



Volume 01, Nomor 01, Juli 2026, hlm 11-19

JIIE

Journal of Integrated Industrial Engineering

p ISSN | e ISSN

<http://>



IDENTIFIKASI DAN PEMETAAN PROSES BISNIS PENJUALAN LAYANAN BANDWIDTH MENGGUNAKAN METODE SIPOC DAN BPMN

Intan Mardiono¹, I Wayan Artha Yasa², Nia Sastra Permata³, Sherin Ramadhania⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Industri, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Article History:

Submission: 10-07-2026

Revised: 24-07-2026

Accepted: 30-07-2026

Kata Kunci:

proses bisnis, SIPOC, BPMN, fishbone, telekomunikasi.

Keywords:

business process, SIPOC, BPMN, fishbone, telecommunications.

*** Korespondensi:**

Author

Intan.mardiono@itera.ac.id

ABSTRAK

PT PGAS Telekomunikasi Nusantara (PGNCOM) merupakan perusahaan penyedia layanan telekomunikasi yang menjalankan proses bisnis penjualan layanan *bandwidth* melalui koordinasi antara divisi Sales/Account Executive, Pre-sales Management, dan Finance. Ketidakjelasan alur kerja antardivisi berpotensi menghambat efisiensi layanan dan kepuasan pelanggan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dan memetakan proses bisnis penjualan layanan *bandwidth* pada divisi Account Executive PGNCOM menggunakan pendekatan SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer) dan Business Process Model and Notation (BPMN), serta menganalisis faktor penyebab kendala operasional menggunakan diagram Fishbone. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan dan wawancara dengan pembimbing eksternal selama pelaksanaan kerja praktik di kantor pusat dan stasiun gas PGNCOM. Hasil pemetaan BPMN menunjukkan bahwa proses penjualan *bandwidth* melibatkan koordinasi bertahap antara tiga divisi, mulai dari permintaan pelanggan hingga penerbitan penawaran resmi. Analisis SIPOC mengidentifikasi lima elemen utama proses, dengan input berupa inquiry pelanggan dan data historis maintenance, serta output berupa dokumen desain solusi yang telah disetujui secara teknis dan finansial. Diagram Fishbone mengungkap bahwa ketiadaan instrumen survei kepuasan pelanggan formal menjadi salah satu faktor kendala pengukuran kualitas layanan. Penelitian ini memberikan gambaran proses bisnis yang terstruktur bagi perusahaan serta merekomendasikan penerapan sistem survei kepuasan pelanggan otomatis pascaaktivasi layanan sebagai indikator pelengkap *Service Level Agreement* (SLA).

ABSTRACT

PT PGAS Telekomunikasi Nusantara (PGNCOM) is a telecommunications service provider whose *bandwidth* sales business process required coordination among the Sales/Account Executive, Pre-sales Management, and Finance divisions. Unclear inter-divisional workflows had the potential to hinder service efficiency and customer satisfaction. This study aimed to identify and map the *bandwidth* sales business process within the Account Executive division of PGNCOM using the Supplier, Input, Process, Output, Customer (SIPOC) approach and Business Process Model and Notation (BPMN), and to analyze the root causes of operational constraints using a



JIIE: Journal Of Integrated Industrial Engineering (JIIE) is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Fishbone diagram. Data were collected through field observation and interviews with the external supervisor during an internship conducted at PGNCOM's head office and gas stations. The BPMN mapping showed that the bandwidth sales process involved staged coordination among three divisions, beginning with the customer request and ending with the issuance of a formal offer. The SIPOC analysis identified five key process elements, with inputs consisting of customer inquiries and historical maintenance data, and outputs consisting of technically and financially approved solution design documents. The Fishbone diagram revealed that the absence of a formal customer satisfaction survey instrument was one of the constraints in measuring service quality. This study provided the company with a structured overview of its business process and recommended the implementation of an automated post-activation customer satisfaction survey system as a complementary indicator to the Service Level Agreement (SLA).

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri dan jasa yang semakin dinamis menuntut setiap perusahaan memiliki proses bisnis yang terstruktur, terdokumentasi, dan terintegrasi antarunit kerja agar aktivitas operasional dapat berjalan secara efektif dan efisien [1]. Proses bisnis yang dirancang dengan baik tidak hanya mempermudah koordinasi antarbagian, tetapi juga menjadi dasar dalam pengendalian, evaluasi, serta perbaikan berkelanjutan terhadap kualitas layanan perusahaan [2]. Sebaliknya, proses bisnis yang tidak terdokumentasi secara jelas dapat menyebabkan ketidaksinkronan alur kerja, meningkatnya waktu penyelesaian proses, keterlambatan pengambilan keputusan, hingga menurunnya kepuasan pelanggan [3].

PT PGAS Telekomunikasi Nusantara (PGNCOM) merupakan perusahaan penyedia layanan telekomunikasi dan jaringan komunikasi yang mendukung kebutuhan operasional maupun bisnis pelanggan di berbagai sektor. Dalam proses penjualan layanan *bandwidth*, aktivitas bisnis melibatkan koordinasi lintas divisi, mulai dari *Sales* atau *Account Executive*, *Pre-sales Management*, *Network Operation*, hingga *Finance*. Kompleksitas koordinasi dalam perusahaan setiap tahapan proses harus dipahami secara menyeluruh agar aliran informasi, dokumen, dan tanggung jawab antarunit dapat berlangsung secara efektif [4]. Oleh karena itu, pemetaan proses bisnis menjadi langkah penting untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai aktivitas yang dilakukan, aktor yang terlibat, serta potensi hambatan yang memengaruhi kualitas pelayanan [5].

Berbagai penelitian sebelumnya telah memanfaatkan pemodelan proses bisnis untuk meningkatkan efektivitas operasional organisasi. Pendekatan Business Process Improvement telah diterapkan pada industri manufaktur untuk mengidentifikasi aktivitas yang tidak bernilai tambah dan meningkatkan efisiensi proses [6]. Penelitian lain menggunakan *Business Process Model and Notation* (BPMN) untuk memvisualisasikan alur kerja pada industri konveksi sehingga memudahkan identifikasi bottleneck proses [7]. Selain itu, pendekatan Six Sigma yang dikombinasikan dengan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) telah digunakan pada industri gas untuk meningkatkan kualitas proses melalui identifikasi risiko dan pengurangan variasi proses [8]. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemodelan proses bisnis mampu meningkatkan transparansi proses, mendukung pengambilan keputusan, serta menjadi dasar penyusunan strategi perbaikan organisasi.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu lebih berfokus pada upaya peningkatan kualitas proses melalui pendekatan perbaikan (*process improvement*) atau analisis risiko, sedangkan penelitian yang mengintegrasikan identifikasi elemen proses menggunakan *Supplier-Input-Process-Output-Customer* (SIPOC), visualisasi alur kerja lintas divisi melalui *Business Process Model and Notation* (BPMN), serta analisis akar penyebab menggunakan *Fishbone*

Diagram pada proses penjualan layanan telekomunikasi masih relatif terbatas. Padahal, kombinasi ketiga metode tersebut mampu memberikan pemahaman yang lebih komprehensif, mulai dari identifikasi komponen utama proses, hubungan antaraktivitas lintas fungsi, hingga penyebab utama permasalahan operasional yang terjadi.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menggunakan metode SIPOC sebagai kerangka awal untuk mengidentifikasi pemasok, masukan, aktivitas proses, keluaran, dan pelanggan yang terlibat dalam proses bisnis penjualan layanan *bandwidth*. Selanjutnya, hasil identifikasi tersebut dimodelkan menggunakan BPMN untuk menggambarkan aliran proses bisnis secara terstruktur dan mudah dipahami oleh seluruh pemangku kepentingan [9] [10]. Analisis kemudian dilengkapi menggunakan Fishbone Diagram untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab permasalahan operasional yang berpotensi menghambat efektivitas proses bisnis [11] [12]. Integrasi ketiga metode tersebut diharapkan mampu menghasilkan representasi proses bisnis yang lebih sistematis dibandingkan apabila masing-masing metode digunakan secara terpisah.

Selain itu, meskipun proses penjualan layanan *bandwidth* di PGNCOM telah berjalan sesuai prosedur operasional dan kinerja layanan diukur melalui indikator *Service Level Agreement* (SLA), perusahaan belum memiliki mekanisme formal untuk mengevaluasi kepuasan pelanggan setelah proses aktivasi layanan selesai. Kondisi ini menyebabkan evaluasi proses bisnis masih berorientasi pada indikator operasional, seperti ketepatan waktu aktivasi dan jumlah komplain teknis, tanpa mempertimbangkan persepsi pelanggan terhadap kualitas layanan yang diterima. Kesenjangan tersebut menunjukkan perlunya pemetaan proses bisnis yang komprehensif sebagai dasar pengembangan sistem evaluasi layanan yang lebih berorientasi pada pelanggan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk (1) mengidentifikasi proses bisnis penjualan layanan *bandwidth* di PT PGAS Telekomunikasi Nusantara menggunakan metode SIPOC, (2) memodelkan alur proses bisnis lintas divisi menggunakan BPMN, serta (3) mengidentifikasi akar penyebab permasalahan operasional menggunakan Fishbone Diagram sebagai dasar penyusunan rekomendasi perbaikan proses bisnis.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode studi kasus pada PT PGAS Telekomunikasi Nusantara (PGNCOM), sebuah perusahaan penyedia layanan telekomunikasi yang merupakan bagian dari PGN Group. Pendekatan studi kasus dipilih karena penelitian bertujuan memperoleh pemahaman secara mendalam mengenai proses bisnis penjualan layanan *bandwidth* yang diterapkan perusahaan dalam kondisi operasional nyata. Fokus penelitian dibatasi pada proses bisnis penjualan layanan *bandwidth* yang dikelola oleh Divisi *Account Executive*, dengan melibatkan interaksi bersama Divisi *Pre-sales Management* dan Finance sebagai unit pendukung dalam proses pelayanan pelanggan.

Gambar 1 menunjukkan alur proses bisnis penjualan layanan *bandwidth* di PT PGAS Telekomunikasi Nusantara (PGNCOM) yang dimulai dari tahap *canvassing*, yaitu kegiatan awal untuk mengidentifikasi kebutuhan pelanggan dan melakukan pembahasan teknis mengenai lokasi, aset yang tersedia, serta informasi awal lainnya. Selanjutnya, Divisi *Account Executive* menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) komersial yang mencakup kebutuhan *bandwidth*, instalasi, perangkat, kapasitas, dan margin, kemudian dituangkan ke dalam dokumen Surat Penawaran Harga (SPH). Setelah pelanggan memberikan tanggapan atau melakukan negosiasi, perusahaan menerbitkan *Sales Order Form* (SOF) sebagai dasar administrasi. Dokumen tersebut kemudian diproses ke dalam *Billing System*, dilanjutkan dengan pembuatan *Interconnection Request Form* (IRF) untuk diteruskan kepada tim teknis dalam melakukan penyediaan (provisioning) dan konfigurasi layanan. Setelah layanan siap digunakan, pelanggan menerima *Service Notification* (SN) sebagai pemberitahuan aktivasi layanan, yang diikuti dengan penyusunan Berita Acara Siap Operasi (BASO) sebagai bukti bahwa layanan telah siap beroperasi.

Tahap terakhir adalah proses *Finance*, yaitu penagihan (billing) kepada pelanggan berdasarkan BASO yang telah disetujui. Secara keseluruhan, alur ini menggambarkan keterkaitan aktivitas lintas divisi mulai dari pemasaran, penyusunan penawaran, administrasi, implementasi teknis, hingga proses keuangan untuk memastikan layanan *bandwidth* dapat diaktifkan dan ditagihkan secara sistematis.



Gambar 1. Proses Bisnis Perusahaan
Sumber: Data Internal Perusahaan

Pengumpulan data dilakukan 1,5 bulan pada awal tahun 2026. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap aktivitas operasional serta wawancara semi-terstruktur dengan pembimbing eksternal dan staf Divisi Account Executive yang terlibat dalam proses penjualan layanan *bandwidth*. Sementara itu, data sekunder diperoleh melalui studi dokumentasi yang meliputi struktur organisasi perusahaan, prosedur operasional standar (Standard Operating Procedure/SOP), dokumen alur bisnis, formulir penjualan layanan, serta dokumen pendukung lain yang berkaitan dengan proses bisnis yang dianalisis. Kombinasi observasi, wawancara, dan dokumentasi digunakan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai aktivitas bisnis serta memastikan konsistensi informasi yang diperoleh dari berbagai sumber.

Analisis data dilakukan secara bertahap menggunakan tiga metode yang saling melengkapi. Tahap pertama adalah penyusunan SIPOC untuk mengidentifikasi komponen utama proses bisnis, meliputi pemasok (*supplier*), masukan (*input*), aktivitas proses (*process*), keluaran (*output*), dan pelanggan (*customer*) berdasarkan hasil observasi, wawancara, serta dokumen SOP perusahaan. Pemetaan SIPOC berfungsi sebagai kerangka awal dalam memahami batasan proses bisnis dan hubungan antar elemen yang terlibat.

Tahap kedua adalah pemodelan proses bisnis menggunakan BPMN. Diagram BPMN digunakan untuk memvisualisasikan urutan aktivitas, aktor yang terlibat, aliran informasi, serta interaksi antar divisi mulai dari penerimaan permintaan pelanggan hingga penyampaian penawaran layanan. Penyusunan model BPMN mengacu pada hasil pemetaan SIPOC dan SOP perusahaan, kemudian diverifikasi melalui diskusi dengan pembimbing eksternal agar model yang dihasilkan merepresentasikan proses bisnis yang berlangsung secara aktual.

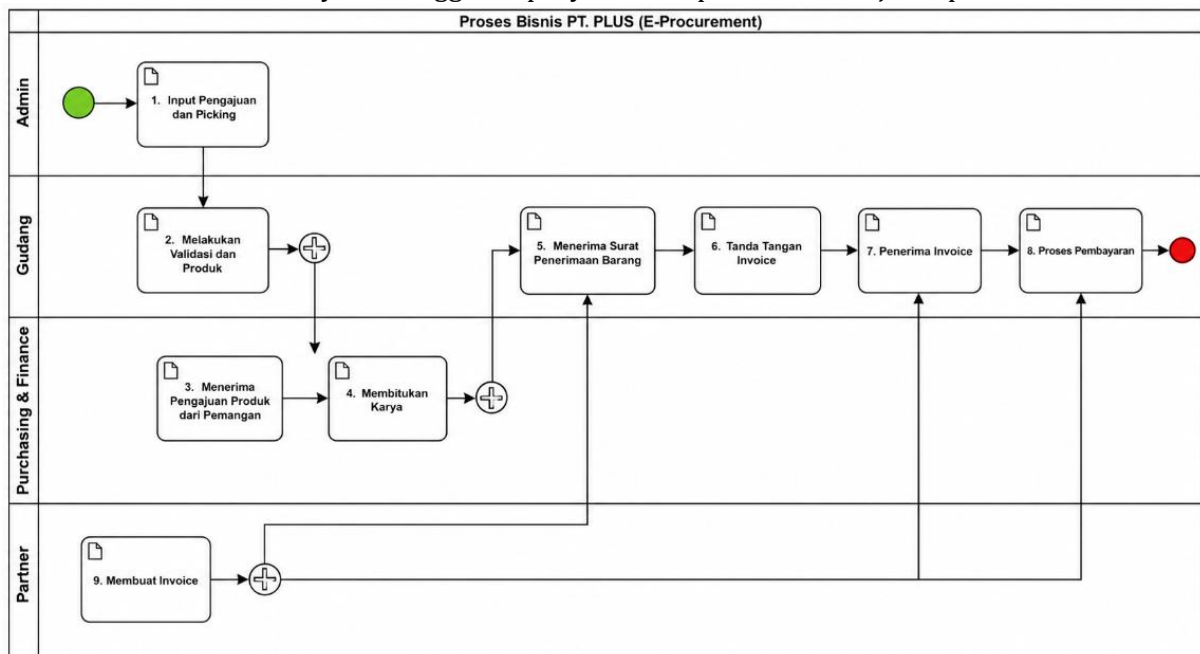
Tahap ketiga adalah analisis akar penyebab menggunakan *Fishbone Diagram*. Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpotensi menyebabkan kendala dalam

proses bisnis berdasarkan hasil observasi dan wawancara. Faktor-faktor penyebab kemudian diklasifikasikan ke dalam enam kategori utama (6M), yaitu *Man* (manusia), *Method* (metode), *Machine* (peralatan), *Material* (dokumen atau informasi pendukung), *Measurement* (pengukuran), dan *Environment* (lingkungan kerja). Pengelompokan tersebut bertujuan mempermudah identifikasi akar penyebab permasalahan sehingga dapat menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi perbaikan proses bisnis.

Untuk meningkatkan kredibilitas hasil penelitian, dilakukan triangulasi sumber dengan membandingkan informasi yang diperoleh melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi perusahaan. Selain itu, hasil pemodelan SIPOC dan BPMN dikonfirmasi kembali (member checking) kepada pembimbing eksternal dan perwakilan Divisi Account Executive untuk memastikan kesesuaian antara model yang disusun dengan proses bisnis yang diterapkan di PT PGAS Telekomunikasi Nusantara.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemetaan proses bisnis menggunakan BPMN bertujuan memvisualisasikan alur kerja layanan konektivitas di PGNCOM secara terintegrasi, mulai dari permintaan pelanggan hingga proses administrasi keuangan. Diagram ini menggambarkan koordinasi strategis antara divisi *Sales/Account Executive* dalam menangkap kebutuhan pelanggan, divisi *Pre-sales Management* dalam merancang solusi teknis berbasis data maintenance lapangan, serta divisi *Finance* dalam melakukan verifikasi kelayakan anggaran proyek. Hasil pemetaan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram BPMN proses penjualan layanan *bandwidth* pada divisi Account Executive PGNCOM

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, proses diawali dengan *inquiry* pelanggan yang diterima oleh divisi *Sales/Account Executive*, dilanjutkan dengan analisis kelayakan teknis oleh tim *Pre-sales* berdasarkan data historis maintenance di lokasi pelanggan, verifikasi anggaran dan margin keuntungan oleh divisi *Finance*, hingga pengiriman penawaran resmi oleh Sales kepada pelanggan. Diagram ini mengidentifikasi titik interaksi antardivisi yang krusial guna memastikan seluruh proses berjalan sesuai dengan *Service Level Agreement* (SLA) yang dijanjikan kepada pelanggan.

