=
nonnegatif							1		0	>=
nonnegatif								1	0	>=
act 1							1	1	2	>=
act 2	1					1			2	>=
act 3		1			1				2	>=
act 4			1	1					2	>=

Gambar 4. Hasil Solver

III. METODE PENELITIAN

A. Alur Penelitian

Penelitian diawali dengan studi lapangan di PT CS dengan mengamati kondisi aktual pada stasiun kerja *hot dishing*. Observasi di tingkat ini juga didukung dengan studi literatur dari penelitian terdahulu yang membahas teori-teori dan studi kasus terkait penjadwalan produksi, optimasi tenaga kerja, hingga beragam metode untuk menganalisis permasalahan. Sejalan dengan observasi tersebut, penulis mencatat permasalahan-permasalahan yang terjadi pada stasiun kerja dan fokus pada faktor-faktor dominan penyebab keterlambatan hingga menetapkan tujuan dari penelitian. Permasalahan yang telah diklasifikasikan kemudian dipetakan melalui *fishbone* diagram untuk menggambarkan hubungan antar faktor secara sistematis.

Setelah itu, dipetakan beberapa faktor prioritas berdasarkan hasil penilaian menggunakan metode Risk Priority Number (RPN) dengan mengalikan nilai *severity*, *frequency*, dan *impact* dari tiap permasalahan. Nilai RPN ini menjadi dasar dalam menentukan faktor-faktor dominan yang perlu diprioritaskan untuk dianalisis lebih lanjut. Sejalan dengan pengumpulan data selanjutnya berupa data primer (hasil observasi waktu proses dan jumlah tenaga kerja) serta data sekunder (dokumen internal dan sistem AMOS), penulis memilih pendekatan yang dinilai paling efektif untuk menyusun simulasi solusi, yaitu linear programming. Penulis memetakan fungsi tujuan untuk meminimasi waktu proses pemorsian, dengan mempertimbangkan keterbatasan jumlah tenaga kerja dan batas waktu maksimal tiap aktivitas.

B. Sumber Data

Data untuk penelitian ini berasal dari data primet dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer dalam penelitian ini diperoleh selama dua bulan melaksanakan kerja praktik pada PT CS. Dalam pelaksanaannya, data diperoleh dengan melakukan observasi dan wawancara tidak terstruktur kepada seluruh staff yang sejalan dengan objek penelitian, yakni departement terkait, produksi, *handling*, dan MTSU.

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari arsip-arsip dokumen yang dimiliki oleh PT CS dan pencarian jurnal, tesis, dan literatur dari berbagai sumber untuk melengkapi teori-teori yang digunakan.

C. Metode Pengumpulan Data

Berikut metode pengumpulan data yang dilakukan penulis untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan:

1. Observasi

Observasi merupakan sebuah pendekatan dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan mengenai peristiwa atau situasi yang sedang terjadi. Hal ini sejalan dengan aktivitas yang dilakukan penulis di PT CS, yaitu mengamati aktivitas produksi, menjabarkan potensi-potensi keterlambatan, hingga menghitung waktu produksi.

2. Wawancara

Wawancara adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan dialog antara narasumber dan penulis. Metode ini digunakan penulis sebagai penguat potensi-potensi keterlambatan. Salah satunya adalah pemetaan wawancara terkait beban kerja yang dialami oleh karyawan, baik dari segi mental, fisik, dan waktu.

3. Dokumentasi

Dokumentasi adalah metode pengumpulan data berupa dokumen, informasi, serta sumber lain yang selaras dengan penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Keterlambatan pada Stasiun Kerja *Hot Dishing*

Berikut gambaran singkat mengenai proses produksi pada stasiun kerja *Hot Dishing* dan interaksinya dengan departemen lain.



Gambar 5. Alur Penugasan

Berdasarkan interaksi dan tanggung jawab antar departement, ditemukan beberapa data yang sejalan dengan proses produksi:

1. Informasi jumlah permintaan tiap maskapai

Secara garis besar, PT CS memiliki sistem yang memetakan keseluruhan permintaan pemesanan perharinya. Sistem tersebut dikenal sebagai AMOS.