Analisis SIPOC digunakan untuk menggambarkan alur proses bisnis secara menyeluruh, mulai dari pihak penyedia sumber daya hingga pihak penerima hasil akhir proses. Hasil identifikasi lima elemen SIPOC pada proses penjualan layanan *bandwidth* PGNCOM disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis SIPOC proses penjualan layanan *bandwidth* divisi Account Executive PGNCOM

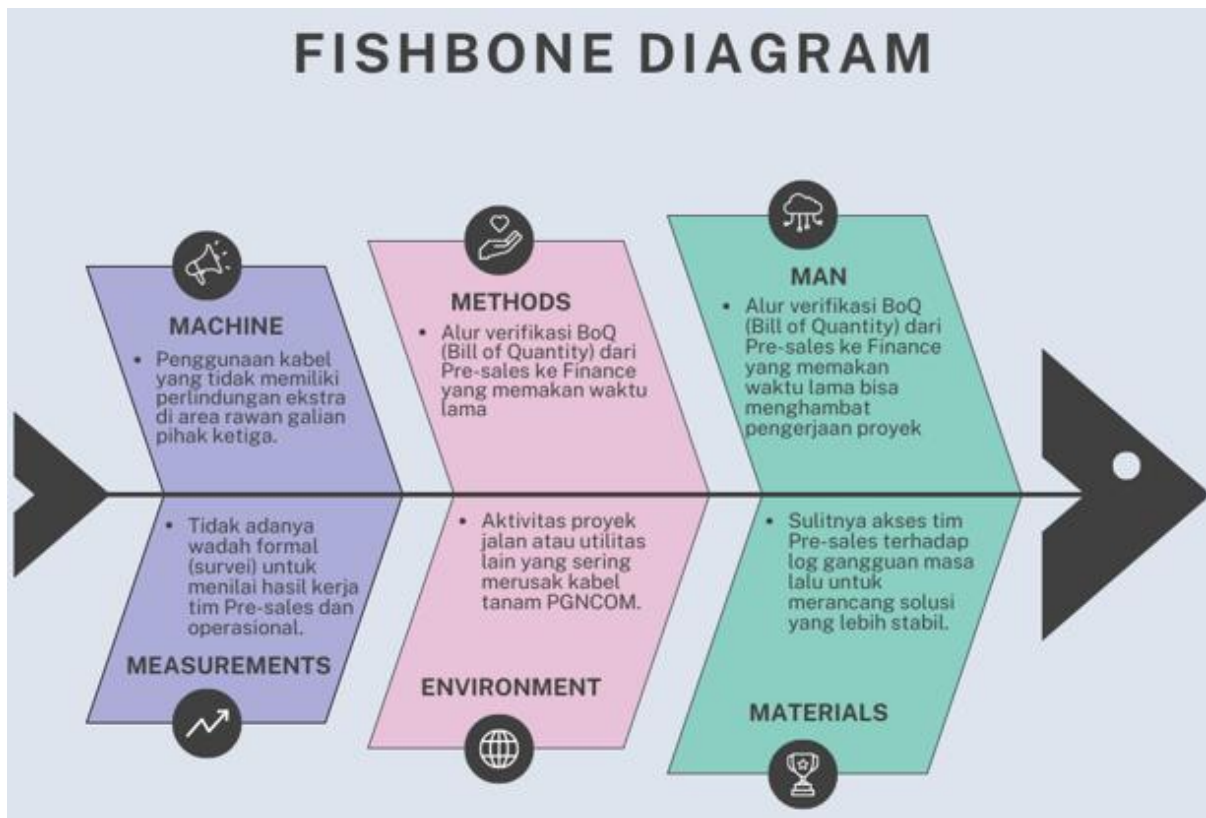
Supplier	Input	Process	Output	Customer
<i>Sales, Operation & Maintenance</i>	<i>Inquiry</i> pelanggan	Tim <i>Pre-sales</i> melakukan analisis kelayakan teknis di lokasi pelanggan; pembuatan desain jaringan dan penyusunan <i>Bill of Quantity</i> (BoQ); verifikasi anggaran dan margin keuntungan oleh divisi <i>Finance</i> ; <i>Sales</i> mengirimkan penawaran resmi kepada pelanggan.	Dokumen desain solusi yang telah disetujui secara teknis dan finansial	Instansi/pelanggan korporat

Sales, Operation & Maintenance Inquiry pelanggan Tim *Pre-sales* melakukan analisis kelayakan teknis di lokasi pelanggan; pembuatan desain jaringan dan penyusunan *Bill of Quantity* (BoQ); verifikasi anggaran dan margin keuntungan oleh divisi *Finance*; *Sales* mengirimkan penawaran resmi kepada pelanggan. Dokumen desain solusi yang telah disetujui secara teknis dan finansial Instansi/pelanggan korporat

Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui bahwa divisi *Account Executive* berperan sebagai penghubung utama antara pelanggan dan unit internal perusahaan. Input utama berupa data kebutuhan pelanggan dan histori maintenance diolah melalui serangkaian proses menjadi output berupa proposal teknis dan biaya (*BoQ*) yang telah diverifikasi. Elemen customer pada proses ini adalah instansi atau pelanggan korporat yang menerima layanan *bandwidth* sesuai dengan kesepakatan yang telah ditandatangani.

Diagram *Fishbone* digunakan untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan faktor-faktor penyebab kendala dalam pengukuran efektivitas proses penjualan layanan *bandwidth*, khususnya terkait belum tersedianya instrumen pengukuran kepuasan pelanggan yang formal. Hasil analisis disajikan pada Gambar 3.

Diagram pada Gambar 3 mengelompokkan faktor penyebab ke dalam beberapa kategori, meliputi metode (belum adanya prosedur survei kepuasan pelanggan pascaaktivasi), pengukuran (indikator efektivitas layanan yang saat ini hanya bertumpu pada ketepatan waktu aktivasi dan jumlah komplain teknis), manusia (keterbatasan waktu staf *Account Executive* untuk menindaklanjuti umpan balik pelanggan secara sistematis), serta lingkungan (dinamika kebutuhan pelanggan korporat yang bervariasi antarindustri).



Gambar 3. Diagram Fishbone faktor penyebab kendala pengukuran kepuasan pelanggan pada proses penjualan layanan *bandwidth* PGNCOM

Hasil pemetaan BPMN dan SIPOC menunjukkan bahwa proses penjualan layanan *bandwidth* di PGNCOM telah berjalan secara terintegrasi melalui koordinasi tiga divisi utama. Temuan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa pemetaan proses bisnis membantu organisasi memperoleh gambaran awal alur kerja sebelum dilakukan analisis dan perbaikan lebih lanjut [13] [14]. Penggunaan BPMN pada penelitian ini juga menegaskan temuan bahwa notasi visual tersebut memudahkan berbagai pihak dalam organisasi memahami tanggung jawab masing-masing divisi dalam menjalankan proses lintas fungsi.

Dibandingkan dengan penelitian pemetaan proses bisnis pada sektor lain, seperti pada industri manufaktur [15] dan usaha konveksi [16], proses bisnis pada PGNCOM memiliki karakteristik khusus berupa keterlibatan data teknis lapangan (riwayat *maintenance*) sebagai salah satu input utama dalam pengambilan keputusan komersial. Karakteristik ini menunjukkan bahwa integrasi data operasional dan data komersial menjadi faktor penting dalam efektivitas proses penjualan layanan berbasis infrastruktur jaringan.

Penelitian ini memiliki keterbatasan, antara lain cakupan observasi yang terbatas pada satu divisi (*Account Executive*) dalam kurun waktu kerja praktik yang relatif singkat, sehingga belum menjangkau keseluruhan proses bisnis PGNCOM secara menyeluruh. Selain itu, analisis *Fishbone* yang dilakukan bersifat kualitatif berdasarkan hasil wawancara dan observasi, tanpa didukung oleh data kuantitatif mengenai frekuensi maupun dampak masing-masing faktor penyebab.

Implikasi praktis dari penelitian ini adalah rekomendasi bagi PGNCOM untuk mengimplementasikan sistem survei kepuasan pelanggan otomatis pascaaktivasi layanan sebagai pelengkap indikator pengukuran SLA yang telah ada. Penerapan instrumen tersebut diharapkan dapat memberikan data measurement yang lebih komprehensif dalam mengevaluasi kualitas layanan secara menyeluruh, sekaligus menjadi dasar bagi penelitian lanjutan mengenai perbaikan proses bisnis (*business process improvement*) pada divisi-divisi terkait.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemetaan dan analisis yang telah dilakukan, proses bisnis penjualan layanan *bandwidth* di PT PGAS Telekomunikasi Nusantara (PGNCOM) merupakan proses terintegrasi yang melibatkan koordinasi antara divisi *Sales/Account Executive* sebagai pencari peluang, *Pre-sales Management* sebagai perancang solusi teknis berbasis data maintenance lapangan, dan divisi Finance sebagai verifikator kelayakan komersial, dengan tujuan memastikan layanan sesuai standar *Service Level Agreement* (SLA) perusahaan.

Analisis SIPOC menunjukkan bahwa divisi *Account Executive* berperan sebagai penghubung utama antara pelanggan dan unit internal, dengan input utama berupa data kebutuhan pelanggan dan histori *maintenance* yang diolah menjadi proposal teknis dan biaya (BoQ). Diagram *Fishbone* mengidentifikasi bahwa belum tersedianya instrumen survei kepuasan pelanggan formal menjadi salah satu faktor kendala dalam pengukuran efektivitas layanan secara menyeluruh.

Penelitian ini memberikan kontribusi berupa gambaran proses bisnis yang terstruktur bagi PGNCOM serta merekomendasikan penerapan sistem kuesioner kepuasan pelanggan otomatis pascaaktivasi layanan sebagai indikator measurement pelengkap data teknis SLA. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan observasi ke divisi lain serta melengkapi analisis *Fishbone* dengan data kuantitatif guna memvalidasi tingkat signifikansi masing-masing faktor penyebab kendala.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT PGAS Telekomunikasi Nusantara (PGNCOM) atas kesempatan pelaksanaan kerja praktik, serta kepada Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Sumatera atas dukungan akademik dalam penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- [1] D. Z. Muttaqin, M. R. Fauzan, S. A. Gunawan and U. Hernisa, "Implementasi Enterprise Resource Planning (ERP) Berbasis System Application and Product (SAP) Dalam Meningkatkan Kualitas," *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi dan Akuntansi*, vol. 6, no. 2, pp. 185-204, 2026.
- [2] Y. Megawati, "Kualitas Pelayanan Terkait dengan Kepuasan Konsumen dalam Industri Jasa," *Kualitas Pelayanan Terkait dengan Kepuasan Konsumen dalam Industri Jasa*, vol. 2, no. 2, 2006.
- [3] W. C. Theo, I. D. Palandeng and F. J. Tumewu, "Analisis Penerapan Information Sharing Dalam Supply Chain Management Pada Umkm Mom Miyuki Manado," *Neraca Manajemen, Ekonomi*, vol. 25, no. 4, 2026.
- [4] R. F. T. Imanto, A. Laksana, P. Handayani, A. N. Priatna and A. Suryasuciramadhan, "Analisis Proses Komunikasi Organisasi dalam Penyusunan Standar Operasional Prosedur di Inspektorat Daerah Kota Serang," *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Sosial, Politik dan Humaniora*, vol. 5, no. 1, pp. 329-338, 2026.

- [5] D. Aprilianti and W. Suharso, "Business Process Reengineering pada Proses Administrasi," *Sistemasi: Jurnal Sistem Informasi*, vol. 15, no. 2, pp. 463-477, 2026.
- [6] A. Yana, A. H. Nu'man and D. , "Pendekatan Business Process Improvement telah diterapkan pada industri manufaktur untuk mengidentifikasi aktivitas yang tidak bernilai tambah dan meningkatkan efisiensi proses," in *Bandung Conference Series: Teknik Industri/Teknik*, Bandung, 2026.
- [7] S. N. Aulia and A. Ginantaka, "Perancangan Bussiness Process Model And Notation (BPMN) Analisis Dan Desain Sistem Produksi Cokelat Batang," *Karimah Tauhid*, vol. 4, no. 9, 2025.
- [8] M. A. Lutfianto and R. Prabowo, "Integrasi Six Sigma dan FMEA (Failure Mode And Effect Analysis) untuk Peningkatan Kualitas Produk Koran (Studi Kasus: PT. ABC Manufacturing – Sidoarjo, Jawa Timur – Indonesia)," *Jurnal of Industrial Engineering and Management Systems* , vol. 15, pp. 1-10, 2022.
- [9] D. Diamanta and A. H. Muhammad, "Business Process Model And Notation Untuk Memodelkan Proses Pengingat Pinjaman Pada Koperasi," *Bangkit Indonesia*, vol. 14, no. 2, 2025.
- [10] N. Apriliza and F. , "Penerapan Bpmn Dalam Memperbaiki Transparansi Dan Proses Pada Sistem Informasi Manajemen Risiko (Simanis) Di Pt Pupuk Sriwidjaja Palembang," in *Seminar Nasional Amikom Surakarta (SEMNASA) 2024*, Surakarta, 2024.
- [11] Cece, "Fishbone Diagram untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab permasalahan operasional yang berpotensi menghambat efektivitas proses bisnis," *Jurnal Manajemen, Bisnis dan Kewirausahaan (JUMBIKU)*, vol. 5, no. 2, 2025.
- [12] M. Yusup, P. Purbawati, D. A. S. P. Atmaja and I. Rosanti , "Penerapan Diagram Sebab Akibat (Fishbone Diagram) pada Identifikasi Kerusakan Mekanisme Pengumpan dan Penyusuna Standard Operating Procedure Mesin Skrap," *Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 1, 2025.
- [13] P. Y. Pangestu and T. , "pemetaan proses bisnis membantu organisasi memperoleh gambaran awal alur kerja sebelum dilakukan analisis dan perbaikan lebih lanjut," *Bincang Sains dan Teknologi*, vol. 20, pp. 30-40, 2023.
- [14] M. D. P. Indra, "Usulan Business Process Reengineering untuk Optimalisasi Proses Operasional pada UMKM XYZ," *Factory Jurnal Industri, Manajemen Dan Rekayasa Sistem Industri*, vol. 4, no. 3, 2026.
- [15] "Proses Bisnis Industri Manufaktur: Tahapan, Contoh, dan Cara Kerjanya," muatmuat, 23 10 2025. [Online]. Available: <https://muatmuat.com/blog/proses-bisnis-industri-manufaktur/>. [Accessed 29 07 2026].
- [16] F. S. Hidayat, E. Chumaidiyah and B. Sulisty, "Perbaikan Proses Bisnis Dengan Menggunakan Metode Business Process Improvement Pada Konveksi Pagar Kaos," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 10, no. 6, pp. 309-321, 2024.



Volume 01, Nomor 01, Juli 2026, hlm 53-65

JIIE

Journal of Integrated Industrial Engineering

p ISSN | e ISSN

http://



PENGUKURAN BEBAN KERJA MENTAL DAN STRES KERJA MENGGUNAKAN NASA-TLX DAN SMARTWATCH PADA KARYAWAN KANTOR PT XYZ

Hafazha Ramadhana¹, Fatin Saffanah Didin², Frieska Ariesta Syafnijal³

^{1,2,3} Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Article History:

Submission: 10-07-2026

Revised: 25-07-2026

Accepted: 30-07-2026

Kata Kunci:

Beban kerja mental, NASA-TLX, Stres kerja, Smartwatch, Karyawan kantor.

Keywords:

Mental Workload, NASA-TLX, Stress, Smartwatch, Office Employees.

*** Korespondensi:**

Author

hafazhaaa@gmail.com

ABSTRAK

Aktivitas administratif yang beragam dengan tuntutan kerja yang tinggi pada karyawan kantor PT XYZ berpotensi menimbulkan beban kerja mental stress yang dapat berdampak pada performansi kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat beban kerja mental menggunakan National Aeronautics and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX), mengidentifikasi tingkat stres kerja melalui indikator fisiologis yang diperoleh menggunakan smartwatch. Sebanyak 51 responden yang dipilih menggunakan teknik proportional stratified sampling dan purposive sampling. Data dikumpulkan melalui kuesioner NASA-TLX dan smartwatch, kemudian dianalisis secara deskriptif serta dilakukan uji korelasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebanyak 78% responden mengalami beban kerja mental tinggi, 14% kategori agak tinggi, dan 8% kategori sangat tinggi. Tingkat stres kerja cenderung meningkat selama bekerja, namun hubungan antara beban kerja mental dan tingkat stres kerja sangat lemah serta tidak signifikan secara statistik. Tingginya beban kerja mental tidak selalu diikuti oleh peningkatan respons fisiologis berupa stress yang terukur. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan instrumen pengukuran fisiologis lainnya melengkapi dalam mengevaluasi kondisi kerja sehingga dapat menjadi dasar dalam penyusunan strategi perbaikan kerja yang lebih komprehensif.

ABSTRACT

Administrative activities performed by office employees at PT XYZ have the potential to generate mental workload. This study aimed to measure the level of mental workload using the National Aeronautics and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX), identify work stress levels through physiological indicators obtained using a smartwatch, and analyze the relationship between these two variables. A descriptive quantitative approach was employed involving 51 respondents selected using proportional stratified sampling and purposive sampling techniques. Data were collected using the NASA-TLX questionnaire and a smartwatch, then analyzed descriptively and supported by correlation analysis. The results showed that 78% of the respondents experienced high mental workload, 14% experienced moderately high mental workload, and 8% experienced very high mental workload. Work stress levels tended to increase during



JIIE: Journal Of Integrated Industrial Engineering (JIIE) is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

working hours; however, the relationship between mental workload and work stress was very weak and not statistically significant. High mental workload was not necessarily accompanied by measurable physiological responses. The use of the NASA-TLX and physiological indicators obtained using a smartwatch provided complementary information for evaluating working conditions and could serve as a basis for developing strategies to manage mental workload and work stress in the workplace.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan digitalisasi proses bisnis telah meningkatkan kompleksitas pekerjaan administrasi perkantoran. Aktivitas seperti pengolahan data, penyusunan laporan, verifikasi dokumen, koordinasi lintas unit, serta pengambilan keputusan menuntut konsentrasi, ketelitian, dan kemampuan kognitif yang tinggi. Selain itu, penyelesaian pekerjaan dalam batas waktu tertentu serta tingginya volume pekerjaan menyebabkan meningkatnya tuntutan mental dalam pelaksanaan pekerjaan [1]. Dalam perspektif ergonomi, kondisi tersebut perlu diperhatikan karena ketidakseimbangan antara tuntutan pekerjaan dan kapasitas individu dapat memengaruhi pelaksanaan pekerjaan, meningkatkan risiko kesalahan, serta berdampak pada kondisi pekerja [2].

PT XYZ merupakan perusahaan yang memiliki aktivitas administrasi sebagai bagian dari operasional perusahaan. Dari hasil wawancara awal terhadap 11 karyawan kantor, aktivitas administrasi didominasi oleh pengawasan dan verifikasi, administrasi dokumen, koordinasi antarbagian, serta penyelesaian pekerjaan sesuai target waktu. Selain itu, pekerjaan menuntut konsentrasi dan ketelitian yang tinggi, terutama pada proses audit, pemeriksaan dokumen, serta penyelesaian pekerjaan dengan volume yang besar. Sebagian responden juga mengeluhkan kelelahan mata akibat penggunaan komputer dalam waktu yang lama serta kelelahan secara umum akibat intensitas pekerjaan. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya pengukuran beban kerja mental sebagai dasar dalam mengevaluasi kondisi kerja pada pekerja administrasi.

Beban kerja mental merupakan tuntutan pekerjaan yang melibatkan penggunaan kemampuan kognitif, seperti perhatian, konsentrasi, pengambilan keputusan, dan pemecahan masalah dalam menyelesaikan tugas [3]. Apabila tuntutan pekerjaan melebihi kapasitas individu, kondisi tersebut dapat menyebabkan kelelahan mental, stres kerja, maupun penurunan produktivitas [4]. Oleh karena itu, pengukuran beban kerja mental diperlukan untuk mengetahui tingkat tuntutan pekerjaan yang dirasakan selama melaksanakan aktivitas kerja. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *National Aeronautics and Space Administration Task Load Index* (NASA-TLX), yang mengevaluasi beban kerja mental melalui enam dimensi, yaitu *Mental Demand*, *Physical Demand*, *Temporal Demand*, *Performance*, *Effort*, dan *Frustration* [5][6]. Selain pendekatan subjektif tersebut, perkembangan perangkat *wearable* memungkinkan pemanfaatan indikator fisiologis yang berkaitan dengan kondisi stres melalui perangkat seperti *smartwatch* [7]. Pada penelitian ini, indikator stres diperoleh menggunakan fitur pengukuran stres pada Redmi Watch 3 Active sebagai data pendukung dalam mendeskripsikan kondisi stres kerja.

Berbagai penelitian telah menerapkan NASA-TLX untuk mengukur beban kerja mental pada berbagai sektor pekerjaan. Penelitian yang dilakukan oleh [8] menunjukkan karyawan kantor PT Total Auto Mandiri memiliki beban kerja mental pada kategori tinggi dan merekomendasikan perbaikan sistem kerja untuk menurunkan beban kerja mental. Penelitian [9] menunjukkan bahwa pegawai administrasi memiliki beban kerja mental, kelelahan kerja, dan stres kerja pada kategori tinggi, serta terdapat hubungan yang signifikan antara beban kerja mental dengan kelelahan maupun stres kerja. Penelitian [10] mengidentifikasi adanya hubungan signifikan antara beban kerja mental dengan kelelahan kerja, respons fisiologis, dan performa kognitif pada pekerja kantor. Penelitian [11] memperlihatkan bahwa sebagian besar pegawai memiliki beban kerja mental pada kategori sedang hingga tinggi dengan dimensi *Temporal Demand* sebagai faktor dominan. Di sisi lain, [12] menunjukkan bahwa *smartwatch* dapat digunakan untuk memantau

perubahan respons fisiologis saat individu mengalami stres. Temuan tersebut diperkuat oleh [7] yang menyimpulkan bahwa *wearable devices* dapat dimanfaatkan untuk memantau perubahan indikator fisiologis yang berkaitan dengan stres secara non-invasif. Temuan tersebut diperkuat oleh [13] yang menjelaskan bahwa *smartwatch* memiliki potensi sebagai perangkat praktis untuk pemantauan stres dan kesehatan mental.

Sejalan perkembangan penelitian tersebut, penelitian ini menggunakan NASA-TLX sebagai metode utama untuk mengukur beban kerja mental pekerja administrasi, sedangkan indikator stres yang diperoleh melalui *smartwatch* digunakan sebagai data pendukung dalam mendeskripsikan kondisi stres kerja responden di PT XYZ. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengukur tingkat beban kerja mental karyawan kantor menggunakan metode NASA-TLX serta mendeskripsikan kondisi stres kerja melalui indikator fisiologis yang diperoleh menggunakan *smartwatch*. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar dalam mengevaluasi kondisi beban kerja mental dan menyusun rekomendasi perbaikan kondisi kerja pada karyawan kantor di PT XYZ.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif yang bertujuan untuk mengukur beban kerja mental dan tingkat stres pada pekerja administrasi PT XYZ. Beban kerja mental diukur menggunakan metode *National Aeronautics and Space Administration Task Load Index* (NASA-TLX), sedangkan tingkat stres diukur menggunakan *smartwatch* Redmi Watch 3 Active sebagai indikator fisiologis pendukung.

2.1 Partisipan

Penelitian dilaksanakan pada pekerja administrasi PT XYZ dengan populasi sebanyak 101 karyawan tetap yang berasal dari enam unit kerja administrasi. Jumlah sampel ditentukan menggunakan rumus Slovin dengan tingkat kesalahan sebesar 10%, sehingga diperoleh sebanyak 51 responden. Penentuan jumlah sampel pada setiap unit kerja dilakukan menggunakan teknik *proportional stratified sampling*, sedangkan pemilihan responden menggunakan *purposive sampling* berdasarkan kriteria sebagai karyawan tetap, bersedia menjadi responden, dan aktif melaksanakan pekerjaan administrasi selama periode penelitian. Distribusi populasi dan sampel penelitian disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Distribusi Populasi dan Sampel Penelitian

No	Unit	Karakteristik	Populasi per bagian (N_i)	Sampel (n_i)
1	A	Administrasi kepegawaian, pengelolaan data pegawai, dan perencanaan tenaga kerja.	26	13
2	B	Audit internal, kepatuhan, manajemen risiko, dan administrasi dokumen.	9	4
3	C	Administrasi keuangan, pengelolaan transaksi, dan pelaporan keuangan.	15	8
4	D	Analisis data operasional, pengelolaan aset, dan evaluasi kinerja.	10	5

Tabel 2. Distribusi Populasi dan Sampel Penelitian (lanjutan)

No	Unit	Karakteristik	Populasi per bagian (N_i)	Sampel (n_i)
5	E	Monitoring operasional, analisis data, evaluasi, dan penyusunan laporan.	14	7

No	Unit	Karakteristik	Populasi per bagian (N_i)	Sampel (n_i)
6	F	Administrasi umum, koordinasi kegiatan, dan pengelolaan dokumen perusahaan.	27	14
Total			101	51

2.2 Prosedur Penelitian

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, penyebaran kuesioner NASA-TLX, dan pengukuran indikator stres menggunakan *smartwatch* pada tiga kondisi, yaitu sebelum bekerja, saat bekerja, dan setelah bekerja. Observasi dan wawancara digunakan untuk memperoleh informasi mengenai karakteristik pekerjaan administrasi, sedangkan kuesioner NASA-TLX digunakan untuk mengukur persepsi responden terhadap beban kerja mental. Pengukuran beban kerja mental dilakukan menggunakan metode NASA-TLX yang terdiri atas enam dimensi, yaitu *Mental Demand (MD)*, *Physical Demand (PD)*, *Temporal Demand (TD)*, *Performance (P)*, *Effort (EF)*, dan *Frustration (FR)*. Tahapan pengukuran NASA-TLX meliputi pembobotan (*weighting*), pemberian nilai (*rating*), perhitungan nilai produk, perhitungan *Weighted Workload (WWL)*, perhitungan skor rata-rata WWL, serta interpretasi hasil sesuai dengan kategori beban kerja mental [14]. Adapun deskripsi dimensi Nasa-TLX dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Dimensi NASA-TLX

Dimensi	Deskripsi
<i>Mental Demand (MD)</i>	Seberapa besar usaha fisik yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan ini?
Tabel 2. Dimensi NASA-TLX (lanjutan)	
Dimensi	Deskripsi
<i>Physical Demand (PD)</i>	Seberapa besar usaha mental yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan ini?
<i>Temporal Demand (TD)</i>	Seberapa besar tekanan yang dirasakan berkaitan dengan waktu untuk menyelesaikan pekerjaan ini?
<i>Own Performance (P)</i>	Seberapa besar tingkat keberhasilan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan ini?
<i>Frustration (FR)</i>	Seberapa besar kecemasan, perasaan tertekan, dan stress yang dirasakan untuk menyelesaikan pekerjaan ini?
<i>Effort (EF)</i>	Seberapa besar beban kerja mental dan fisik yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan ini?

Tahap pembobotan dilakukan melalui 15 perbandingan berpasangan untuk menentukan dimensi yang paling dominan memengaruhi beban kerja mental. Selanjutnya, setiap dimensi diberikan nilai menggunakan skala 0-100 sesuai persepsi responden terhadap pekerjaan yang dilakukan. Nilai produk diperoleh dari hasil perkalian antara bobot dan rating masing-masing dimensi, kemudian dijumlahkan untuk memperoleh nilai *Weighted Workload (WWL)*. Skor akhir NASA-TLX dihitung dengan membagi total WWL terhadap jumlah pasangan perbandingan, yaitu 15. Skor NASA-TLX selanjutnya diklasifikasikan menjadi lima kategori, yaitu rendah (0-9), sedang (10-29), agak tinggi (30-49), tinggi (50-79), dan sangat tinggi (80-100) [14]. Sementara itu, pengukuran tingkat stres kerja dilakukan menggunakan *smartwatch* yang mengidentifikasi tingkat stres melalui indikator fisiologis. *Smartwatch* yang digunakan mengukur stres kerja manusia berdasarkan *heart rate variability (HRV)*. Pengukuran tingkat stres kerja dilakukan menggunakan *smartwatch* yang mengidentifikasi tingkat stres melalui indikator fisiologis. Pengukuran dilakukan pada tiga kondisi, yaitu sebelum bekerja, saat bekerja, dan setelah bekerja.

2.3 Analisis Data

Dilakukan secara deskriptif untuk menggambarkan tingkat beban kerja mental menggunakan metode *National Aeronautics and Space Administration Task Load Index* (NASA-TLX) serta tingkat stres kerja melalui indikator fisiologis yang diperoleh menggunakan *smartwatch*. Hasil pengukuran beban kerja mental disajikan dalam bentuk distribusi kategori, sedangkan hasil pengukuran tingkat stres kerja disajikan berdasarkan kondisi pengukuran, yaitu sebelum bekerja, saat bekerja, dan setelah bekerja. Penyajian hasil dilakukan dalam bentuk tabel dan gambar untuk memudahkan interpretasi. Selanjutnya, dilakukan analisis hubungan antara beban kerja mental dan tingkat stres kerja menggunakan uji korelasi. Sebelum dilakukan analisis hubungan, data beban kerja mental dan tingkat stres kerja diuji normalitas menggunakan IBM SPSS Statistic. Uji normalitas dilakukan menggunakan Kolmogorov-Smirnov untuk mengetahui distribusi data [15]. Selanjutnya, jenis uji korelasi ditentukan sesuai dengan hasil uji normalitas. Apabila data berdistribusi normal, analisis hubungan dilakukan menggunakan uji korelasi Pearson, sedangkan apabila data tidak berdistribusi normal digunakan uji korelasi Spearman. Hasil uji korelasi diinterpretasikan melalui nilai koefisien korelasi dan tingkat signifikansi untuk mengetahui hubungan antara beban kerja mental dan tingkat stres kerja. Seluruh pengujian statistik dilakukan pada tingkat signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) [16].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Responden

Penelitian ini melibatkan 51 responden yang merupakan karyawan kantor PT XYZ. Karakteristik responden meliputi usia, jenis kelamin, masa kerja, dan tingkat pendidikan. Penyajian karakteristik responden bertujuan untuk memberikan gambaran umum mengenai profil responden yang menjadi objek penelitian, sehingga hasil pengukuran beban kerja mental dapat diinterpretasikan sesuai dengan karakteristik tenaga kerja yang diteliti, yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Demografi Responden

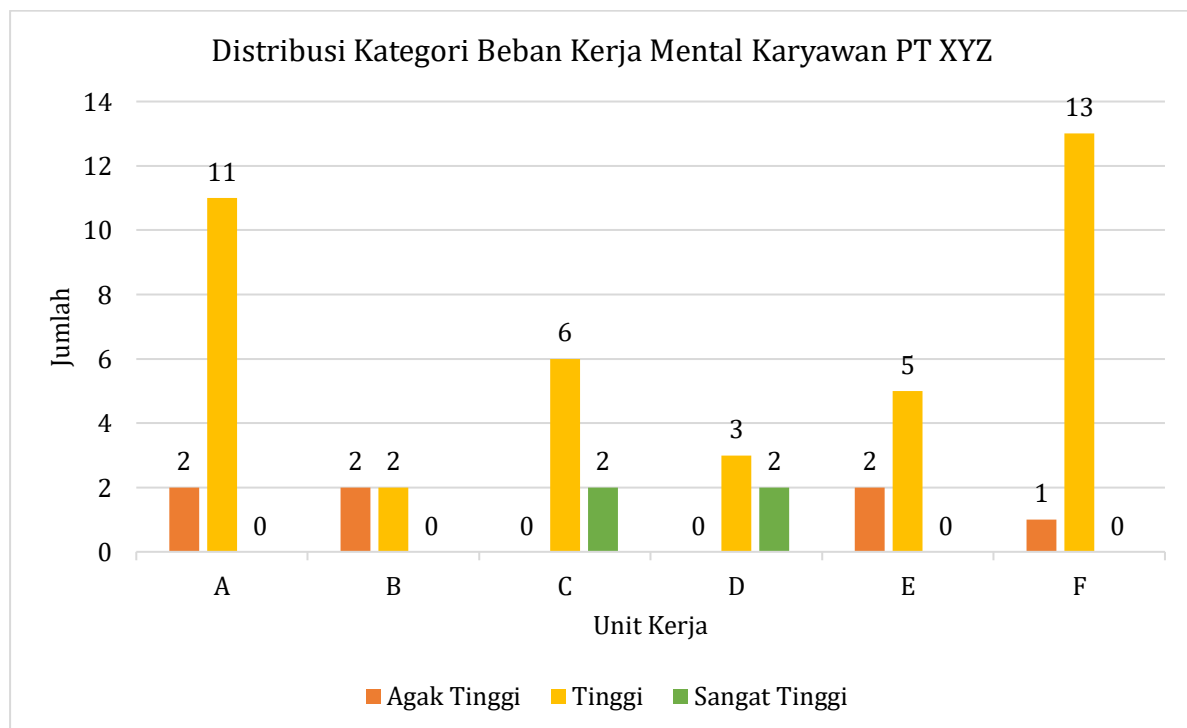
Karakteristik	Unit	Populasi per bagian (N_i)	Sampel (n_i)
Usia	26-30	4	7,84%
	31-35	2	3,92%
	36-40	10	19,61%
	41-45	19	35,29%
	46-50	6	15,69%
	>50	10	17,65%
Jenis Kelamin	Laki-laki	38	74,51%
	Perempuan	13	25,49%
Masa Kerja	<10 Tahun	6	11,76%
	>10 Tahun	45	88,24%
Pendidikan	S1	38	74,51%
	SLTA	11	21,57%
	SLTP	2	3,92%

Tabel 3 menunjukkan bahwa mayoritas responden berada pada rentang usia 41-45 tahun sebanyak 19 orang (35,29%), diikuti kelompok usia 36-40 tahun sebanyak 10 orang (19,61%). Responden didominasi oleh laki-laki sebanyak 38 orang (74,51%), sedangkan perempuan berjumlah 13 orang (25,49%). Sebagian besar responden telah bekerja lebih dari 10 tahun, yaitu sebanyak 45 orang (88,24%), yang menunjukkan bahwa mayoritas responden memiliki pengalaman kerja yang cukup panjang. Selain itu, sebagian besar responden memiliki pendidikan

terakhir sarjana sebanyak 38 orang (74,51%), diikuti lulusan SLTA sebanyak 11 orang (21,57%) dan SLTP sebanyak 2 orang (3,92%). Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa responden didominasi oleh tenaga kerja berpengalaman dengan latar belakang pendidikan yang relatif tinggi, sehingga diharapkan mampu memberikan penilaian yang representatif terhadap kondisi beban kerja mental yang dialami selama bekerja.

3.2 Hasil Pengukuran Beban Kerja Mental

Pengukuran beban kerja mental dilakukan menggunakan metode *National Aeronautics and Space Administration Task Load Index* (NASA-TLX) terhadap 51 responden yang bekerja pada area administrasi PT XYZ. Metode NASA-TLX mengukur persepsi beban kerja mental berdasarkan enam dimensi, yaitu *Mental Demand (MD)*, *Physical Demand (PD)*, *Temporal Demand (TD)*, *Performance (P)*, *Effort (EF)*, dan *Frustration (FR)*. Hasil pengukuran kemudian dihitung menggunakan nilai *Weighted Workload (WWL)* untuk menentukan kategori beban kerja mental setiap responden. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sebagian besar responden mengalami beban kerja mental pada kategori tinggi. Dari 51 responden, sebanyak 40 responden (78%) berada pada kategori tinggi, 7 responden (14%) berada pada kategori agak tinggi, dan 4 responden (8%) berada pada kategori sangat tinggi. Tidak terdapat responden yang termasuk dalam kategori rendah maupun sedang. Distribusi kategori beban kerja mental responden disajikan pada Gambar 2.



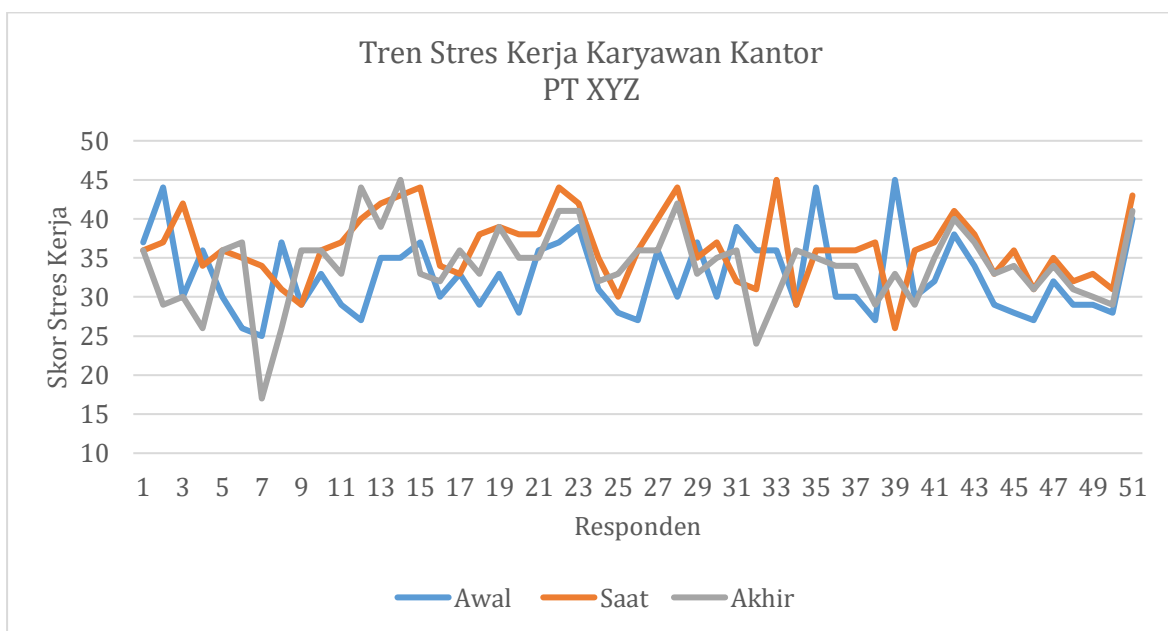
Gambar 1. Distribusi Kategori Beban Kerja Mental Karyawan Kantor PT XYZ

Gambar 1 menunjukkan kategori beban kerja mental tinggi mengindikasikan bahwa sebagian besar responden menghadapi tuntutan pekerjaan yang cukup besar dalam menjalankan aktivitas administrasi. Pekerjaan seperti pengolahan data, pemeriksaan dokumen, koordinasi antarunit, penyusunan laporan, serta penyelesaian pekerjaan sesuai target waktu memerlukan perhatian dan konsentrasi secara terus-menerus. Kondisi tersebut menyebabkan beban kognitif menjadi lebih dominan dibandingkan tuntutan fisik sehingga persepsi beban kerja mental cenderung meningkat. Selain itu, hasil pengolahan NASA-TLX menunjukkan adanya variasi tingkat beban kerja antarresponden. Meskipun sebagian besar berada pada kategori tinggi, terdapat beberapa responden yang berada pada kategori agak tinggi maupun sangat tinggi.

Variasi tersebut menunjukkan bahwa persepsi terhadap beban kerja dipengaruhi oleh karakteristik tugas, kompleksitas pekerjaan, serta tanggung jawab yang diterima oleh masing-masing karyawan. Perbedaan ini merupakan hal yang umum pada pekerjaan administrasi karena setiap unit memiliki karakteristik pekerjaan dan intensitas aktivitas yang berbeda. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pekerjaan administrasi di PT XYZ memiliki tuntutan mental yang relatif tinggi. Oleh karena itu, pengelolaan beban kerja mental menjadi penting untuk menjaga konsentrasi, meminimalkan kesalahan kerja, serta mendukung produktivitas karyawan kantor dalam menyelesaikan tugas secara efektif.

3.3 Hasil Pengukuran Tingkat Stres Kerja

Tingkat stres kerja diukur menggunakan *smartwatch* Redmi Watch 3 Active melalui indikator fisiologis yang direkam pada tiga waktu pengukuran, yaitu sebelum bekerja, saat bekerja, dan setelah bekerja. Pengukuran dilakukan untuk menggambarkan perubahan kondisi fisiologis responden selama menjalankan aktivitas kerja pada satu hari kerja. Skor stres yang dihasilkan berada pada rentang 1-100, di mana semakin tinggi skor menunjukkan tingkat stres yang semakin tinggi. Adapun tren skor stres kerja dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Tren Stres Kerja Karyawan Kantor PT XYZ

Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai stres kerja responden mengalami variasi pada setiap waktu pengukuran. Secara umum, skor stres cenderung meningkat pada saat bekerja dibandingkan sebelum bekerja. Kondisi ini menunjukkan bahwa aktivitas pekerjaan memberikan tambahan tuntutan fisiologis selama jam kerja berlangsung. Pada beberapa responden, skor stres tetap meningkat hingga akhir jam kerja, sedangkan pada responden lainnya terjadi penurunan setelah aktivitas kerja selesai. Variasi tersebut mengindikasikan bahwa respons fisiologis terhadap pekerjaan berbeda pada setiap individu.