Sistem AMOS sudah terkomputerisasi dan dapat diakses pada ruangan *office* AMOS di *hot dishing* ataupun diseluruh perangkat komputer yang dimiliki oleh PT CS. AMOS dilengkapi dengan informasi nomor penerbangan di tiap harinya, jumlah pemesanan yang terklasifikasi dari kelas ekonomi, bisnis, hingga kru pesawat, tetapan komposisi sesuai SOP, dan *Estimated Time of Departure (ETD)* atau perkiraan waktu keberangkatan dari pesawat.

Sejalan dengan kelengkapan informasi pada sistem AMOS, pekerja produksi bergantung pada *Estimated Time of Departure (ETD)* atau perkiraan waktu keberangkatan dari pesawat dalam melaksanakan proses produksi. Begitu pula pada bagian kerja *handling* yang akan mengambil makanan yang sudah di kemas di *Hot Dishing* dan departement *Meal Tray Set Up* yang akan melakukan *set up* makanan untuk dibawa ke pesawat.

ANALISIS PENYEBAB KETERLAMBATAN PRODUKSI DAN SIMULASI PENJADWALAN BERBASIS *LINEAR PROGRAMMING* DI PT CS

2. Pembagian shift dan aktivitas kerja pada *hot dishing*

PT CS melakukan proses produksi selama 24 jam di setiap harinya, dengan pembagian shift pagi (06.00 WITA-14.00 WITA), shift siang (14.00 WITA-22.00 WITA), dan shift malam (22.00 WITA-06.00 WITA). Berdasarkan ketiga shift tersebut, tidak ada proses penjadwalan yang terikat dan tetap, baik jenis maskapai ataupun tenaga kerja.

Contohnya, ketika penulis melakukan observasi selama dua bulan pada rentang shift pagi, pukul 08.00 WITA-16.00 WITA pada stasiun kerja produksi *hot dishing*, para pekerja secara rutin menyelesaikan pesanan dari 8 maskapai. Namun dalam beberapa kasus, jika pada shift tersebut tersedia tenaga kerja yang berlebih, baik dari jumlah karyawan ataupun PKL dan permintaan maskapai tidak melonjak, para pekerja menyelesaikan pesanan maskapai yang seharusnya dikerjakan oleh shift selanjutnya.

3. Koordinasi dan komunikasi antar pekerja dan antar departemen

Sejalan dengan poin 2, hal seperti demikian tentu dikoordinasikan oleh para pekerja ketika pergantian shift. Jika bertemu secara langsung, para pekerja langsung berkomunikasi satu sama lain. Tetapi jika tidak sempat bertemu, para pekerja akan meninggalkan catatan pada *office AMOS*, sebagai berikut:

Tabel 3. Catatan Karyawan

17 Februari 2025			17 Februari 2025				
Maskapai	B	N	Maskapai	B	F	A	P
A	8	20	P	84	-	126	-
B	5	25	Q	-	48	72	-
C	8	21	R	110	110	-	-
D	9	15	S	171	-	57	57
F	9	22	T	-	-	72	-
G	2	41	U	30	-	30	-
H	9	20					
I	5	3	Kode: XYZ				
J	14	2	Jenis Makanan		Jumlah		
K	1	11	A		250		
L	8	2	B		300		
M	3	5	C		500		
N	10	3	D		250		
O	5	2	E		200		

Hal ini kerap menimbulkan disinformasi antar departement dan proses klarifikasi serta penyelesaian masalah melalui telepon pribadi ataupun departement handling yang berada di lantai satu menemui pekerja produksi *Hot Dishing* di lantai dua. Permasalahan yang lumrah terjadi dan timbul dari disinformasi ini adalah keterlambatan. Sebab, departement MTSU perlu untuk melakukan *set up* makanan dan mendiamkannya di *chiller* minimal selama empat jam sebelum ETD. Terlebih lagi, dalam setiap langkah proses produksi harus dilakukan *final check* dan pada MTSU juga melakukan *quality check* pada proses *set-up*, suhu makanan pada *chiller*, dan keluar masuknya makanan di *chiller*.

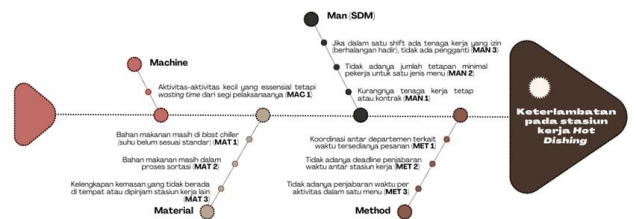
4. Potensi bahaya jika terjadi keterlambatan

Permasalahan keterlambatan ini tentu perlu untuk diprioritaskan proses evaluasi dan perbaikannya.

Sebab, dilansir dari dokumen HACCP Plan PT CS, jika waktu penyimpanan pada *chiller* tidak sesuai standar (minimal 4 jam), maka potensi yang bahaya yang muncul adalah pertumbuhan mikroba patogen (Coliform, E. coli, Staphylococcus) yang disebabkan oleh suhu produk yang melebihi karena temperatur ruangan yang tidak memenuhi dan waktu set up yang melebihi ambang batas. Tidak hanya itu, jika pekerja produksi didesak untuk terburu-buru menyelesaikan pekerjaan, maka potensi kontaminasi silang dari alat dan pekerja, proses sortasi bahan, hingga *final check* tidak berjalan maksimal atau bahkan tidak dilakukan sama sekali untuk mempersingkat waktu

B. Analisis Penyebab Keterlambatan

Berdasarkan empat poin diatas, salah satu akibat dari ketidaktanggapan dari proses produksi adalah keterlambatan. Penulis kemudian melakukan analisis dan identifikasi penyebab keterlambatan dan dipetakan secara sistematis, lalu disajikan dalam diagram *fishbone* sebagai berikut:



Gambar 6. Fishbone Diagram

1. Analisis permasalahan bagian *man*

Permasalahan sumber tenaga kerja bagian ini sudah menjadi permasalahan bagi pekerja pada stasiun *hot dishing* beberapa tahun belakangan. Berdasarkan wawancara kepada salah satu pekerja yang sudah 30 tahun bekerja di PT CS, menyebutkan jika perusahaan ini terbantu dengan adanya mahasiswa atau siswa SMK yang menjalankan PKL terlebih lagi pada stasiun kerja *hot dishing*. Durasi PKL yang cukup lama (1-6 bulan), membuat perputaran siklus kedatangan PKL tidak pernah terputus. Tidak hanya itu, dalam 1 sekolah menengah kejuruan bisa mengirimkan 10 – 20 siswanya untuk melakukan PKL di PT CS. Hal ini juga berdampak pada tenaga kerja lain. Satu kasus berdasarkan hasil observasi penulis, dalam satu shift ada pekerja tetap yang absen, terkadang tidak mencari pengganti karena merasa aman dengan adanya bantuan tenaga PKL. Para pekerja di bagian *hot dishing* juga merasa jenis pekerjaan di bagian ini bisa dikerjakan oleh semua orang. Hal yang membedakannya hanyalah kecepatan dan ketepatan dalam melakukan aktivitas kerjanya dan hal tersebut bisa diasah seiring berjalannya waktu.

2. Analisis permasalahan bagian *material*

Permasalahan keterlambatan juga kerap muncul karena bahan makanan yang suhunya masih belum mencapai standar sehingga harus didiamkan pada *blast chiller*. Makanan dengan kontaminasi *cross contamination* yang besar, seperti sayuran, telur, udang juga harus

dilakukan sortasi sehingga pekerja di hot dishing kerap menunggu jika proses sortasi masih berjalan. Namun, kasus ini masih bisa dimaklumkan, sebab pekerja *hot dishing* bisa melakukan pekerjaan lain sembari menunggu, entah itu mengemas makanan hingga membuat pesanan makanan untuk maskapai lain yang bahan makanannya sudah siap.

3. Analisis permasalahan bagian *machine*

Hampir 90% pekerjaan pada bagian *hot dishing* menggunakan tenaga manusia, kecuali *labeling* tanggal kadaluarsa. Beberapa pekerjaan, seperti menuangkan saus, *labeling* stiker jenis makanan bisa dipertimbangkan untuk di otomatisasi

4. Analisis permasalahan bagian *method*

Koordinasi antar departemen terkait waktu tersedianya pesanan, tidak adanya deadline penjabaran waktu antar stasiun kerja, dan tidak adanya penjabaran waktu per aktivitas dalam satu menu. Ketiga poin ini menjadi faktor krusial sebagai penyumbang permasalahan keterlambatan dibanding ketiga poin lainnya. Sejauh ini, berdasarkan pengamatan penulis, jika ada penambahan pesanan, akan disebarkan lewat pengeras suara sehingga seluruh departemen dapat mendengarkan informasi. Namun, jika pekerja tidak fokus, *miss* komunikasi kerap terjadi. Klarifikasi dan penyelesaian masalah akan dilakukan secara pribadi via aplikasi *chatting*. Pembatasan waktu per aktivitas juga perlu dipetakan, disamping perusahaan memang memiliki standar 45 menit untuk melakukan *portioning*