Peningkatan skor stres pada saat bekerja menunjukkan bahwa aktivitas administrasi memerlukan keterlibatan kognitif secara terus-menerus sehingga memengaruhi respons fisiologis pekerja. Aktivitas seperti penyelesaian dokumen, koordinasi antarunit, pengolahan data, serta tuntutan penyelesaian pekerjaan sesuai target waktu dapat meningkatkan beban psikologis yang tercermin melalui perubahan skor stres selama jam kerja. Meskipun demikian, tidak seluruh responden menunjukkan pola perubahan yang sama. Beberapa responden mengalami penurunan skor stres pada akhir jam kerja yang mengindikasikan adanya proses adaptasi terhadap tuntutan pekerjaan atau berkurangnya intensitas aktivitas menjelang akhir jam

kerja. Sebaliknya, sebagian responden tetap menunjukkan skor stres yang tinggi hingga akhir pengukuran, yang mengindikasikan bahwa tuntutan pekerjaan masih berlangsung atau belum sepenuhnya berkurang.

Secara keseluruhan, hasil pengukuran menunjukkan bahwa tingkat stres kerja bersifat dinamis dan berubah mengikuti aktivitas yang dilakukan selama jam kerja. Oleh karena itu, pemantauan kondisi fisiologis menggunakan *smartwatch* dapat memberikan informasi pendukung mengenai perubahan tingkat stres pekerja selama menjalankan aktivitas administrasi. Namun, hasil pengukuran ini tidak digunakan sebagai pengganti pengukuran beban kerja mental menggunakan NASA-TLX, melainkan sebagai indikator fisiologis yang melengkapi interpretasi kondisi kerja responden.

3.4 Hubungan Beban Kerja Mental dan Tingkat Stres Kerja

Hubungan antara beban kerja mental dan tingkat stres kerja dianalisis menggunakan uji korelasi. Sebelum pengujian dilakukan, data diuji normalitasnya untuk menentukan metode analisis yang sesuai. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data beban kerja mental ($p = 0,183$) dan stres kerja saat bekerja ($p = 0,200$) berdistribusi normal, sedangkan data stres kerja pada awal bekerja ($p < 0,001$) dan akhir bekerja ($p = 0,022$) tidak berdistribusi normal. Oleh karena itu, analisis korelasi dilakukan menggunakan uji Pearson pada data yang berdistribusi normal dan uji Spearman pada data yang tidak berdistribusi normal. Selanjutnya dilakukan uji korelasi yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Korelasi Beban Kerja Mental dan Tingkat Stres Kerja

Pasangan Variabel	Rata-rata $\pm$ SD	r	R ² (%)	p-value	Keterangan
Beban Kerja Mental vs					
Stres kerja Awal kerja	32,67 $\pm$ 12,50	0,093	0,86	0,517	Tidak terdapat hubungan (Sangat lemah)
Stres Kerja (Saat bekerja)	36,33 $\pm$ 4,40	0,027	0,07	0,850	Tidak terdapat hubungan (Sangat lemah)
Stres Kerja (Akhir Kerja)	34,06 $\pm$ 5,05	0,064	0,41	0,655	Tidak terdapat hubungan (Sangat lemah)

Keterangan: r = Koefisien korelasi; R^2 = Koefisien determinasi (r^2); $\alpha = 0,05$.

Tabel 5 menunjukkan bahwa seluruh nilai koefisien korelasi berada pada kisaran 0,027 hingga 0,093 dengan nilai signifikansi lebih besar dari 0,05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara beban kerja mental dan tingkat stres kerja pada ketiga waktu pengukuran. Temuan ini mengindikasikan bahwa tingginya persepsi beban kerja mental yang diukur menggunakan NASA-TLX tidak selalu diikuti oleh peningkatan respons fisiologis yang diukur menggunakan *smartwatch*. Perbedaan tersebut dapat dijelaskan oleh karakteristik kedua instrumen, di mana NASA-TLX mengukur persepsi subjektif terhadap tuntutan pekerjaan secara keseluruhan, sedangkan *smartwatch* mengukur respons fisiologis pada waktu tertentu selama aktivitas kerja berlangsung.

3.5 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mayoritas responden mengalami beban kerja mental pada kategori tinggi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pekerjaan administrasi di PT XYZ didominasi oleh aktivitas yang membutuhkan konsentrasi tinggi, ketelitian, pengolahan informasi, koordinasi antarbagian, dan penyelesaian pekerjaan sesuai target waktu. Temuan ini sejalan dengan penelitian [7] yang menunjukkan bahwa pekerjaan dengan tuntutan kognitif yang tinggi cenderung meningkatkan persepsi beban kerja mental. Di sisi lain, hasil pengukuran

menggunakan *smartwatch* menunjukkan bahwa tingkat stres kerja berubah selama aktivitas kerja berlangsung. Skor stres cenderung meningkat pada saat bekerja, namun tidak selalu tetap tinggi hingga akhir jam kerja. Kondisi ini menunjukkan bahwa respons fisiologis bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh berbagai faktor selama aktivitas kerja. Temuan tersebut mendukung penelitian [10] yang menyatakan bahwa indikator fisiologis mampu menggambarkan perubahan kondisi tubuh secara *real-time*, tetapi dipengaruhi oleh karakteristik individu dan kondisi lingkungan.

Meskipun sebagian besar responden mengalami beban kerja mental yang tinggi, hasil uji korelasi menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara beban kerja mental dan tingkat stres kerja. Hasil ini mengindikasikan bahwa persepsi pekerja terhadap tuntutan pekerjaan tidak selalu diikuti oleh perubahan respons fisiologis yang terukur. Temuan tersebut sejalan dengan penelitian, yang menunjukkan bahwa pengukuran subjektif dan fisiologis dapat memberikan hasil yang berbeda karena masing-masing mengevaluasi aspek yang berbeda dari kondisi pekerja. Selain perbedaan karakteristik instrumen, karakteristik responden juga diduga berkontribusi terhadap hasil penelitian. Mayoritas responden memiliki masa kerja lebih dari sepuluh tahun sehingga telah memiliki pengalaman dan kemampuan beradaptasi terhadap tuntutan pekerjaan. Pengalaman tersebut memungkinkan pekerja tetap mampu mengelola respons fisiologis meskipun merasakan beban kerja mental yang tinggi [4].

Perbedaan pola perubahan tingkat stres kerja pada setiap unit diduga dipengaruhi oleh karakteristik aktivitas administrasi yang dilakukan. Unit C, misalnya, menangani administrasi transaksi keuangan, verifikasi pembayaran, serta penyusunan laporan manajemen yang memiliki tenggat waktu ketat, terutama pada periode tutup buku. Aktivitas tersebut menuntut ketelitian tinggi serta penyelesaian pekerjaan dalam waktu terbatas sehingga perubahan tingkat stres kerja cenderung terjadi ketika volume transaksi dan target penyelesaian meningkat. Kondisi serupa juga ditemukan pada Unit D yang bertanggung jawab terhadap rekonsiliasi data penjualan, analisis penjualan, dan penyusunan laporan. Pekerjaan pada unit ini bergantung pada ketersediaan data dari unit lain sehingga perubahan progres pekerjaan dapat meningkatkan tekanan waktu selama proses penyelesaian tugas. Sementara itu, Unit B memiliki karakteristik pekerjaan berupa audit lapangan, pemeriksaan dokumen, serta penyusunan laporan audit yang dipengaruhi oleh kelengkapan data dari unit yang diaudit. Kondisi tersebut menyebabkan intensitas pekerjaan berubah mengikuti jadwal audit maupun proses pengumpulan data. Pada Unit E, fluktuasi aktivitas dipengaruhi oleh monitoring operasional, evaluasi produksi, analisis data, serta koordinasi dengan beberapa unit kerja ketika terjadi kendala operasional sehingga pekerja perlu menyesuaikan prioritas pekerjaan dalam waktu yang bersamaan. Berbeda dengan unit tersebut, Unit A dan Unit F lebih banyak melakukan administrasi kepegawaian, pelayanan kegiatan perusahaan, pengelolaan perjalanan dinas, serta administrasi kendaraan operasional. Meskipun tetap memerlukan konsentrasi dan ketelitian yang tinggi, peningkatan tingkat stres pada kedua unit umumnya terjadi ketika terdapat peningkatan volume administrasi, perubahan jadwal kegiatan, atau kebutuhan koordinasi lintas unit. Temuan ini menunjukkan bahwa aktivitas administratif yang melibatkan koordinasi dengan banyak pihak, ketergantungan terhadap data dari unit lain, target penyelesaian dalam waktu terbatas, serta perubahan prioritas pekerjaan cenderung menghasilkan perubahan tingkat stres kerja yang lebih dinamis dibandingkan aktivitas administrasi yang bersifat rutin.

Penelitian ini menunjukkan bahwa NASA-TLX dan pengukuran menggunakan *smartwatch* memiliki peran yang saling melengkapi dalam mengevaluasi kondisi kerja. NASA-TLX memberikan informasi mengenai persepsi subjektif pekerja terhadap beban kerja mental, sedangkan *smartwatch* memberikan gambaran mengenai respons fisiologis selama aktivitas kerja berlangsung. Kombinasi kedua metode tersebut dapat memberikan evaluasi yang lebih komprehensif. Temuan penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh perusahaan sebagai acuan dalam Menyusun strategi pengelolaan pekerjaan administrasi. Upaya seperti pemerataan distribusi pekerjaan, pemantauan beban kerja secara berkala, penyempurnaan proses kerja, dan pengaturan waktu istirahat dapat mendukung terciptanya lingkungan kerja yang lebih optimal. Selain itu, penggunaan perangkat *wearable* sebagai indikator fisiologis dapat dimanfaatkan

sebagai alat pendukung untuk memantau kondisi pekerja secara berkala sehingga potensi kelelahan maupun penurunan performa kerja dapat diidentifikasi lebih dini.

Hasil penelitian ini memberikan gambaran mengenai beban kerja mental dan tingkat stres kerja pada pekerja administrasi PT XYZ. Namun, interpretasi hasil perlu mempertimbangkan bahwa penelitian dilakukan pada 51 responden di satu perusahaan sehingga representasi terhadap sektor industri atau jenis pekerjaan lainnya masih terbatas. Selain itu, pengukuran tingkat stres kerja didasarkan pada indikator fisiologis yang diperoleh menggunakan *smartwatch*, sehingga faktor lain yang berpotensi memengaruhi stres kerja, seperti lingkungan kerja, beban kerja fisik, faktor psikososial, maupun karakteristik individu, belum dianalisis dalam penelitian ini. Pengukuran *Heart Rate Variability* (HRV) menggunakan *smartwatch* juga dilakukan pada waktu-waktu pengukuran tertentu sehingga belum mampu menggambarkan perubahan respons fisiologis secara kontinu selama aktivitas kerja berlangsung. Pengamatan juga dilakukan dalam periode yang relatif singkat sehingga belum mampu menggambarkan perubahan beban kerja mental dan tingkat stres kerja dalam jangka panjang.

Oleh karena itu, penelitian selanjutnya diharapkan dapat melibatkan jumlah responden yang lebih besar dengan cakupan unit kerja atau perusahaan yang lebih beragam, menambahkan variabel yang berkaitan dengan kondisi kerja dan karakteristik individu, serta menggunakan instrumen pengukuran fisiologis yang mampu merekam HRV secara kontinu dalam durasi yang lebih panjang, seperti *electrocardiography* (ECG) atau *chest strap heart rate monitor* (misalnya Polar H10), sehingga dinamika respons fisiologis pekerja selama aktivitas kerja dapat diamati secara lebih rinci [17].

4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur beban kerja mental menggunakan metode *National Aeronautics and Space Administration Task Load Index* (NASA-TLX), mengidentifikasi tingkat stres kerja melalui indikator fisiologis yang diperoleh menggunakan *smartwatch*, serta menganalisis hubungan antara beban kerja mental dan tingkat stres kerja pada karyawan kantor PT XYZ. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar responden mengalami beban kerja mental pada kategori tinggi, yang mengindikasikan bahwa pekerjaan administrasi memiliki tuntutan kognitif yang tinggi serta membutuhkan konsentrasi dan ketelitian dalam pelaksanaannya. Hasil pengukuran indikator fisiologis menunjukkan adanya perubahan kondisi responden selama aktivitas kerja berlangsung. Namun, hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara beban kerja mental dan tingkat stres kerja pada seluruh waktu pengukuran. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa persepsi beban kerja mental yang diperoleh melalui NASA-TLX tidak selalu diikuti oleh perubahan indikator fisiologis yang diperoleh menggunakan *smartwatch*. Berdasarkan temuan penelitian, diusulkan empat rekomendasi perbaikan, yaitu pengembangan media monitoring progres pekerjaan berbasis *spreadsheet*, penyusunan media visual matriks prioritas pekerjaan dan penyempurnaan proses bisnis menggunakan *Business Process Model and Notation* (BPMN), penerapan jadwal *micro-break*, serta pelaksanaan program edukasi mengenai pengelolaan stres kerja. Rekomendasi tersebut disusun sebagai alternatif perbaikan yang dapat dipertimbangkan oleh perusahaan dalam mendukung pengelolaan beban kerja mental dan penyempurnaan proses kerja administrasi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT XYZ atas izin dan kesempatan yang diberikan untuk melaksanakan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh responden yang telah berpartisipasi dalam proses pengumpulan data.

REFERENSI

- [1] A. F. Assa, "Dampak Beban Kerja dan Lingkungan Kerja Terhadap Burnout Syndrome pada Karyawan PT. Sinergi Integra Services," *Jurnal Ilmiah MEA (Manajemen, Ekonomi, dan*

- Akuntansi*), vol. 6, no. 3, hal. 436–451, 2022.
- [2] I. Nurul, N. A. Firmansyah, dan A. I. Himayati, “Evaluasi Beban Kerja Mental menggunakan Metode NASA Task Load index (NASA-TLX) pada Karyawan Departemen Produksi,” *Sainteks: Jurnal Sains dan Teknik*, vol. 7, no. 01, hal. 12–22, 2025, doi: <http://doi.org/10.37577/sainteks.v7i01.858>.
- [3] I. Verena Medan, Monica Zulfikar dan Y. Fuadi, “Hubungan antara Beban Kerja Mental dengan Kelelahan Kerja Mental pada Karyawan Perkantoran di PT. Trakindo Utama Kota Balikpapan,” *Jurnal Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan Lingkungan*, vol. 10, no. 2, hal. 458–463, 2024.
- [4] Tarwaka, S. HA. Bakri, dan L. Sudiajeng, *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. 2004.
- [5] J. Iztiyar, H. Chandra, dan A. Endah Wahyuni, “Beban Kerja Mental dengan Metode NASA-TLX pada Karyawan UD. XYZ,” *JUTIN : Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 7, no. 3, 2024, doi: 10.31004/jutin.v7i3.29582 Corresponding.
- [6] M. R. Sari dan H. Suliantoro, “Analisis Beban Kerja Mental menggunakan metode NASA-TLX pada Divisi Lipat PT Solo Murni,” vol. 10, 2022.
- [7] K. Li, C. Cardoso, A. Moctezuma-ramirez, A. Elgalad, dan E. Perin, “Heart Rate Variability Measurement through a Smart Wearable Device : Another Breakthrough for Personal Health Monitoring?,” *Enviromental Research and Public Health*, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph20247146>.
- [8] P. N. Alamsyah dan Sutrisno, “Analisis Beban Kerja Mental pada karyawan Office menggunakan Metode NASA-TLX di PT. Total Auto Mandiri,” hal. 49–56, 2010.
- [9] M. Nurvita, Sumardiyono, dan R. P. Fauzi, “Hubungan Beban Kerja Mental dengan Kelelahan Kerja dan Stres Kerja pada Pegawai PT X,” *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 12, no. 4, hal. 140–147, 2024, doi: DOI : 10.14710/jkm.v12i2.39309.
- [10] N. Mahdavi, L. Tapak, E. Darvishi, A. D. Irani, dan M. S. Motlagh, “Unraveling the interplay between mental workload , occupational fatigue , physiological responses and cognitive performance in office workers,” *Scientific Reports*, hal. 1–13, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-68889-4.
- [11] E. P. Rahayu dan W. Rosdiana, “Analisis Perhitungan Beban Kerja Mental Menggunakan Metode Pengukuran National Aeronautics And Space Administration Task Load Index (Nasa-Tlx) Pada Pegawai Di Kantor Pelayanan Pembendaharaan Negara Tipe A1 Kota Yogyakarta,” *Inovant*, vol. 3, no. 2, hal. 31–43, 2025.
- [12] T. Chalmers *et al.*, “Stress Watch : The Use of Heart Rate and Heart Rate Variability to Detect Stress : A Pilot Study Using Smart Watch Wearables,” *Sensors*, hal. 1–10, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/s22010151>.
- [13] N. Kapogianni, A. Sideraki, dan C.-N. Anagnostopoulos, “Using Smartwatches in Stress Management, Mental Health, and Well-Being : A Systematic Review,” *algorithms*, 2025, doi: <https://doi.org/10.3390/a18070419>.
- [14] S. Puspitasari dan C. Ramadhani, “Analisis Beban Kerja Mental Terhadap Skema Kerja Pada Karyawan Bakso Keling Masmin Solo Dengan Metode NASA-TLX dan Perspektif Ergonomi,” hal. 454–460, 2025.
- [15] P. Mishra, C. M. Pandey, dan U. Singh, “Descriptive Statistics and Normality Tests for Statistical Data,” hal. 67–72, 2019, doi: 10.4103/aca.ACA.
- [16] D. U. Alfansuri, E. Munawaroh, dan M. Ilyas, “Memahami Dan Menerapkan Uji Korelasi Dalam Analisis Data Penelitian Pendidikan,” hal. 740–752, 2025.
- [17] M. Schaffarczyk, B. Rogers, R. Reer, dan T. Gronwald, “Validity of the Polar H10 Sensor for Heart Rate Variability Recreational Men and Women,” *Sensors*, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/s22176536>.



Volume 01, Nomor 01, Juli 2026, hlm 01-10

JIIE

Journal of Integrated Industrial Engineering

p ISSN | e ISSN

http://



PENENTUAN KOMBINASI FAKTOR OPTIMUM UNTUK MEMPERPANJANG MASA SIMPAN TAHU MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Muhammad Faishal Jundana Muttaqin^{1*}, Naufal Auliansyah², Sherin Ramadhania³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Sumatera, Jalan Terusan Ryacudu, Desa Way Hui, Kecamatan Jatiagung, Lampung Selatan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Article History:

Submission: 10-07-2026

Revised: 25-07-2026

Accepted: 29-07-2026

Kata Kunci:

Tofu, Kitosan, Desain Eksperimen, Taguchi, Masa Simpan

Keywords:

Tofu, chitosan, Design of Experiment, Taguchi, shelf life

***Korespondensi:**

Author

Muhammad.Muttaqin@itera.ac.id

ABSTRAK

Pertumbuhan industri pangan telah meningkatkan kebutuhan akan produk olahan berbahan dasar kedelai, salah satunya tahu. Namun, tahu merupakan produk yang mudah mengalami kerusakan sehingga memiliki masa simpan yang relatif singkat. Salah satu upaya untuk memperpanjang masa simpan tahu adalah dengan menggunakan bahan pengawet alami, yaitu kitosan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi faktor yang optimal dalam meningkatkan masa simpan tahu menggunakan metode Taguchi. Selain memperoleh kombinasi faktor terbaik, metode ini juga digunakan untuk mengidentifikasi faktor dan level yang memberikan pengaruh paling signifikan terhadap kualitas dan masa simpan tahu. Faktor yang dikaji meliputi konsentrasi kitosan, suhu penyimpanan, dan jenis tahu. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kombinasi faktor optimal, yaitu faktor A level 1 (penggunaan kitosan), faktor B level 2 (penyimpanan pada suhu lemari pendingin), dan faktor C level 2 (tahu kuning), mampu meningkatkan masa simpan tahu hingga 96 jam. Berdasarkan uji hedonik, kombinasi tersebut juga memperoleh tingkat penerimaan tertinggi dari panelis berdasarkan parameter warna, aroma, tekstur, dan rasa. Hasil prediksi kondisi optimal selanjutnya divalidasi melalui eksperimen konfirmasi dan menunjukkan bahwa rata-rata masa simpan yang diperoleh berada dalam selang kepercayaan hasil prediksi, sehingga kombinasi faktor yang diusulkan dinyatakan valid. Dengan demikian, kombinasi parameter yang diperoleh melalui metode Taguchi terbukti efektif dalam meningkatkan masa simpan tahu tanpa mengurangi tingkat penerimaan konsumen.