Sejalan dengan empat bagian pemetaan permasalahan diatas, penulis kemudian mengukur tingkat *severity*, *frequency*, dan *impact* dari masing-masing permasalahan. Penilaian ini dilakukan berdasarkan observasi penulis dan tiga pekerja di bagian *hot dishing*, *handling*, dan MTSU yang dipilih secara acak. Jenis penilaian menggunakan skala likert (1-3) dengan frekuensi berurut kecil, sedang, tinggi.

Tabel 4. Penilaian Poin Permasalahan

No	Kode Masalah	Severity	Frecuency	Impact	Total	%
1.	MAN 1	3	3	3	9	12
2.	MAN 2	3	3	2	8	10.7
3.	MAN 3	2	1	3	6	8
4.	MAT 1	2	2	2	6	8
5.	MAT 2	2	3	2	7	9.3
6.	MAT 3	2	3	2	7	9.3
7.	MAC 1	2	3	2	7	9.3
8.	MET 1	2	3	3	8	10.7
9.	MET 2	2	3	3	8	10.7
10.	MET 3	3	3	3	9	12

Berdasarkan pemetaan nilai diatas, terlihat bahwa dua teratas permasalahan dengan total nilai tertinggi sebesar 12% adalah MAN 1 (kurangnya tenaga kerja tetap atau kontrak) dan kode MET 3 (tidak adanya penjabaran waktu per aktivitas dalam satu menu). Kemudian kode masalah MAN 2 (tidak adanya jumlah tetapan minimal pekerja untuk satu jenis menu), MET 1 (koordinasi antar departement terkait waktu tersedianya persediaan), MET 2 (tidak adanya deadline penjabaran waktu antar stasiun kerja) dengan total 10.67%. Kode masalah MAT 2 (bahan makanan masih dalam proses sortasi), MAT 3 (kelengkapan kemasan tidak ada di tempat), MAC 1 (aktivitas kecil yang membuat

waktu) dengan total 9.33%. MAN 3 (jika dalam satu shift ada tenaga kerja yang absen, tidak ada pengganti) dan MAT 1 (bahan makanan masih di blast chiller – suhu belum sesuai standar) dengan total nilai terkecil, yaitu 8%.

C. Analisis Data Tiap Aktivits dalam Proses

Sejalan dengan identifikasi dan hasil analisis pada bagian 4.2, penulis kemudian melakukan observasi proses *portioning* pada stasiun kerja *hot dishing* selama dua minggu pukul 08.00 - 16.00 WITA. Penulis memilih 1 jenis makanan yang akan dihitung waktunya. Jenis makanan yang dipilih adalah jenis makanan dengan kondimen dan aktivitas terbanyak serta permintaannya hampir ada setiap hari. Jenis makanan tersebut adalah *FSS* dari maskapai *X Airlines*. Adapun proses analisis dan observasi yang dilakukan, dijabarkan sebagai berikut:

1. PT CS memiliki aturan pembatasan waktu untuk proses *portioning* selama 45 menit atau 2700 detik. Perhitungan waktu ini dimulai dari peletakan kondimen pertama hingga proses menutup atau mengemas makanan pertama. Hal ini a) dipetakan karena akan berdampak pada suhu akhir pemorsian makanan maksimal 15°C. Suhu ruang juga dijaga pada suhu > 15°C dan ≤ 21 °C.
2. Proses pemorsian lebih dari 45 menit, dikatakan tidak sesuai standar
3. Minimal waktu pada MTSU adalah 4 jam. Jika waktu selesai *portioning* dibawah 4 jam, maka dinyatakan terlambat. Pemetaan status terlihat dari selisih antara berakhirnya *portioning* dengan jam ETD. Terdapat 2 data yang dinyatakan terlambat, yaitu pada 2 Februari dan 3 Februari 2025 dengan selisih waktu berurut 3 jam 13 menit dan 3 jam 55 menit.