ABSTRACT

The rapid growth of the food industry has increased the demand for soybean-based products, particularly tofu. However, tofu is highly perishable and has a relatively short shelf life, limiting its commercial distribution and storage. One approach to extending tofu shelf life is the application of natural preservatives, such as chitosan. This study aimed to determine the optimal combination of factors for extending tofu shelf life using the Taguchi method. In addition, the Taguchi approach was employed to identify the factors and levels that



JIIE: Journal Of Integrated Industrial Engineering (JIIE) is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

significantly influence both tofu quality and shelf life. The investigated factors included chitosan treatment, storage temperature, and tofu type. The experimental results demonstrated that the optimal factor combination, consisting of factor A level 1 (chitosan treatment), factor B level 2 (refrigerated storage), and factor C level 2 (yellow tofu), successfully extended the shelf life of tofu to 96 hours. Furthermore, the hedonic evaluation indicated that this combination achieved the highest consumer acceptance based on color, aroma, texture, and taste. The predicted optimal condition was subsequently validated through a confirmation experiment, and the average shelf life obtained fell within the confidence interval of the predicted value, confirming the validity of the proposed parameter combination. These findings demonstrate that the Taguchi method is an effective approach for optimizing processing parameters to extend tofu shelf life while maintaining consumer acceptance.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri pangan telah meningkatkan pemanfaatan kedelai sebagai salah satu bahan baku utama dalam berbagai produk olahan [1]. Salah satu produk olahan kedelai yang paling banyak dikonsumsi masyarakat adalah tahu [2]. Tahu merupakan produk pangan berbentuk padat lunak yang dihasilkan melalui proses penggumpalan protein kedelai tanpa penambahan bahan lain [3]. Selain memiliki harga yang relatif terjangkau, tahu juga menjadi sumber protein nabati yang penting karena kedelai mengandung protein berkualitas tinggi dengan komposisi asam amino yang lengkap serta tingkat pencernaan protein mencapai sekitar 85%–98% [4]. Meskipun kandungan protein tahu masih lebih rendah dibandingkan sumber protein hewani, produk ini tetap menjadi alternatif utama dalam memenuhi kebutuhan protein masyarakat [5].

Tingginya tingkat konsumsi tahudi Indonesia menunjukkan bahwa produk ini memiliki peran penting sebagai sumber pangan sehari-hari. Berdasarkan Statistik Konsumsi Pangan Indonesia, konsumsi tahu per kapita selama periode 2018–2022 cenderung stabil meskipun mengalami sedikit fluktuasi, sebagaimana disajikan pada Tabel 1[6]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa upaya untuk mempertahankan kualitas dan memperpanjang masa simpan tahu menjadi semakin penting guna memenuhi kebutuhan konsumen serta mengurangi potensi kerugian selama proses distribusi dan penyimpanan.

Tabel 1. Konsumsi Rata-Rata Tahu Per kapita Per tahun di Indonesia

Tahun	Konsumsi Perkapita (Kg)	Persentase (%)
2018	2.879	0
2019	2.771	-3,7%
2020	2.785	0,5%
2021	2.874	3,1%
2022	2.707	-5,8%

Sumber: [6]

Di sisi lain, tahu merupakan produk pangan yang mudah mengalami kerusakan karena memiliki kadar air sekitar 86% dan kandungan protein sebesar 8–12% [7]. Kandungan air dan protein yang tinggi pada tahu menyebabkan tahu mudah ditumbuhi mikroorganisme sehingga masa simpannya relatif singkat, yaitu hanya sekitar satu hingga dua hari pada suhu ruang [8]. Setelah melewati masa simpan tersebut, tahu akan mengalami penurunan mutu yang ditandai dengan perubahan rasa menjadi asam, perubahan tekstur, warna, dan aroma, sehingga tidak layak untuk dikonsumsi [9].

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memperpanjang masa simpan tahu adalah dengan memanfaatkan bahan pengawet alami. Kitosan, yang merupakan turunan kitin [10], telah banyak dikembangkan sebagai bahan pengawet alami karena memiliki sifat antimikroba, tidak bersifat toksik, serta aman digunakan pada produk pangan. Penggunaan kitosan diharapkan mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab kerusakan, sehingga dapat mempertahankan kualitas dan memperpanjang masa simpan tahu.

Metode Taguchi merupakan salah satu metode Design of Experiments (DOE) [11] yang dikembangkan untuk mengoptimalkan kualitas produk dan proses melalui penentuan kombinasi faktor yang paling efektif dengan jumlah percobaan yang efisien. Metode ini menggunakan orthogonal array untuk menyusun rancangan eksperimen, Signal-to-Noise Ratio (S/N Ratio) untuk menentukan kombinasi faktor yang menghasilkan karakteristik kualitas terbaik [12], serta analisis varians (ANOVA) untuk mengidentifikasi faktor yang memberikan pengaruh signifikan terhadap respons penelitian. Pada penelitian ini, metode Taguchi diterapkan untuk mengoptimalkan kombinasi penggunaan kitosan, suhu penyimpanan, dan jenis tahu guna memperoleh masa simpan yang maksimum dengan karakteristik kualitas *larger is better*. Melalui pendekatan ini, diperoleh kombinasi faktor optimum yang mampu memperpanjang masa simpan tahu, sekaligus mempertahankan kualitas produk berdasarkan parameter kadar air, warna, dan tingkat penerimaan panelis melalui uji hedonik.

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam penerapan metode Taguchi [11] untuk mengoptimalkan parameter pengawetan alami pada tahu melalui kombinasi penggunaan kitosan, suhu penyimpanan, dan jenis tahu. Selain menentukan kombinasi faktor optimum yang mampu memperpanjang masa simpan, penelitian ini juga mengevaluasi kualitas produk berdasarkan beberapa parameter, yaitu masa simpan, kadar air, karakteristik warna (*L*, *a*, dan *b*), serta tingkat penerimaan konsumen melalui uji hedonik yang meliputi warna, aroma, tekstur, dan rasa. Hasil penelitian diharapkan dapat menunjukkan bahwa optimasi tidak hanya meningkatkan masa simpan tahu, tetapi juga mampu mempertahankan karakteristik fisik dan tingkat penerimaan konsumen. Sehingga, hasil penelitian ini nantinya dapat menjadi referensi bagi industri tahu, khususnya usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM), dalam menerapkan metode pengawetan alami yang efektif, aman, dan mudah diimplementasikan sebagai alternatif pengganti bahan pengawet sintetis.

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan pendekatan Taguchi. Metode Taguchi merupakan salah satu metode optimasi yang dikembangkan untuk meningkatkan kualitas produk melalui perancangan eksperimen yang efisien. Metode ini bertujuan untuk memperoleh kombinasi faktor yang optimal dengan meminimalkan pengaruh variasi yang tidak dapat dikendalikan (*noise*), sehingga kualitas produk menjadi lebih konsisten. Keunggulan metode Taguchi terletak pada kemampuannya mengidentifikasi faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap karakteristik kualitas dengan jumlah eksperimen yang lebih sedikit dibandingkan metode eksperimen konvensional.

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan mengamati perubahan masa simpan tahu setelah diberikan perlakuan sesuai kombinasi faktor yang telah ditentukan. Optimasi dilakukan menggunakan matriks Orthogonal Array L4 (2^3), yang sesuai untuk rancangan eksperimen dengan tiga faktor dan dua level pada setiap faktor. Penggunaan matriks ini memungkinkan seluruh kombinasi perlakuan utama dievaluasi secara efisien dengan jumlah percobaan yang minimal.

Tiga faktor yang diteliti meliputi penggunaan kitosan (dengan dan tanpa kitosan), suhu penyimpanan (suhu ruang dan suhu lemari pendingin), serta jenis tahu (tahu putih dan tahu kuning). Ketiga faktor tersebut dipilih karena diduga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap masa simpan tahu berdasarkan karakteristik bahan dan kondisi penyimpanan. Selain

itu, penggunaan tiga faktor dengan dua level memberikan rancangan eksperimen yang sederhana, mudah dianalisis, serta mampu menghasilkan informasi yang memadai untuk menentukan kombinasi perlakuan yang paling optimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan faktor dan level pada penelitian ini didasarkan pada hasil diskusi dengan pemilik usaha serta kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu. Faktor yang digunakan terdiri atas penggunaan kitosan, suhu penyimpanan, dan jenis tahu. Sementara itu, metode aplikasi kitosan menggunakan *edible coating* dan lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Pangan sebagai faktor yang dikendalikan/*controlled factors* agar tidak memengaruhi hasil penelitian. Faktor dan level yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Penentuan Level Faktor

Faktor	Level 1	Level 2
Kitosan (A)	Dengan kitosan (5%)	Tanpa kitosan
Suhu Penyimpanan (B)	Suhu ruang	Kulkas
Jenis Tahu (C)	Tahu putih	Tahu kuning

Tabel 3. Faktor yang Dikendalikan

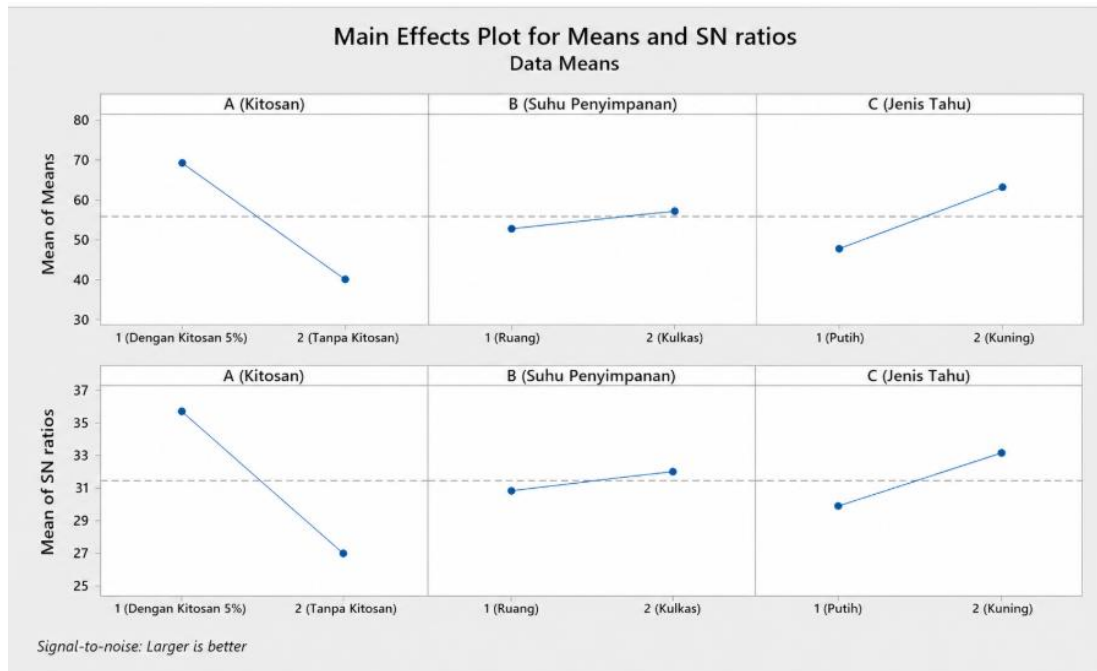
Faktor	Keterangan
Metode aplikasi kitosan	<i>Edible coating</i>
Lokasi penelitian	Laboratorium Teknologi Pangan

Eksperimen Taguchi yang dilakukan dengan memberikan perlakuan kitosan berkonsentrasi 5% menggunakan metode *edible coating* pada sampel tahu. Selanjutnya, masa simpan tahu diamati dan dibandingkan dengan sampel tanpa perlakuan kitosan. Setiap kombinasi perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk meningkatkan reliabilitas hasil pengujian. Hasil pengamatan masa simpan tahu pada setiap kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengamatan Masa Simpan Tahu

Eksperimen	A	B	C	R1	R2	R3
1	1	1	1	75	77	74
2	1	2	2	89	90	88
3	2	1	2	36	34	35
4	2	2	1	48	44	47

Data hasil eksperimen kemudian dianalisis menggunakan nilai rata-rata (*mean*) dan *Signal-to-Noise Ratio* (S/N Ratio) [12], dengan pengolahan data menggunakan software minitab [13]. dengan karakteristik kualitas *larger is better*, karena tujuan penelitian adalah memperoleh masa simpan tahu yang maksimum. Hasil perhitungan nilai rata-rata dan S/N Ratio ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. hasil pengolahan data S/N Ratio

Setelah diperoleh nilai rata-rata dan S/N Ratio, dilakukan analisis varians (ANOVA) untuk mengetahui faktor yang memberikan pengaruh signifikan terhadap masa simpan tahu. Hasil perhitungan ANOVA awal menunjukkan bahwa nilai *degree of freedom* (DoF) *error* bernilai nol. Kondisi tersebut menyebabkan nilai sum of squares, mean square, dan F-ratio untuk error tidak dapat dihitung sehingga analisis belum dapat dilakukan secara valid.

Tabel 5. Hasil perhitungan ANOVA

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Kitosan	1	1722,25	91,62%	1722,25	1722,25	*	*
Suhu Penyimpanan	1	156,25	8,31%	156,25	156,25	*	*
Jenis Tahu	1	1,36	0,07%	1,36	1,36	*	*
Error	0	*	*	*	*	*	*
Total	3	1879,86	100,00%	–	–	–	–

Berdasarkan hasil ANOVA awal di Tabel 5, faktor kitosan memberikan kontribusi terbesar terhadap variasi masa simpan tahu, yaitu sebesar 91,62%, diikuti oleh suhu penyimpanan sebesar 8,31%, sedangkan jenis tahu hanya memberikan kontribusi sebesar 0,07%. Namun, analisis ini belum dapat digunakan untuk pengujian signifikansi karena derajat kebebasan (DF) error bernilai nol, sehingga nilai *F-Value* dan *P-Value* tidak dapat dihitung. Oleh karena itu, diperlukan proses pooling up untuk memperoleh estimasi galat (*error*) sehingga analisis ANOVA dapat dilanjutkan.

Untuk mengatasi kondisi tersebut, dilakukan proses *pooling up*, yaitu menggabungkan faktor yang memiliki kontribusi terkecil ke dalam error. Setelah proses *pooling up*, nilai error dapat dihitung sehingga analisis ANOVA dapat dilanjutkan. Hasil ANOVA setelah proses *pooling up* disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil ANOVA setelah Proses *Pooling Up*

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Kitosan	1	1722,25	91,62%	1722,25	1722,25	21,85	0,043

Suhu Penyimpanan	Pooled	-	-	Pooling	-	-	-
Jenis Tahu	Pooled	-	-	Pooling	-	-	-
Pooled Error	2	157,60	8,38%	157,60	78,81	-	-
Total	3	1879,86	100,00%	-	-	-	-

Berdasarkan hasil ANOVA di Tabel 6, diperoleh nilai F-hitung untuk faktor penggunaan kitosan sebesar 21,85. Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai F-tabel pada taraf signifikansi 5%, yaitu sebesar 18,51. Hipotesis nol (H_0) menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan pengaruh antarlevel pada faktor penggunaan kitosan, sedangkan hipotesis alternatif (H_1) menyatakan bahwa terdapat perbedaan pengaruh antarlevel faktor tersebut. Karena nilai F-hitung lebih besar daripada nilai F-tabel ($21,85 > 18,51$), maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan kitosan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan masa simpan tahu. Hal ini juga didukung oleh kontribusi faktor kitosan yang mencapai 91,62%, sehingga dapat disimpulkan bahwa kitosan merupakan faktor yang paling dominan dibandingkan faktor suhu penyimpanan maupun jenis tahu dalam penelitian ini.

Penelitian ini menggunakan karakteristik kualitas larger is better, sehingga kombinasi faktor dengan nilai rata-rata dan S/N Ratio tertinggi dipilih sebagai kondisi optimum. Berdasarkan hasil analisis, kombinasi faktor terbaik diperoleh pada faktor A level 1 (penggunaan kitosan 5%), faktor B level 2 (penyimpanan pada suhu kulkas), dan faktor C level 2 (tahu kuning). Kombinasi tersebut menghasilkan masa simpan tahu paling tinggi dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya. Pengaruh masing-masing faktor terhadap nilai rata-rata masa simpan tahu ditunjukkan pada Tabel 7 dan Tabel 8. Berdasarkan hasil analisis rata-rata dan Signal-to-Noise Ratio (S/N Ratio) dengan karakteristik kualitas larger is better, faktor kitosan (A) memiliki nilai delta terbesar, sehingga merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap peningkatan masa simpan tahu. Hal ini sejalan dengan hasil ANOVA yang menunjukkan bahwa faktor kitosan memiliki kontribusi sebesar 91,62% dengan nilai F-hitung sebesar 21,85, lebih besar daripada F-tabel sebesar 18,51, sehingga berpengaruh signifikan terhadap masa simpan tahu.

Kombinasi level optimum diperoleh pada A1B2C2, yaitu penggunaan kitosan 5%, penyimpanan pada suhu kulkas, dan penggunaan tahu kuning. Kombinasi tersebut dipilih karena memberikan nilai rata-rata dan Signal-to-Noise Ratio tertinggi, sehingga menghasilkan masa simpan tahu yang paling optimal.

Tabel 7. Response Table for Means

Faktor	Level 1	Level 2	Delta	Rank	Level Optimum
A (Kitosan)	82,17	43,00	39,17	1	1
B (Suhu Penyimpanan)	55,50	56,83	1,33	2	2
C (Jenis Tahu)	55,00	62,67	7,67	3	2

Tabel 8. Response Table for Signal-to-Noise Ratio (Larger is Better)

Faktor	Level 1	Level 2	Delta	Rank	Level Optimum
A (Kitosan)	35,68	26,95	8,73	1	1
B (Suhu Penyimpanan)	30,74	31,96	1,22	2	2
C (Jenis Tahu)	29,91	32,79	2,88	3	2

Kombinasi faktor optimum yang diperoleh selanjutnya divalidasi melalui eksperimen konfirmasi. Tujuan eksperimen ini adalah untuk memastikan bahwa kondisi optimum yang diprediksi menggunakan metode Taguchi dapat menghasilkan performa yang sama pada kondisi aktual. Hasil eksperimen konfirmasi disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Eksperimen Konfirmasi Hasil Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen	Hasil Eksperimen
1	95
2	96
3	97
4	96

Hasil eksperimen konfirmasi di Tabel 9 menunjukkan bahwa rata-rata masa simpan tahu berada dalam rentang prediksi yang dihasilkan oleh metode Taguchi. Dengan demikian, kombinasi faktor optimum yang diperoleh dinyatakan valid dan dapat diterapkan untuk meningkatkan masa simpan tahu.

Setelah eksperimen konfirmasi selesai dilakukan, sampel tahu diuji kadar airnya menggunakan metode oven (*thermogravimetric method*) pada suhu 105°C. Sampel dikeringkan hingga mencapai berat konstan, kemudian didinginkan menggunakan desikator sebelum ditimbang kembali untuk menentukan kadar airnya. Hasil pengujian kadar air ditunjukkan pada Tabel 10.