Penulis melakukan observasi dan mengumpulkan data yang disajikan dalam bentuk gambar berikut

Tanggal	Kuantiti	Waktu Proses (Keseluruhan)								Total Waktu
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	
1-Feb	100	450	350	300	210	210	100	100	500	2220
2-Feb	84	974	798	899	319	235	118	84	1075	4502
3-Feb	92	386	377	386	442	285	147	110	626	2760
5-Feb	80	560	480	344	272	160	80	80	424	2400
6-Feb	88	739	502	546	176	176	88	88	686	3001
7-Feb	100	510	430	510	300	300	130	120	640	2940
10-Feb	60	474	270	192	306	210	60	120	348	1980
10-Feb	60	330	258	240	210	192	60	60	450	1800
13-Feb	44	242	158	145	92	123	48	53	220	1082
14-Feb	60	330	210	186	120	120	60	42	372	1440
16-Feb	80	408	248	256	160	184	112	96	456	1920
17-Feb	71	447	320	327	213	170	71	142	589	2279
18-Feb	61	610	494	317	293	232	122	61	695	2824
19-Feb	70	357	259	259	189	84	70	70	574	1862
19-Feb	50	400	265	210	225	140	100	100	600	2040
Mean	73	481	361	341	235	188	91	88	550	2337
MIN	44	242	158	145	92	84	48	42	220	1082
MAX	100	974	798	899	442	300	147	142	1075	4502

Gambar 7. Waktu Proses Keseluruhan

Berdasarkan klasifikasi data diatas, terlihat bahwa lima data mengalami waktu pemorsian yang lebih dari 2700 detik, yaitu pada tanggal 2, 3, 6, 7, 17 Februari.

ANALISIS PENYEBAB KETERLAMBATAN PRODUKSI DAN SIMULASI PENJADWALAN BERBASIS *LINEAR PROGRAMMING* DI PT CS

D. Analisis Perbandingan Tenaga Kerja dan Beban Kerja

Selaras dengan pembahasan pada bagian 4.2, bahwa faktor penyebab keterlambatan adalah kurangnya pekerja tetap atau mengandalkan tenaga PKL yang tidak kompeten dan tidak adanya penjabaran waktu aktivitas per satu menu. Maka dari itu, penulis mencoba mengklasifikasikan tenaga kerja bertanggung jawab atas menu *FSS* selama satu minggu pertama. Berikut hasilnya:

Tabel 5. Data PIC Menu

Tanggal	PIC		Total
	K. Tetap	PKL	
1-Feb	2	3	5
2-Feb	0	4	4
3-Feb	0	5	5
5-Feb	3	2	5
6-Feb	1	2	3
7-Feb	1	3	4
Rata-rata			4

Selama masa pengumpulan data tenaga kerja, penulis menetapkan batasan, bahwa orang yang membantu masa pengerjaan kurang dari 20 menit, maka tidak dicantumkan dalam data. Terlihat pada data, bahwa jumlah tenaga kerja yang membantu *portioning* sangat bervariasi, yakni 3 sampai 5 orang. Untuk data yang dikategorikan terlambat dengan waktu pemorsian lebih dari 2700, yakni pada tanggal 2 dan 3 Februari, terlihat bahwa pekerjaan dilakukan oleh 4 sampai 5 PKL tanpa karyawan tetap. Hal ini terbukti, bahwa kompetensi dari PKL belum sanggup untuk sepenuhnya diandalkan dan dipercaya. Sederhananya, masih membutuhkan bantuan dari karyawan tetap.

Sejalan dengan dasar teori yang dipetakan, bahwa sederhananya optimasi tenaga kerja selaras dengan beban kerja yang dialami oleh tenaga kerja. Jika ketidakseimbangan antara tenaga kerja dengan beban kerja dapat menciptakan dua kondisi, yaitu tenaga kerja kewalahan dan efisiensi yang menurun. Oleh karena itu, penulis melakukan wawancara tidak terstruktur dengan satu orang tenaga kerja tetap yang sudah melakukan pekerjaan selama 27 tahun (Pekerja A) dan satu orang tenaga kerja magang yang melakukan pekerjaan selama 1 bulan 3 minggu (Pekerja B).