Berdasarkan hasil pengujian, kadar air pada tahu yang disimpan pada suhu ruang lebih tinggi dibandingkan tahu yang disimpan pada suhu kulkas. Kondisi ini disebabkan suhu penyimpanan yang lebih rendah mampu mengurangi aktivitas air dan memperlambat pertumbuhan mikroorganisme. Selain itu, tahu yang diberi perlakuan kitosan memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan tahu tanpa perlakuan kitosan. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan kitosan mampu mempertahankan kelembapan produk sekaligus menghambat pertumbuhan mikroorganisme sehingga proses kerusakan tahu berlangsung lebih lambat. Pengukuran warna ini memakai skala Lab yaitu L (*lightness*), a (*redness*), dan b (*yellowness*) Hasil pengujian warna disajikan pada Tabel 10.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tahu putih memiliki nilai L lebih tinggi dibandingkan tahu kuning, yang menunjukkan tingkat kecerahan yang lebih besar. Sebaliknya, nilai a dan b pada tahu kuning lebih tinggi dibandingkan tahu putih, sehingga warna tahu kuning cenderung lebih kemerahan dan kekuningan. Semakin tinggi nilai L, semakin cerah warna produk yang dihasilkan, sedangkan nilai L yang lebih rendah menunjukkan warna produk yang lebih gelap.

Tabel 10. Hasil uji kadar air pada eksperimen tahu

No	Nama Sampel	Berat Awal (g)	Berat Setelah Dikeringkan (g)	Kadar Air (%)	L (Lightness)	a (Redness)	b (Yellowness)
1	Tahu putih (tanpa kitosan, suhu ruang)	47,54	17,66	63	83,97	2,26	14,03
2	Tahu putih (dengan kitosan, suhu ruang)	48,04	17,50	64	83,72	1,13	14,97
3	Tahu putih (tanpa kitosan, suhu kulkas)	49,81	17,40	65	84,93	1,78	14,37
4	Tahu putih (dengan kitosan, suhu kulkas)	47,70	16,52	65	84,53	1,42	14,57
5	Tahu kuning (tanpa	42,29	15,94	62	70,15	5,62	29,78

	kitosan, suhu ruang)						
6	Tahu kuning (dengan kitosan, suhu ruang)	42,90	15,91	63	64,27	5,36	32,38
7	Tahu kuning (tanpa kitosan, suhu kulkas)	45,39	16,25	64	69,36	4,05	32,20
8	Tahu kuning (dengan kitosan, suhu kulkas)	45,62	16,92	63	67,19	4,64	31,48

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menentukan kombinasi faktor optimum untuk memperpanjang masa simpan tahu menggunakan metode Taguchi, yaitu faktor A level 1 (penggunaan kitosan 5%), faktor B level 2 (penyimpanan pada suhu kulkas), dan faktor C level 2 (tahu kuning). Hasil prediksi kondisi optimum telah divalidasi melalui eksperimen konfirmasi, sehingga kombinasi faktor tersebut dinyatakan valid. Penerapan kombinasi optimum mampu memperpanjang masa simpan tahu hingga 96 jam, sedangkan tahu tanpa perlakuan kitosan hanya bertahan selama 24–30 jam pada kondisi pengujian. Selain itu, hasil uji hedonik menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan tersebut tetap memberikan tingkat penerimaan yang baik berdasarkan parameter warna, aroma, tekstur, dan rasa.

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam penerapan metode Taguchi untuk mengoptimalkan parameter pengawetan alami pada tahu melalui kombinasi penggunaan kitosan, suhu penyimpanan, dan jenis tahu secara sistematis. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi industri tahu, khususnya UMKM, dalam menerapkan metode pengawetan alami yang efektif tanpa menggunakan bahan pengawet sintetis. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji variasi konsentrasi kitosan, jenis kemasan, serta kondisi penyimpanan yang lebih beragam, disertai analisis mikrobiologi dan analisis ekonomi agar hasil penelitian memiliki tingkat implementasi yang lebih luas pada skala industri.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Teknologi Pangan yang telah menyediakan fasilitas penelitian sehingga seluruh rangkaian eksperimen dapat dilaksanakan dengan baik. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada pemilik usaha tahu dan seluruh panelis yang telah berpartisipasi dalam proses pengambilan data serta uji hedonik. Ucapan terima kasih turut disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan teknis dan dukungan selama pelaksanaan penelitian.

REFERENSI

- [1] S. R. Widodo and H. B. Santoso, "Analisis Kelayakan Awal Produk Olahan Kedelai," *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, vol. 9, no. 20, 2020.

- [2] D. Herdhiansyah, R. Reza, S. Sakir and A. Asriani, "Kajian Proses Pengolahan Tahu: Studi Kasus Industri Tahu di Kecamatan Kabangka Kabupaten Muna," *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*, vol. 4, no. 2, 2022.
- [3] D. M. Elshiva, R. Azara and C. Laksana, "Revolutionizing Fish Tofu Production - Innovations and Quality Insights," in *Proceedings of the 7th Seminar Nasional Sains 2024*, 2024.
- [4] H. Seftiono, "Perubahan Sifat Fisiko Kimia Protein Selama Proses Pembuatan Tahu sebagai Rujukan Bagi Posdaya," *Journal of Social Welfare Kesejahteraan Sosial*, vol. 3, no. 1, 2016.
- [5] E. Ginting , D. A. A. Elisabeth , A. Khamidah, J. Rinaldi, I. Ambarsari and S. S. Antarlina , "The nutritional and economic potential of tofu dreg (okara) and its utilization for high protein food products in Indonesia," *Journal of Agriculture and Food Research*, vol. 16, p. 101175, 2024.
- [6] K. Pertanian, "Statistik Konsumsi Pangan Tahun 2022," 2022.
- [7] M. P. Miasur, B. Suhardi and I. W. Suletra, "Pengukuran Pemenuhan Standar GMP dan WISE pada," *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, vol. 20, no. 2, pp. 189-198, 2021.
- [8] B. C. Kencanadewi, B. R. Handayani, N. and E. A. Bachmida, "Kajian Mutu Kimia, Mikrobiologi dan Organoleptik Limbah Ampas Tahu Segar Dari Sentra Produksi Kekalik, Kota Mataram," *Pro Food (Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan)* , vol. 11, no. 1, p. 75 – 90 , 2025.
- [9] R. D. Astuti and H. K. Hendrasty, "Pengaruh Suhu Air Perendam Tahu Terhadap Kadar Protein," *Bulletin Agro Industri*, vol. 53, no. 2, 2025.
- [10] A. Marieta and I. Musfiroh, "Review Artikel : Berbagai Aktivitas Farmakologi dari Senyawa Kitosan," *Farmaka*, vol. 17, no. 2, 2019.
- [11] H.-Y. Chen, I. Mardiono, I. E. Saputro, W.-T. Tseng, H.-H. Zhang, T.-S. Shih and Y.-K. Fuh, "Study of the die design's effects on self-piercing riveting of joint quality of aluminum and high-strength steel sheets," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, p. 09544054251410259, 2025.
- [12] C.-J. Yang and S. S. Wu, "Journal of Polymer Science," *Integrating Taguchi and Desirability Function Analysis to Practice Low Carbon Fabrication With Recycled Filament*, 2026.
- [13] M. M. Khoiri, U. N. Harahap and Z. , "Penerapan Metode Taguchi Untuk Perbaikan Kualitas Pengemasan Tepung Tapioka Di Pt. Florindo Makmur," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 9, 2024.
- [14] I. Mardiono, Y.-C. Wang, I. E. Saputro, L.-R. Huang, W.-Y. Chang, S.-K. Lu, H.-H. Chang, T.-S. Shih and Y.-K. Fuh, "Multi-response optimization of processing parameters and stack configuration for enhanced mechanical properties of high-strength carbon fiber composite," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 140, no. 9, pp. 2575-2593, 2025.
- [15] I. E. Saputro, I. Mardiono, C.-N. Lin, M. Ho, C.-S. Tzeng and Y.-K. Fuh, "Geometry Optimization of Preform Design in AA7075 Curve Cutter Stapler Near-Net Shape Forging Using Numerical

|| Muhammad Faishal Jundana Muttaqin 1*, Naufal Auliansyah², Sherin
Ramadhania³

|| Judul Artikel (Cambria 10 pt)

Instability Criteria-Driven Response Surface Methodology," *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 51, p. 10161–10184, 2026.



Volume 01, Nomor 01, Juli 2026, hlm 44-52

JIIE

Journal of Integrated Industrial Engineering

p ISSN | e ISSN

<http://>



PENGUKURAN BEBAN KERJA MENTAL DAN KELELAHAN KERJA PADA PEGAWAI *BACK OFFICE* DAN *FRONT OFFICE* PERBANKAN DI KOTA SERANG

Rizal Agil Al Ghofur¹, Pety Rasti Andriani², Eka Lailita Eti Varina³, Yolla Sukma Handayani⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bina Bangsa

INFORMASI ARTIKEL

Article History:

Submission: 10-07-2026

Revised: 25-07-2026

Accepted: 30-07-2026

Kata Kunci:

Beban Kerja Mental,
NASA-TLX, Kelelahan
Kerja, IFRC, Perbankan.

Keywords:

*Mental workload, NASA-
TLX, work fatigue, IFRC,
Banking industry.*

*** Korespondensi:**

Author

Ekalailita00@gmail.com

ABSTRAK

Industri perbankan merupakan sektor jasa yang memiliki tuntutan pelayanan tinggi sehingga pegawai dituntut bekerja dengan tingkat konsentrasi, ketelitian, dan kecepatan yang tinggi. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan beban kerja mental dan kelelahan kerja, khususnya pada pegawai yang berinteraksi langsung dengan nasabah maupun yang memiliki target pemasaran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat beban kerja mental dan kelelahan kerja pada pegawai *back office* dan *front office* perbankan di Kota Serang. Penelitian dilakukan penyebaran kuesioner kepada pegawai pada lima jabatan, yaitu *Teller*, *Customer Service*, *Relationship Manager*, *Sales Generalist*, dan *Priority Bank Officer*. Pengukuran beban kerja mental dilakukan menggunakan metode NASA-TLX, sedangkan tingkat kelelahan kerja dianalisis menggunakan metode IFRC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar pegawai mengalami beban kerja mental pada kategori tinggi hingga sangat tinggi. *Customer Service* memiliki rata-rata skor NASA-TLX tertinggi sebesar 87,7, diikuti *Teller* sebesar 83,1 dan *Priority Bank Officer* sebesar 80,3, sedangkan *Relationship Manager* dan *Sales Generalist* memperoleh skor masing-masing sebesar 73,7 dan 66,8. Dimensi *Effort*, *Mental Demand*, dan *Frustration* menjadi faktor dominan yang membentuk beban kerja mental pada seluruh jabatan. Hasil pengukuran IFRC menunjukkan seluruh jabatan berada pada kategori kelelahan kerja berat, dengan skor tertinggi pada *Teller* sebesar 93,91 dan *Customer Service* sebesar 92,80. Temuan ini menunjukkan bahwa tingginya tuntutan pekerjaan, target pelayanan, tekanan waktu, dan intensitas interaksi dengan nasabah berkontribusi terhadap meningkatnya beban kerja mental dan kelelahan kerja. Oleh karena itu, perusahaan perlu melakukan evaluasi distribusi beban kerja, pengaturan waktu istirahat, penguatan dukungan manajerial, serta program pengelolaan stres guna meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga kesehatan dan kesejahteraan pegawai.

ABSTRACT



JIIE: Journal Of Integrated Industrial Engineering (JIIE) is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

The banking industry is a service sector characterized by high service demands, requiring employees to perform their duties with a high level of concentration, accuracy, and efficiency. Such working conditions may increase employees' mental workload and work fatigue, particularly among those who interact directly with customers or are responsible for achieving marketing targets. This study aimed to analyze the levels of mental workload and work fatigue among back-office and front-office employees in the banking sector. Data were collected through questionnaires administered to employees occupying five job positions, namely Teller, Customer Service, Relationship Manager, Sales Generalist, and Priority Bank Officer. Mental workload was assessed using the National Aeronautics and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX), while work fatigue was evaluated using the Industrial Fatigue Research Committee (IFRC) questionnaire. The results indicated that the majority of employees experienced high to very high levels of mental workload. Customer Service employees recorded the highest average NASA-TLX score (87.7), followed by Tellers (83.1) and Priority Bank Officers (80.3), whereas Relationship Managers and Sales Generalists obtained average scores of 73.7 and 66.8, respectively. The Effort, Mental Demand, and Frustration dimensions were identified as the primary contributors to mental workload across all job positions. The IFRC assessment further revealed that all job categories experienced severe work fatigue, with the highest average scores observed among Tellers (93.91) and Customer Service employees (92.80). These findings suggested that high job demands, service targets, time pressure, and intensive customer interactions substantially contributed to increased mental workload and work fatigue. Therefore, banking institutions should evaluate workload distribution, optimize work-rest schedules, strengthen managerial support, and implement stress management programs to improve employee productivity while promoting occupational health and well-being.

1. PENDAHULUAN

Kinerja karyawan merupakan salah satu aspek penting dalam keberhasilan organisasi atau perusahaan. Kinerja karyawan merupakan hasil kerja yang dicapai seseorang dalam melaksanakan tugas sesuai dengan tanggung jawab yang diberikan disebuah perusahaan. Industri perbankan merupakan industri yang bergerak pada sektor jasa yang menuntut karyawan untuk memberikan pelayanan prima kepada nasabah. Tugas-tugas seperti menangani transaksi keuangan, memberikan informasi produk, dan menyelesaikan keluhan nasabah memerlukan konsentrasi tinggi dan ketelitian. Tekanan untuk memenuhi target pelayanan dan menjaga kepuasan nasabah dapat meningkatkan beban kerja mental karyawan. Beban kerja merupakan total aktivitas atau tugas yang perlu diselesaikan oleh individu dalam batas waktu tertentu, baik secara fisik maupun mental. Aspek-aspek yang termasuk dalam beban kerja meliputi jumlah pekerjaan, tingkat kompleksitas, ketersediaan waktu, serta sumber daya yang diperlukan. Beban kerja bisa seimbang dengan kemampuan individu (optimal), terlalu banyak (melebihi kapasitas), atau terlalu sedikit (tidak menantang), dan hal ini dapat berdampak pada performa kerja, tingkat stres, serta kesejahteraan seseorang. Beban kerja yang tinggi menjadi salah satu persoalan utama yang dihadapi oleh pegawai bank khususnya pada pegawai *Teller*, *Customer Service*, *Relation Ship Manager* dan *Sales Generalist*. Tingginya volume nasabah, beban target, hingga durasi kerja yang berlebihan menunjukkan adanya tekanan kerja yang dapat memicu kelelahan, baik secara fisik maupun mental.

Berdasarkan observasi secara langsung hasil pengukuran tingkat kelelahan kerja termasuk dalam kategori kelelahan tinggi. Ketika beban kerja melebihi kapasitas fisik dan mental individu secara terus-menerus, maka akan muncul kelelahan kerja yang dapat mengganggu konsentrasi,

menurunkan produktivitas, bahkan berdampak pada kesehatan fisik dan emosional pegawai [1]. Secara teoritis, beban kerja mental ideal adalah beban yang seimbang dengan kapasitas kognitif individu sehingga individu mampu bekerja secara optimal tanpa kelelahan psikologis. Setiap organisasi perlu menyediakan distribusi tugas yang merata, istirahat yang cukup, dan zona waktu kerja yang aman untuk mencegah *cognitive overload* [2]. Namun, berdasarkan hasil wawancara di salah satu industri perbankan kota Serang menunjukkan bahwa teller, *Customer Service*, *Relation ship manager* dan *sales generalist* justru menghadapi tingginya volume nasabah lebih dari 60 dan 40 nasabah per hari, target penjualan tinggi sebanyak 25–50 produk/bulan, serta durasi kerja melebihi jam operasional. Kesenjangan ini menunjukkan risiko *overload* mental yang nyata, yang bila tidak ditangani dapat memicu kelelahan kerja, menurunnya produktivitas, dan kualitas layanan nasabah. Apabila permasalahan beban kerja mental dan kelelahan kerja tidak ditangani secara tepat, maka dapat menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap kinerja perusahaan. Dampak tersebut meliputi penurunan kualitas layanan kepada nasabah, peningkatan risiko kesalahan kerja, menurunnya produktivitas, hingga berkurangnya kepuasan kerja karyawan. Beban kerja dan stres kerja yang terus berlangsung di luar kapasitas individu dapat menyebabkan stres dan kelelahan, serta selanjutnya berdampak negatif pada motivasi dan loyalitas karyawan terhadap organisasi [3].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis beban kerja mental dan kelelahan kerja pada bagian pelayanan serta pemasaran dengan menggunakan metode NASA-TLX dan *Industrial Fatigue Research Committee* (IRFC). Menurut Parmin Salong et al NASA-TLX merupakan metode yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar beban kerja mental yang dihadapi oleh karyawan yang berhubungan langsung dengan kegiatan Metode ini mengukur 6 dimensi ukuran beban kerja yaitu *Mental demand*, *physical demand*, *temporal demand*, *performance*, *effort*, dan *frustration level* [4]. Penelitian oleh Adikarana et al menunjukkan bahwa penggunaan NASA-TLX efektif dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi beban kerja mental pada pekerja produksi, seperti tingginya target permintaan harian dan kurangnya waktu istirahat [1]. Sementara itu, metode IFRC fokus pada evaluasi kelelahan kerja secara fisiologis dan psikologis melalui indikator gejala kelelahan. Kedua metode ini telah banyak digunakan dalam penelitian ergonomi dan kesehatan kerja karena dapat memberikan gambaran komprehensif terhadap kondisi kerja karyawan. Berdasarkan Penelitian lain menemukan bahwa terdapat hubungan signifikan antara beban kerja mental dan kelelahan kerja [5]. Studi tersebut menemukan bahwa dimensi tuntutan mental dan frustrasi dalam NASA-TLX berkorelasi dengan kelelahan fungsional, yang berdampak pada penurunan kinerja kognitif. Hal ini menunjukkan bahwa beban kerja mental yang tinggi dapat menyebabkan kelelahan yang memengaruhi produktivitas karyawan.

2. METODE

2.1 NASA Task Load Index (NASA-TLX)

NASA-TLX merupakan metode penilaian beban kerja yang dikembangkan oleh Hart dan Staveland dari *NASA Ames Research Center* yang banyak digunakan untuk mengukur beban kerja mental berdasarkan persepsi individu terhadap tugas yang diberikan. Metode ini mengevaluasi enam dimensi utama yang mencerminkan aspek-aspek kognitif, emosional, dan fisik yang dialami individu selama pelaksanaan tugas [6]. Berikut adalah penjabaran dari enam dimensi tersebut:

(1) Mental Demand (MD)

Mental Demand / Tuntutan Mental adalah dimensi yang mengukur sejauh mana suatu tugas membutuhkan aktivitas kognitif seperti berpikir, memproses informasi, mengingat, dan membuat keputusan. Semakin kompleks tugas yang harus dikerjakan, semakin tinggi tuntutan mental yang dirasakan oleh individu.

(2) Physical Demand (PD)

Physical Demand / Tuntutan Fisik merupakan Dimensi yang menilai seberapa banyak aktivitas fisik yang diperlukan selama melaksanakan tugas. Meskipun fokus utama NASA-TLX adalah pada beban kerja mental, tuntutan fisik tetap diperhitungkan untuk menilai aktivitas fisik yang dilakukan selama bekerja.

(3) Temporal Demand (TD)

Temporal Demand / tuntutan waktu merupakan Dimensi yang menilai tekanan waktu yang dirasakan selama menyelesaikan suatu pekerjaan. Tugas-tugas yang harus diselesaikan dalam waktu singkat atau situasi kerja yang memaksa karyawan untuk bertindak cepat akan meningkatkan tekanan waktu.