Berdasarkan hasil wawancara transparan tersebut, dapat disimpulkan bahwa beban kerja yang dialami oleh pekerja A dan pekerja B disesuaikan oleh latar belakang pekerja tetapi mengarah pada satu jawaban yang sama. Seperti pada perbandingan gaji dengan beban kerja, kedua pekerja merasa cukup walaupun pekerja A sudah berkeluarga dan pekerja B seorang *fresh graduate*. Kedua pekerja juga menyoroti bahwa jumlah ideal pada aktivitas kerja ini sebaiknya berjumlah 4 sampai 8 orang. Namun, tetap mempertimbangkan kondisi *high season* dan *low season* tiap tahunnya, permasalahan kompetensi antara satu pekerja dengan pekerja yang lain, dan pengelompokan aktivitas dengan durasi panjang dan pendek.

E. Perhitungan Linear Programming antar SDM dan Aktivitas Kerja

Berakar dari wawancara transparan tentang jumlah ideal pekerja di tiap aktivitas, penulis kemudian memetakan pengelompokan aktivitas dengan durasi panjang dan pendek. Pengelompokan ini menggunakan substitusi manual

atau metode *heuristic trial and error*, untuk mencari solusi terbaik. Penulis memetakan kombinasi aktivitas antara 8 pekerja, 6 pekerja, dan 4 pekerja dengan menggunakan rata-rata waktu pada tabel 4.2 waktu pemorsian secara keseluruhan. Nilai X dalam model matematis dipetakan sebagai berikut: 1) X1 untuk pemorsian nasi; 2) X2 untuk pemorsian bokchoy; 3) X3 untuk pemorsian ikan dory; 4) X4 untuk pemorsian sechuan sauce; 5) X5 untuk pemorsian jagung; 6) X6 untuk garnish wijen hitam; 7) X7 untuk garnish cabai merah; 8) X8 untuk pengemasan. Penulis juga mengolah data tersebut dalam *linear programming* menggunakan *software* Microsoft Excel. Berikut model matematis yang dipetakan sesuai dengan alokasi pekerja.

1. Alokasi 8 pekerja pada 8 aktivitas kerja

Perhitungan pada poin ini, penulis mengalokasikan 8 jumlah pekerja ke dalam tiap-tiap aktivitas. Berikut pemetaan model matematis dari perhitungan ini:

Fungsi Tujuan:

$$\text{Min } Z = 481(x_1) + 361(x_2) + 341(x_3) + 235(x_4) + 188(x_5) + 91(x_6) + 88(x_7) + 550(x_8)$$

Constrain:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 \leq 2700$$

$$x_1 \leq 1; x_2 \leq 1; x_3 \leq 1; x_4 \leq 1; x_5 \leq 1; x_6 \leq$$

$$1; x_7 \leq 1; x_8 \leq 1$$

Non Negativitas:

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8 \geq 0$$

Setelah dilakukannya perhitungan “solver” pada Microsoft Excel didapatkan bahwa seluruh pekerja di alokasikan 1 orang pada masing-masing aktivitas. Total waktu optimal untuk minimasi ini adalah 2335 detik.

2. Alokasi 6 pekerja pada 6 kelompok aktivitas

Pada perhitungan poin ini, penulis membuat 6 kelompok kerja yang dibagi secara *heuristic* berdasarkan waktu pekerjaan panjang dan pendek yang akan dimasukkan dalam konstrain. Berikut pemetaan model matematis dari perhitungan ini:

Fungsi Tujuan:

$$\text{Min } Z = 481(x_1) + 361(x_2) + 341(x_3) + 235(x_4) + 188(x_5) + 91(x_6) + 88(x_7) + 550(x_8)$$

Constrain:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 \leq 2700$$

$$x_1 \leq 1; x_2 \leq 1; x_3 \leq 1; x_4 + x_5 \leq 1; x_6 + x_7 \leq$$

$$1; x_8 \leq 1$$

Non Negativitas:

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8 \geq 0$$

Setelah dilakukannya perhitungan “solver” pada Microsoft Excel didapatkan bahwa aktivitas 1, 2, 3, dan 8 dilakukan oleh 1 pekerja, aktivitas 4 dan 5 dilakukan oleh 1 orang, begitupula dengan aktivitas 6 dan 7 dengan waktu optimal 2010.52 detik.