(4) Performance (P)

Performance / performa merupakan dimensi yang mencerminkan penilaian subjektif individu terhadap keberhasilan atau kegagalan dalam menyelesaikan tugas. Semakin tinggi standar keberhasilan yang ditetapkan atau diharapkan, semakin besar tekanan yang dirasakan.

(5) Effort (E)

Effort / upaya merupakan dimensi yang mengukur seberapa besar usaha yang harus dikeluarkan untuk menyelesaikan tugas sesuai dengan target atau standar. Ketika pekerjaan menuntut pengeluaran energi mental dan fisik secara maksimal, maka tingkat upaya yang dirasakan akan tinggi.

(6) Frustration Demand (FD)

Dimensi Frustration Demand merupakan dimensi yang mengukur tingkat ketegangan emosional, rasa marah, tertekan, atau cemas yang dialami saat mengerjakan tugas. Tingginya tingkat frustrasi umumnya berkaitan dengan ketidakpuasan terhadap kinerja sendiri, lingkungan kerja yang kurang mendukung, atau tuntutan pekerjaan yang tidak realistis [7].

Langkah – Langkah dalam pengolahan data menggunakan metode NASA Task Load Index (NASA-TLX) adalah sebagai berikut :

- (1) Tahap Pembobotan, Responden diminta untuk melakukan perbandingan berpasangan antar dimensi untuk menentukan bobot dari masing-masing dimensi. Setiap dimensi memperoleh skor bobot sesuai dengan jumlah kemenangan dalam perbandingan [8].
- (2) Tahap Peratingan, Responden diminta memberi penilaian (rating) terhadap masing-masing dimensi dalam skala 0–100 berdasarkan persepsinya terhadap tugas yang dilakukan [9].
- (3) Perhitungan Skor Akhir, Skor akhir NASA-TLX dihitung dengan mengalikan nilai bobot masing-masing dimensi dengan nilai rating, kemudian dijumlahkan seluruh hasilnya dan dibagi dengan total bobot (15).

$$\text{Skor NASA TLX} = \frac{\sum (\text{Bobot} \times \text{Rating})}{15} \quad (1)$$

- (4) Kategorisasi tingkat beban kerja mental, dibagi berdasarkan rentang nilai skor sebagai berikut:

Tabel 1. Kategori Tingkat beban kerja mental

Golongan Beban kerja	Nilai
Rendah	0 - 9
Sedang	10 - 29
Agak tinggi	30 - 49
Tinggi	50 - 79
Sangat Tinggi	80 - 100

2.2 Industrial Fatigue Research Committee (IFRC)

Metode *IFRC* (*Industrial Fatigue Research Committee*) adalah metode subjektif yang digunakan untuk mengukur tingkat kelelahan kerja melalui penyebaran kuesioner yang berisi

daftar gejala kelelahan yang dirasakan oleh pekerja, seperti rasa kantuk, kesulitan berkonsentrasi, nyeri tubuh, dan keinginan untuk beristirahat. Penilaian dilakukan dengan menjumlahkan skor dari gejala-gejala tersebut untuk menentukan tingkat kelelahan kerja [10]. Metode ini dikembangkan di Jepang dan telah banyak digunakan di Indonesia untuk menilai kelelahan berdasarkan gejala-gejala fisik, psikis, dan perilaku. metode *IFRC (Industrial Fatigue Research Committee)* mampu mengidentifikasi tingkat kelelahan dengan cukup akurat, dan hasil pengukuran tersebut sangat berguna dalam menyusun strategi kerja yang lebih efektif, seperti pengaturan waktu istirahat, rotasi kerja, serta intervensi psikologis jika diperlukan [11].

Pengukuran kelelahan kerja dilakukan dengan menggunakan kuesioner *Industrial Fatigue Research Committee (IFRC)* yang terdiri dari 30 butir pertanyaan dengan lima skala penilaian mulai dari sangat tidak terasa (1), Tidak Terasa (2), Agak terasa (3), Terasa (4), Sangat Terasa (5). Langkah – Langkah pengolahan data adalah sebagai berikut:

- (1) Rekapitulasi Hasil Kuisisioner, setiap responden memberikan skor untuk 30 item pernyataan. Skor dari masing-masing pernyataan kemudian dijumlahkan untuk memperoleh nilai total kelelahan kerja tiap individu.
- (2) Mengkategorikan Tingkat kelelahan kerja, Kategori kelelahan kerja dibagi berdasarkan rentang nilai skor pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori Tingkat Kelelahan kerja

Rentang Skor Total	Kategori Kelelahan
30 – 52	Rendah
53 – 75	Sedang
76 – 98	Tinggi
99 – 120	Sangat Tinggi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil dan Pembahasan NASA-TLX

Pada penelitian ini, pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode NASA-TLX untuk menilai besarnya beban kerja mental karyawan. Nilai yang diperoleh menggambarkan tingkat beban kerja mental yang dirasakan oleh karyawan sesuai dengan posisi atau tugas masing-masing. Berikut disajikan hasil perhitungan skor beban kerja mental berdasarkan metode NASA-TLX pada setiap jabatan, yang terlihat pada Tabel 3, 4, 5, 6, 7, dan 8.

Tabel 3. Contoh Perhitungan Skor Beban Kerja Mental

No	Responden	Kategori	Bobot	Rating	Bobot x Rating	Jumlah	Skor Beban kerja Mental
1.	Teller 1	MD	3	80	240	1200	80
		PD	0	50	0		
		TD	1	70	70		
		P	4	70	280		
		F	5	90	450		
		E	2	80	160		

Tabel 4. Rekapitulasi Skor Beban Kerja Mental Pegawai Teller

No	Responden	Skor	Kategori
1.	Teller 1	80	Sangat Tinggi
2.	Teller 2	89.3	Sangat Tinggi
3.	Teller 3	82.7	Sangat Tinggi
4.	Teller 4	90	Sangat Tinggi
5.	Teller 5	80	Sangat Tinggi
6.	Teller 6	83.3	Sangat Tinggi

No	Responden	Skor	Kategori
7.	Teller 7	89.3	Sangat Tinggi
8.	Teller 8	88	Sangat Tinggi
9.	Teller 9	66.7	Tinggi
10.	Teller 10	82	Sangat Tinggi

Tabel 5. Rekapitulasi Skor Beban Kerja Mental Pegawai Customer Service

No	Responden	Skor	Kategori
1.	CS 1	81.3	Sangat Tinggi
2.	CS 2	86	Sangat Tinggi
3.	CS 3	87.3	Sangat Tinggi
4.	CS 4	86.6	Sangat Tinggi
5.	CS 5	80.7	Sangat Tinggi
6.	CS 6	81.3	Sangat Tinggi
7.	CS 7	86	Sangat Tinggi
8.	CS 8	84.6	Sangat Tinggi
9.	CS 9	83.3	Sangat Tinggi
10.	CS 10	86	Sangat Tinggi

Tabel 6. Rekapitulasi Skor Beban Kerja Mental Pegawai Relationship Manager

No	Responden	Skor	Kategori
1.	RM 1	84	Sangat Tinggi
2.	RM 2	149.3	Sangat Tinggi
3.	RM 3	90	Sangat Tinggi
4.	RM 4	10.7	Sedang
5.	RM 5	20.7	Sedang
6.	RM 6	61.3	Tinggi
7.	RM 7	82	Sangat Tinggi
8.	RM 8	74.4	Tinggi
9.	RM 9	83.3	Sangat Tinggi
10.	RM 10	81.3	Sangat Tinggi

Tabel 7. Rekapitulasi skor beban kerja mental Pegawai Sales Generalist

No	Responden	Skor	Kategori
1.	SG 1	26.7	Sedang
2.	SG 2	53.3	Tinggi
3.	SG 3	79.3	Sangat Tinggi
4.	SG 4	79.3	Sangat Tinggi
5.	SG 5	69.3	Tinggi
6.	SG 6	55.3	Tinggi
7.	SG 7	87.3	Sangat Tinggi
8.	SG 8	79.3	Sangat Tinggi
9.	SG 9	53.3	Tinggi
10.	SG 10	84.7	Sangat Tinggi

Tabel 8. Rekapitulasi skor beban kerja mental Priority Bank Officer

No	Responden	Skor	Kategori
1.	PBO 1	62.7	Tinggi
2.	PBO 2	73.3	Tinggi
3.	PBO 3	96.7	Sangat Tinggi
4.	PBO 4	80.7	Sangat Tinggi
5.	PBO 5	66	Tinggi
6.	PBO 6	88.7	Sangat Tinggi
7.	PBO 7	85.3	Sangat Tinggi
8.	PBO 8	89.3	Sangat Tinggi
9.	PBO 9	85.3	Sangat Tinggi
10.	PBO 10	74.7	Tinggi

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode *NASA Task Load Index* (NASA-TLX), diperoleh temuan bahwa tingkat beban kerja mental pegawai di sektor perbankan, baik pada unit layanan maupun pemasaran, berada pada kategori tinggi hingga sangat tinggi. Pada unit layanan, pegawai *Customer Service* memiliki rata-rata skor NASA-TLX sebesar 87,7, sedangkan *Teller* memperoleh skor rata-rata sebesar 83,1; keduanya termasuk kategori tinggi. Pada unit pemasaran, rata-rata skor beban kerja mental untuk jabatan *Relationship Manager* (RM) adalah 73,7, *Sales Generalist* (SG) sebesar 66,8, dan PBO sebesar 80,3, yang juga tergolong tinggi hingga sangat tinggi berdasarkan klasifikasi NASA-TLX. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar pegawai merasakan tekanan mental yang signifikan dalam pelaksanaan tugas sehari-hari, dengan beban tertinggi tercatat pada *Customer Service* dan PBO.

Analisis dimensi penyusun beban kerja mental mengungkap bahwa *Effort* (Usaha) merupakan faktor dominan pada seluruh jabatan, dengan kontribusi terbesar terhadap skor total. Dimensi ini mencerminkan besarnya upaya yang dikeluarkan pegawai untuk memenuhi tuntutan pekerjaan sekaligus menjaga kualitas pelayanan [12]. Pada unit layanan, dimensi *Mental Demand* (Tuntutan Mental) juga menunjukkan kontribusi signifikan, yang mencerminkan tingginya tuntutan kognitif seperti berpikir cepat, mengingat informasi, memproses data, dan mengambil keputusan secara tepat, terutama pada *Customer Service* yang memiliki cakupan tugas lebih kompleks, meliputi pembukaan rekening, penanganan keluhan, perubahan data, aktivasi layanan, hingga penawaran produk. Dimensi *Frustration Level* (Frustrasi) turut menjadi faktor penting, menunjukkan adanya tekanan emosional, rasa stres, dan ketegangan akibat target kerja, antrean panjang, serta intensitas interaksi dengan nasabah.

Pada unit pemasaran, urutan dimensi dominan setelah *Effort* adalah *Frustration Level* sebesar 20,3%, diikuti *Mental Demand* sebesar 19,5%, dan *Temporal Demand* (Tuntutan Waktu) sebesar 16,8%. Dimensi *Performance* dan *Physical Demand* berada pada kontribusi terendah, masing-masing 10,2% dan 9%, yang menandakan bahwa meskipun pekerjaan bersifat nonfisik, tekanan mental dan emosional menjadi penentu utama beban kerja. Secara spesifik, PBO mencatat skor tinggi pada *Effort* dan *Frustration*, mengindikasikan tekanan besar dalam pencapaian target dan tuntutan emosional dari interaksi intens dengan nasabah prioritas. RM memiliki skor signifikan pada *Mental Demand* dan *Temporal Demand*, yang menggambarkan tingginya beban kognitif dalam membangun hubungan dan menyusun strategi pemasaran. SG menunjukkan skor relatif lebih rendah dibanding PBO dan RM, namun tetap berada pada kategori tinggi, khususnya pada *Effort* dan *Frustration*.

Secara keseluruhan, hasil penelitian gabungan ini menegaskan bahwa *Effort*, *Frustration*, dan *Mental Demand* merupakan dimensi utama yang secara konsisten berkontribusi terhadap tingginya beban kerja mental di sektor perbankan. Oleh karena itu, diperlukan langkah strategis berupa evaluasi sistem kerja, optimalisasi pembagian beban tugas, serta penguatan dukungan manajerial untuk membantu pegawai mengelola stres dan tekanan psikologis, sehingga dapat menjaga kinerja optimal serta mencegah risiko *burnout* dalam jangka panjang.

3.2 Hasil dan Analisis Kelelahan Kerja IFRC

Tabel berikut menampilkan hasil perhitungan skor kelelahan kerja pada setiap jabatan dengan menggunakan metode *Industrial Fatigue Research Committee* (IFRC), yang mencerminkan tingkat kelelahan kerja sesuai dengan kondisi dan tuntutan pekerjaan masing-masing jabatan:

Tabel 9. Rekapitulasi skor Kelelahan Kerja

No	Jabatan	Rata Rata Skor Kelelahan Kerja	Kategori
1	<i>Customer Service</i>	92,80	Berat
2	<i>Teller</i>	93,91	Berat
3	<i>Relationship Manager</i>	81,8	Berat
4	<i>Sales Generalist</i>	80,9	Berat
5	<i>Priority Bank Officer</i>	81,6	Berat

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan metode *Industrial Fatigue Research Committee* (IFRC), seluruh jabatan yang dianalisis berada pada kategori kelelahan kerja “Berat” dengan skor rata-rata di atas 80. Posisi Teller mencatat skor tertinggi yaitu 93,91, diikuti oleh Customer Service dengan skor 92,80. Tingginya skor pada kedua jabatan ini menunjukkan bahwa pekerjaan yang melibatkan interaksi langsung dengan nasabah, tuntutan akurasi tinggi, serta tekanan waktu menjadi faktor utama penyebab kelelahan. Relationship Manager, Priority Bank Officer, dan Sales Generalist memiliki skor masing-masing 81,8; 81,6; dan 80,9, yang meskipun lebih rendah dibandingkan Teller dan Customer Service, tetap menunjukkan tingkat kelelahan berat. Hal ini disebabkan oleh beban target, tuntutan pelayanan personal, mobilitas tinggi, dan kebutuhan menjaga hubungan baik dengan nasabah. Secara keseluruhan, temuan ini mengindikasikan bahwa beban kerja di seluruh jabatan memerlukan perhatian serius, karena tingkat kelelahan yang tinggi dapat berdampak negatif terhadap produktivitas, kesehatan, dan kepuasan kerja karyawan [13][14][15]. Oleh karena itu, diperlukan langkah-langkah strategis seperti pengaturan beban kerja yang lebih seimbang, penyediaan waktu istirahat yang memadai, pelatihan manajemen stres, serta pemantauan berkala untuk memastikan kesejahteraan tenaga kerja tetap terjaga.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pegawai perbankan pada bagian pelayanan dan pemasaran di Kota Serang mengalami beban kerja mental dan kelelahan kerja yang relatif tinggi sehingga memerlukan perhatian dalam pengelolaan sistem kerja.

1. Hasil pengukuran menggunakan metode NASA Task Load Index (NASA-TLX) menunjukkan bahwa *Customer Service* memiliki rata-rata skor beban kerja mental tertinggi sebesar 87,7, diikuti Teller sebesar 83,1, Priority Bank Officer sebesar 80,3, Relationship Manager sebesar 73,7, dan Sales Generalist sebesar 66,8. Dimensi Effort, Mental Demand, dan Frustration merupakan faktor dominan yang memberikan kontribusi terbesar terhadap tingginya beban kerja mental pada seluruh jabatan.
2. Hasil pengukuran menggunakan metode *Industrial Fatigue Research Committee* (IFRC) menunjukkan bahwa seluruh jabatan berada pada kategori kelelahan kerja berat. Teller memperoleh skor rata-rata tertinggi sebesar 93,91, diikuti Customer Service sebesar 92,80, Relationship Manager sebesar 81,80, Priority Bank Officer sebesar 81,60, dan Sales Generalist sebesar 80,90. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa tingginya tuntutan pelayanan, target kerja, tekanan waktu, serta intensitas interaksi dengan nasabah berkontribusi terhadap meningkatnya kelelahan kerja pegawai.
3. Secara keseluruhan, tingginya beban kerja mental berbanding lurus dengan tingginya tingkat kelelahan kerja pada pegawai perbankan. Oleh karena itu, perusahaan perlu menerapkan strategi perbaikan berupa pemerataan distribusi beban kerja, evaluasi target

kerja yang lebih realistis, penyediaan waktu istirahat yang memadai, pelaksanaan program manajemen stres, peningkatan dukungan organisasi, serta pemantauan kondisi psikologis pegawai secara berkala. Implementasi strategi tersebut diharapkan mampu menurunkan beban kerja mental dan kelelahan kerja, meningkatkan kualitas pelayanan kepada nasabah, serta menjaga produktivitas dan kesehatan kerja pegawai secara berkelanjutan.

REFERENSI

- [1] Adikarana, N. A. Herwanto, D. And Rifa'I, M. R. 2022. Analisis Beban Kerja Mental Menggunakan NASA-TLX Pada Divisi Produksi Perusahaan Metal Stamping *Go-Integratif J. Tek. Sist. Dan Ind.* 3 98–109
- [2] Octaviaji, M. R., Hidayati, R. A., Gresik U M And Mental B K Analisis Beban Kerja Mental Karyawan Di Laboratorium Pt . Abc Menggunakan Metode Nasa-Tlx 5 44–53
- [3] Primasari, I. A. And Bariyah C 2024 Pendekatan Subjektif Dalam Penilaian Beban Kerja Laboran Menggunakan Metode NASA TLX Untuk Evaluasi Kinerja Tenaga Pendidik 4 1943–54
- [4] Parmin Salong, Rahma Tunny, Zulfikar Lating, Ira Sandi Tunny And M Fadly Kaliky 2023 Hubungan Beban Kerja Fisik Dan Beban Kerja Mental Dengan Kelelahan Kerja Mengajar Pada Guru SD Di Negeri Lima Kecamatan Leihitu *Calory J. Med. Lab. J.* 1 48–57
- [5] Marfuah N, Sumardiyono, S. And Fauzi, R. P. 2024. Hubungan Beban Kerja Mental Dengan Kelelahan Kerja Dan Stres Kerja Pada Pegawai PT X *J. Kesehat. Masy.* 12 140–7
- [6] Ramadhan, F And Kusnadi, K. 2022. Analisa Pengaruh Beban Kerja Mental Terhadap Kinerja Karyawan Menggunakan Metode Nasa-TLX Pada Hekikai Indonesia *J. Tek.* 20 158–64
- [7] Raden Vina Iskandya Putri1 T A R 2023 “Бсп За България” Е Под Номер 1 В Бюлетината За Вота, Герб - С Номер 2, Пп-Дб - С Номер 12 *Peran Kepuasan Nasabah Dalam Memediasi Pengaruh Cust. Relatsh. Mark. Terhadap Loyal. Nasabah* 2 310–24
- [9] Roya, J. N. Sumampouw, O. J. And Kaunang, W. P. J. 2021. Hubungan Antara Beban Kerja Dengan Kelelahan Kerja Pada Pegawai Perseroan Terbatas Pembangkit Listrik Negara Unit Layanan Pembangkit Listrik tenaga Panas Bumi Lahendong *J. KESMAS* 10 141–6
- [9] Yolanda, P. Widiana, H. S. And Sari, E. Y. D. 2022. Kinerja Karyawan: Faktor-Faktor Yang Memengaruhi *J. Divers.* 8 148–57
- [10] Kelelahan, A. 2025. Pengemudi Ojek Online Di Kota Bandung Analisis Kelelahan Subjektif Dan Objektif Pada Pengemudi Ojek Online Di Kota Bandung 6 84–8
- [11] Cynthia, O And Hartati, T. 2022 Karyawan Plywood Dengan Metode Konsumsi Energi Dan Nasa-Tlx 16
- [12] Adriansyah, G. Daulay, H. P. Sarena, S. T. And Benjamin T M P 2023 Pengukuran Beban Kerja Karyawan Frozen Food Menggunakan Metode Nasa-Tlx *JISO J. Ind. Syst. Optim.* 6 25
- [13] Varina, E. L. E., Hanan, S., DwiYanti, A. 2024. Hubungan Beban Kerja Terhadap Kelelahan Kerja Berdasarkan Posisi Jabatan Pada Pegawai Dinas Perindustrian dan Perdagangan. *Jurnal Taguchi.* Vol. 4. No. 2.
- [14] C. Maysyanda, W. Wartini, N. Ani, and F. S. Nugroho, "Hubungan kelelahan kerja dengan produktivitas pada pekerja bagian sewing PT. Maju Abadi Garment," *JKM (Jurnal Kesehatan Masyarakat) Cendekia Utama*, vol. 13, no. 2, Aug. 2025.
- [15] R. A. Gustara, A. Amini, M. D. Octavia, Y. A. Astuti, and T. N. Utami, "Analisis tingkat kelelahan kerja terhadap produktivitas karyawan," *Jurnal Kesmas Prima Indonesia*, vol. 7, no. 2, pp. 21–30, Jul. 2023.