3. Alokasi 8 pekerja pada 4 kelompok aktivitas

Pada perhitungan poin ini, penulis membuat 4 kelompok kerja yang dibagi secara heuristic berdasarkan waktu pekerjaan panjang dan pendek yang akan dimasukkan dalam konstrain. Berikut pemetaan model matematis dari perhitungan ini:

Fungsi Tujuan:

$$\text{Min } Z = 481(x_1) + 361(x_2) + 341(x_3) + 235(x_4) + 188(x_5) + 91(x_6) + 88(x_7) + 550(x_8)$$

Constrain:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 \leq 2700$$

$$x_1 + x_6 \leq 2$$

$$x_2 + x_5 \leq 2$$

$$x_3 + x_4 \leq 2$$

$$x_7 + x_8 \leq 2$$

Non Negatifitas

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8 \geq 0$$

Setelah dilakukannya perhitungan “solver” pada Microsoft Excel didapatkan bahwa tiap pekerjaan dikelompokkan, aktivitas 1 dengan aktivitas 6, aktivitas 2 dengan aktivitas 5, aktivitas 3 dengan aktivitas 4, aktivitas 7 dan 8, dengan masing-masing kelompok dikerjakan oleh 2 pekerja. Hasil waktu optimal adalah 1205.49 detik. Jauh lebih optimal dibandingkan dengan pengelompokan poin 1 dan 2.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa keterlambatan proses produksi pada stasiun kerja *hot dishing* di PT CS disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu kurangnya tenaga kerja tetap atau kontrak dan tidak adanya penjabaran waktu secara rinci untuk setiap aktivitas dalam satu menu. Kedua permasalahan ini teridentifikasi sebagai penyebab dominan berdasarkan analisis fishbone diagram dan perhitungan Risk Priority Number (RPN), dengan nilai tertinggi pada kode masalah MAN 1 dan MET 3. Hal tersebut diperkuat oleh hasil observasi pada tanggal 2 dan 3 Februari 2025, yang menunjukkan adanya keterlambatan signifikan dalam proses pemorsian. Lebih lanjut, melalui simulasi penjadwalan berbasis linear programming, diperoleh hasil bahwa alokasi 8 pekerja dalam 4 kelompok aktivitas menghasilkan waktu paling optimal, yaitu 1205,49 detik, dibandingkan skenario alokasi lainnya. Temuan ini menunjukkan bahwa pengelompokan aktivitas kerja berdasarkan durasi dan kompleksitas, serta pengaturan tenaga kerja yang tepat, dapat meminimalkan waktu proses secara signifikan.

Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan pada ruang lingkup pengamatan yang hanya difokuskan pada satu jenis menu dan satu stasiun kerja selama periode tertentu. Selain itu, pengukuran kinerja tenaga kerja belum melibatkan aspek psikologis dan ergonomis secara mendalam. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan observasi lebih luas mencakup seluruh stasiun kerja, berbagai jenis menu, serta melibatkan pendekatan multidisiplin dalam mengevaluasi beban kerja, seperti analisis ergonomi, manajemen stres kerja, dan integrasi sistem penjadwalan real-time berbasis teknologi informasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT CS yang telah memberikan izin dan kesempatan untuk melakukan praktik kerja lapangan sekaligus menjadi lokasi utama dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh staf produksi dan departemen terkait yang telah memberikan bantuan, informasi, serta akses data selama proses observasi dan pengumpulan data berlangsung. Tak lupa, penulis berterima kasih atas bimbingan dan masukan dari dosen pembimbing serta pihak akademik di Program Studi Teknik Industri, Universitas Udayana, yang turut berperan dalam penyusunan dan penyempurnaan laporan ini.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] G. Sushil and M. Starr, *Production and operations management systems*. 2014. doi: 10.1201/b16470.
- [2] A. de Jong, N. A. Zacharias, and E. J. Nijssen, “How Young Companies Can Effectively Manage Their Slack Resources Over Time to Ensure Sales Growth: The Contingent Role of Value-Based Selling,” *J. Acad. Mark. Sci.*, vol. 49, no. 2, pp. 304–326, 2021, doi: 10.1007/s11747-020-00746-y.
- [3] Z. M. Zaidi and N. Ahmad, “Total Quality Management (TQM) Practices and Operational Performance in Manufacturing Company,” *Res. Manag. Technol. Bus.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–27, 2020, doi: 10.30880/rmtb.2020.01.01.002.
- [4] S. F. Syabani and W. Setiafindari, “Optimasi Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Nawaz Ensore Ham Pada PT XYZ,” *Jumantara J. Manaj. dan Teknol. Rekayasa*, vol. 1, no. 1, p. 18, 2022, doi: 10.28989/jumantara.v1i1.1288.
- [5] B. Heizer, J., Render, *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. 2017. [Online]. Available: <https://www.pearson.com/>
- [6] S. Nahmias, *Production and Operations Analysis*. Waveland Press, 2013. [Online]. Available: <https://www.waveland.com/>
- [7] M. Pinedo, *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems*, 5th ed. 2016. [Online]. Available: <https://link.springer.com/>
- [8] A. Firmansyah and E. Aryanny, “Penjadwalan Proyek Pembuatan Lambung Kapal Cepat Rudal Dengan Critical Path Method Di Divisi Kapal Perang Pt. Xyz,” *Juminten*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2020, doi: 10.33005/juminten.v1i1.1.
- [9] N. Elisabet, “Aplikasi Pemrograman Linier Penjadwalan Produksi Mie Kering di PT . Tiga Pilar Sejahtera,” vol. 5, no. 2, pp. 21–28, 2020.
- [10] P. Brewster, C., Chung, C. Sparrow, *International Human Resource Management*. 2016. [Online]. Available: <https://www.routledge.com/>
- [11] J. H. Mathis, R.L., Jackson and S. R. Valentine, *Human Resource Management: Essential Perspectives*. Cengage Learning, 2020.
- [12] F. A. Saputra and D. T. Santoso, “Analysis of Production Defects Using The 5 WHYS and RCA

**ANALISIS PENYEBAB KETERLAMBATAN PRODUKSI DAN SIMULASI PENJADWALAN
BERBASIS *LINEAR PROGRAMMING* DI PT CS**

- Method at,” vol. 20, pp. 52–59, 2024, doi: 10.26905/jtmt.v20i2.13012.
- [13] P. Persada, “ANALISA KECELAKAAN KERJA PEKERJAAN PEMASANGAN STOPPER CLAMP DENGAN METODE FAULT TREE ANALISYS (STUDI KASUS: PROYEK JETTY UPPER STRUCTURE, PLTU JAWA 9 DAN 10),” 2012. [Online]. Available: [ftp://175.45.187.195/Titipan-Files/BAHAN WISUDA PERIODE V 18 MEI 2013/FULLTEKS/PD/lovita meika savitri \(0710710019\).pdf](ftp://175.45.187.195/Titipan-Files/BAHAN WISUDA PERIODE V 18 MEI 2013/FULLTEKS/PD/lovita meika savitri (0710710019).pdf)
- [14] I. P. Widnyana, I. W. Ardiana, E. Wolok, and T. Lasalewo, “Penerapan Diagram Fishbone dan Metode Kaizen untuk Menganalisa Gangguan pada Pelanggan PT PLN (Persero) UP3 Gorontalo,” *Jambura Ind. Rev.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–9, 2022, doi: 10.37905/jirev.2.1.11-19.
- [15] V. Gasperz, *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001;2000, MBNQA, dan HACCP*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2002. [Online]. Available: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- [16] R. Y. Prasetya, S. Suhermanto, and M. Muryanto, “Implementasi FMEA dalam Menganalisis Risiko Kegagalan Proses Produksi Berdasarkan RPN,” *Performa Media Ilm. Tek. Ind.*, vol. 20, no. 2, p. 133, 2021, doi: 10.20961/performa.20.2.52219.
- [17] S. Andiyanto, A. Sutrisno, and C. Punuhsingon, “Penerapan Metode Fmea (Failure Mode and Effect Analysis) Untuk Kuantifikasi Dan Pencegahan Resiko Akibat Terjadinya Lean Waste,” *J. Online Poros Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 45–57, 2020.
- [18] F. Nevada and E. Utomo, “Perhitungan Risk Priority Number Menggunakan Metode FailureMode and Effect Analysis pada Modular Production System,” *SNESTIK Semin. Nas. Tek. Elektro, Sist. Inf. dan Tek. Inform.*, pp. 219–224, 2021.
- [19] I. Irsyad, M. R. Katili, and N. Achmad, “Penerapan Metode Integer Linear Programming Pada Penjadwalan Karyawan,” *J. Ris. dan Apl. Mat.*, vol. 4, no. 1, p. 63, 2020, doi: 10.26740/jram.v4n1.p63-73.
- [20] W. L. Winston, *Operations Research: Applications and Algorithms*. Thomson Brooks/Cole, 2004. [Online]. Available: <https://www.cengage.com>