Volume 01, Nomor 01, Juli 2026, hlm 33-43

JIIE

Journal of Integrated Industrial Engineering

p ISSN | e ISSN

http://



OPTIMASI ARSITEKTUR ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) MENGGUNAKAN GENETIC ALGORITHM (GA) DALAM PERAMALAN PERMINTAAN PADA UMKM ROTI MADHANI

Radithya Akbar¹, Deva Adhitya Pradana², Mikhael Fernando H S³, Michael Mangihut Tua S⁴, Dian Fajarika⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Article History:

Submission: 10-07-2026

Revised: 25-07-2026

Accepted: 30-07-2026

Kata Kunci:

Peramalan Permintaan,
Jaringan Saraf Tiruan,
Algoritma Genetika,
Optimasi Arsitektur,
UMKM.

Keywords:

Demand Forecasting,
Artificial Neural
Network, Genetic
Algorithm, Architecture
Optimization, SME.

Korespondensi:

Author

radithya.123190032
@student.itera.ac.id

Fluktuasi permintaan produk pada UMKM ROTI MADHANI menyulitkan perencanaan produksi dan pengelolaan persediaan, sementara metode peramalan statistik konvensional kurang mampu menangkap pola permintaan yang non-linier dan kompleks. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model prediksi permintaan finished goods menggunakan Artificial Neural Network (ANN) yang arsitekturnya dioptimasi dengan Genetic Algorithm (GA), agar diperoleh konfigurasi jaringan optimal tanpa trial-and-error manual. Data yang digunakan adalah 50 data historis bulanan (Januari 2022–Februari 2026) dengan lima variabel input, yaitu harga jual, indeks marketing, indeks hari besar, stok tersedia, dan kunjungan media sosial, serta permintaan produk sebagai variabel output. GA digunakan untuk mengoptimasi jumlah hidden layer, jumlah neuron, learning rate, dan batch size dengan ukuran populasi 8 kromosom selama 15 generasi, sedangkan ANN dilatih menggunakan algoritma backpropagation dengan optimizer Adam. Hasil optimasi menghasilkan arsitektur ANN dengan 3 hidden layer (56, 42, dan 26 neuron), learning rate 0,01, dan batch size 16. Evaluasi pada data pengujian menunjukkan model memperoleh MAE sebesar 94,4854, RMSE sebesar 102,5628, MAPE sebesar 21,10%, dan R^2 sebesar 98,89%. Hasil ini menunjukkan bahwa model ANN-GA mampu memprediksi permintaan finished goods dengan akurasi yang baik dan dapat digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam perencanaan produksi dan pengendalian persediaan pada UMKM Roti Madhani.

ABSTRACT

Demand fluctuation for finished goods at UMKM Roti Madhani made production planning and inventory management difficult, while conventional statistical forecasting methods were less able to capture non-linear and complex demand patterns. This study aimed to develop a finished-goods demand prediction model using an Artificial Neural Network (ANN) whose architecture was optimized with a Genetic Algorithm (GA), so that an optimal network configuration could be obtained without manual trial-and-error. The dataset consisted of 50 monthly historical records (January 2022–February



JIIE: Journal Of Integrated Industrial Engineering (JIIE) is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

2026) with five input variables — selling price, marketing index, holiday index, available stock, and social media visits — and product demand as the output variable. GA was used to optimize the number of hidden layers, number of neurons, learning rate, and batch size using a population of 8 chromosomes over 15 generations, while the ANN was trained with the backpropagation algorithm and the Adam optimizer. The optimization produced an ANN architecture with 3 hidden layers (56, 42, and 26 neurons), a learning rate of 0.01, and a batch size of 16. Evaluation on the testing data showed the model achieved an MAE of 94.4854, an RMSE of 102.5628, a MAPE of 21.10%, and an R^2 of 98.89%. These results indicate that the ANN-GA model can predict finished-goods demand with good accuracy and can be used as a decision-support tool for production planning and inventory control at UMKM Roti Madhani.

1. PENDAHULUAN

Kemampuan perusahaan dalam mengelola persediaan menjadi salah satu faktor penting. Manajemen persediaan bertujuan untuk memastikan bahwa tingkat produksi serta penjualan terdapat keselarasan, sehingga dapat memenuhi kebutuhan tanpa menimbulkan biaya atas overstock maupun overproduction [1]. Salah satu aspek utama dalam manajemen persediaan adalah prediksi permintaan (demand forecasting), yaitu proses memprediksi jumlah permintaan produk pada periode mendatang berdasarkan data historis maupun faktor-faktor yang memengaruhinya.

Salah satu tantangan UMKM ialah tingginya fluktuasi permintaan produk yang dipengaruhi oleh perubahan tren pasar, promosi, kondisi ekonomi, dan perilaku konsumen. Ketidakpastian permintaan tersebut dapat menyebabkan terjadinya overstock maupun stockout [2]. Overstock mengakibatkan penumpukan persediaan yang meningkatkan biaya penyimpanan dan mengikat modal kerja perusahaan, sedangkan stockout menyebabkan hilangnya peluang penjualan serta menurunkan kepuasan pelanggan.

Banyak perusahaan masih menggunakan metode peramalan konvensional berbasis statistik, seperti Moving Average, Exponential Smoothing, maupun Regresi Linier. Metode ini cukup efektif apabila data memiliki pola sederhana dan hubungan antarvariabel bersifat linier [2]. Namun permintaan UMKM sering menunjukkan pola yang lebih kompleks, non-linier, dan musiman, sehingga metode statistik konvensional sering kali tidak mampu menangkap pola data secara optimal dan akurasi prediksinya menjadi kurang memadai untuk mendukung pengambilan keputusan operasional [2].

Perkembangan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) memberikan alternatif yang lebih adaptif dalam mengatasi permasalahan peramalan. Artificial Neural Network (ANN) merupakan model komputasi yang terinspirasi dari cara kerja jaringan saraf manusia dan mampu mempelajari pola hubungan yang kompleks dari data [3]. Berbeda dengan metode statistik konvensional, ANN mampu menangani hubungan non-linier antarvariabel serta mengakomodasi berbagai faktor yang memengaruhi permintaan secara simultan melalui pendekatan multi-variabel, sehingga berpotensi menghasilkan prediksi yang lebih akurat.

Meskipun memiliki kemampuan prediksi yang mumpuni, penerapan ANN masih menghadapi tantangan dalam proses pembentukan model karena akurasi sangat dipengaruhi oleh konfigurasi arsitektur jaringan, seperti jumlah hidden layer, jumlah neuron pada setiap layer, learning rate, serta parameter pelatihan lainnya. Penentuan parameter tersebut umumnya dilakukan melalui pendekatan trial-and-error yang memerlukan waktu, sumber daya komputasi,

dan pengalaman pengguna, sehingga berisiko menghasilkan akurasi yang kurang optimal atau mengalami overfitting maupun underfitting [4].

Diperlukan metode optimasi yang mampu mencari konfigurasi arsitektur ANN secara otomatis dan sistematis. Genetic Algorithm (GA) merupakan metode optimasi berbasis evolusi yang meniru mekanisme seleksi alam dalam menemukan solusi terbaik dari suatu permasalahan [5]. GA dapat digunakan untuk menentukan kombinasi parameter jaringan yang optimal, seperti jumlah hidden layer, jumlah neuron, dan learning rate, sehingga diperoleh model yang lebih efektif sekaligus mengurangi subjektivitas dan mempercepat pencarian konfigurasi terbaik dibandingkan metode trial-and-error [4]. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengintegrasikan ANN dan GA untuk mengoptimasi arsitektur jaringan dalam meramalkan permintaan finished goods pada UMKM Roti Madhani.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini meliputi: (1) bagaimana mengatasi fluktuasi permintaan finished goods pada UMKM Roti Madhani untuk mendukung perencanaan produksi dan pengelolaan persediaan; (2) bagaimana menentukan arsitektur ANN yang optimal menggunakan Algoritma Genetika tanpa trial-and-error manual; serta (3) bagaimana kinerja model ANN multi-variabel yang dioptimasi dengan Algoritma Genetika dalam memprediksi permintaan finished goods pada UMKM Roti Madhani.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis fluktuasi permintaan finished goods pada UMKM Roti Madhani, menentukan arsitektur ANN yang optimal menggunakan Algoritma Genetika, serta mengembangkan dan mengevaluasi kinerja model ANN multi-variabel yang dioptimasi dengan Algoritma Genetika dalam memprediksi permintaan finished goods.

Batasan Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada UMKM Roti Madhani dengan fokus pada prediksi permintaan finished goods berdasarkan data historis yang tersedia. Model prediksi yang digunakan adalah ANN berbasis pendekatan multi-variabel dengan optimasi arsitektur jaringan menggunakan GA, sedangkan kinerja model dievaluasi menggunakan indikator MAE, RMSE, MAPE, dan koefisien determinasi (R^2).

2. LANDASAN TEORI

Manajemen Persediaan dan Peramalan Permintaan

Manajemen persediaan adalah landasan utama dalam manajemen rantai pasok yang berperan penting terhadap kinerja keuangan perusahaan. Secara umum, manajemen persediaan melibatkan pengelolaan stok barang untuk menyeimbangkan pasokan dan permintaan guna menghindari risiko operasional seperti stockout, overstocking, maupun backorder. Tujuan intinya adalah memaksimalkan laba dengan meningkatkan layanan pelanggan dan meminimalkan biaya keseluruhan [6]. Peramalan permintaan adalah proses mengestimasi kebutuhan konsumen di masa depan untuk memastikan ketersediaan produk yang tepat pada waktu yang tepat, dan dianggap sebagai pengembangan strategis yang krusial dalam sistem informasi persediaan [7].

Artificial Neural Network (ANN)

ANN adalah metode pembelajaran mesin yang dirancang untuk menyimulasikan cara kerja otak manusia melalui lapisan-lapisan node yang saling terhubung [8], terdiri atas input layer, hidden layer, dan output layer [9]. Dibandingkan metode statistik tradisional, ANN memiliki keunggulan dalam menangani pola non-linear yang kompleks [8], menghasilkan akurasi prediksi yang lebih tinggi [8], beradaptasi terhadap volatilitas tinggi [3], toleran terhadap data yang tidak pasti [9], serta mampu melakukan analisis multidimensional dengan mengintegrasikan berbagai variabel input sekaligus [11]. Kinerja ANN sangat dipengaruhi oleh pemilihan hyperparameter yang tepat;

kesalahan dalam menentukan jumlah hidden layer dan neuron dapat menyebabkan overfitting maupun underfitting [12], sehingga ANN sering dikombinasikan dengan Genetic Algorithm untuk memperoleh performa prediksi yang lebih baik.

Genetic Algorithm (GA)

GA adalah teknik pencarian dan optimasi yang mengemulasi proses evolusi biologis berdasarkan prinsip “survival of the fittest” [9]. Proses evolusi dalam GA digerakkan oleh tiga operator utama [13]: (1) seleksi, memilih individu dengan fitness tinggi sebagai induk generasi berikutnya; (2) crossover, menggabungkan materi genetik dari dua induk untuk menghasilkan keturunan baru; dan (3) mutasi, mengubah sebagian kecil gen secara acak untuk menjaga keragaman populasi dan mencegah konvergensi prematur pada local optimum. GA sering diintegrasikan dengan ANN membentuk model hibrida GA-ANN, yang berperan mengoptimalkan bobot awal jaringan [14], mencegah model terjebak dalam local minima, serta mengoptimalkan arsitektur jaringan sehingga tidak lagi bergantung pada trial-and-error [11].

Metrik Evaluasi Kinerja Model

Untuk mengevaluasi kualitas peramalan, digunakan metrik MSE (Mean Squared Error), RMSE (Root Mean Squared Error), MAE (Mean Absolute Error), dan MAPE (Mean Absolute Percentage Error) [15]. MSE mengukur rata-rata selisih kuadrat antara nilai prediksi dan aktual, dan sangat sensitif terhadap outlier:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (1)$$

RMSE merupakan akar kuadrat dari MSE sehingga hasilnya berada pada satuan yang sama dengan data asli:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (2)$$

MAE mengukur rata-rata deviasi absolut antara nilai aktual dan nilai prediksi tanpa memberi penalti berlebih terhadap deviasi besar:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (3)$$

MAPE menyatakan tingkat kesalahan prediksi dalam bentuk persentase sehingga mudah diinterpretasikan dan dibandingkan antar dataset:

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \quad (4)$$

Nilai MAPE di bawah 10% menunjukkan akurasi model sangat baik, 10–20% baik, 20–50% cukup, dan di atas 50% menunjukkan akurasi rendah.

3. METODE PENELITIAN

Objek dan Alur Penelitian

Objek penelitian ini adalah UMKM Roti Madhani, pelaku usaha di bidang industri makanan dengan produk utama roti manis yang kerap menghadapi fluktuasi permintaan pasar yang sulit diprediksi. Penelitian menggunakan data historis operasional UMKM periode Januari 2022 hingga Februari 2026, sebanyak 50 data bulanan, yang dianggap cukup representatif untuk mendukung pembangunan model prediksi permintaan.

Penelitian ini berfokus pada prediksi permintaan produk jadi (finished goods) berupa roti manis dengan mengintegrasikan Artificial Neural Network (ANN) dan Genetic Algorithm (GA), di mana ANN berperan mempelajari pola hubungan antar variabel yang memengaruhi permintaan,

sedangkan GA digunakan untuk mengoptimalkan parameter model agar diperoleh akurasi prediksi yang lebih baik. Alur penelitian dimulai dari penetapan objek dan observasi langsung, pengumpulan data mentah dari catatan internal UMKM, pra-pemrosesan data (pembersihan data, seleksi variabel, dan normalisasi), pembagian data training dan testing (80:20), pembangunan model ANN-GA melalui optimasi hyperparameter oleh GA selama 15 generasi, pelatihan model final menggunakan backpropagation, hingga evaluasi kinerja model menggunakan metrik statistik formal yang diakhiri dengan interpretasi hasil sebagai rekomendasi strategis bagi manajemen UMKM Roti Madhani.

Pengolahan Data

Data yang dikumpulkan bersifat primer dan terstruktur dalam bentuk deret waktu bulanan selama 50 bulan (Januari 2022–Februari 2026), terdiri dari lima variabel independen (harga jual produk, indeks aktivitas marketing, indeks hari besar keagamaan/nasional, volume stok yang tersedia, dan jumlah kunjungan media sosial resmi perusahaan) dan satu variabel dependen, yaitu volume permintaan (Permintaan_Demand).

Pemeriksaan data hilang dilakukan menggunakan fungsi `isnull().sum().sum()` dari library Pandas, dan apabila ditemukan maka data dihapus menggunakan `dropna()`. Pemeriksaan data duplikat dilakukan menggunakan fungsi `duplicated().sum()`, dan data duplikat dihapus menggunakan `drop_duplicates()` agar tidak memengaruhi hasil pembelajaran model. Variabel input yang digunakan meliputi Harga_Jual, Indeks_Marketing, Indeks_Hari_Besar, Stok_Tersedia, dan Kunjungan_Medsos, sedangkan variabel output yang menjadi target prediksi adalah Permintaan_Demand.

Normalisasi data dilakukan menggunakan metode Min-Max Scaling melalui fungsi `MinMaxScaler()` dari library Scikit-Learn, yang mengubah seluruh nilai data ke rentang 0 hingga 1 dengan tetap mempertahankan pola distribusi data asli. Proses normalisasi dilakukan secara terpisah untuk variabel input (X) dan variabel output (y). Secara matematis, normalisasi Min-Max Scaling dinyatakan sebagai berikut:

$$[X_{\{norm\}} = \frac{X - X_{\{min\}}}{X_{\{max\}} - X_{\{min\}}} \quad (5)$$

dengan X_{norm} adalah nilai hasil normalisasi, X adalah nilai data asli, X_{min} adalah nilai minimum, dan X_{max} adalah nilai maksimum pada variabel tersebut. Selanjutnya data dibagi menjadi data pelatihan (80%) dan data pengujian (20%) menggunakan fungsi `train_test_split()` dengan parameter `shuffle=False` karena data bersifat deret waktu.

Pengembangan Model ANN-GA

Jumlah hidden layer dan neuron pada setiap layer ditentukan melalui optimasi GA, dengan kemungkinan satu hingga tiga hidden layer. Fungsi aktivasi ReLU digunakan pada hidden layer, sedangkan fungsi aktivasi linear digunakan pada output layer karena penelitian ini merupakan permasalahan regresi. Arsitektur ANN diimplementasikan menggunakan library TensorFlow dan Keras dengan model Sequential, dilatih menggunakan optimizer Adam (Adaptive Moment Estimation) dengan fungsi kerugian Mean Squared Error (MSE) agar proses konvergensi lebih cepat dan stabil.

Dalam GA, setiap solusi direpresentasikan sebagai kromosom yang terdiri atas beberapa gen, dengan setiap gen mewakili satu parameter ANN yang dioptimasi. Struktur kromosom yang digunakan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Struktur Kromosom Genetic Algorithm

Gen	Parameter yang Dioptimasi
Gen 1	Jumlah Hidden Layer

Gen	Parameter yang Dioptimasi
Gen 2	Jumlah Neuron Hidden Layer 1
Gen 3	Jumlah Neuron Hidden Layer 2
Gen 4	Jumlah Neuron Hidden Layer 3
Gen 5	Learning Rate
Gen 6	Batch Size

Kinerja setiap kromosom dievaluasi menggunakan fungsi fitness yang dihitung berdasarkan nilai RMSE hasil prediksi model. Karena GA bekerja dengan prinsip memaksimalkan nilai fitness, maka RMSE dikonversi menjadi fitness menggunakan persamaan berikut:

$$[Fitness = \frac{1}{RMSE + 10^{-6}}](6)$$

Semakin kecil nilai RMSE yang dihasilkan model, semakin besar nilai fitness yang diperoleh, sehingga kromosom dengan kesalahan prediksi lebih rendah memiliki peluang lebih besar untuk dipilih pada generasi berikutnya. Proses seleksi, crossover, mutasi, dan evaluasi fitness dilakukan berulang menggunakan library PyGAD dengan ukuran populasi 8 kromosom selama 15 generasi. Kromosom dengan nilai fitness tertinggi pada akhir proses evolusi dipilih sebagai solusi optimal menggunakan fungsi `best_solution()`, dan parameter terbaik yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk membangun model ANN final.

Implementasi model dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan library Pandas untuk pengelolaan dataset, NumPy untuk operasi numerik, Matplotlib untuk visualisasi, Scikit-Learn untuk pra-pemrosesan dan evaluasi model, TensorFlow dan Keras untuk pembangunan ANN, serta PyGAD untuk optimasi GA. Proses pelatihan model final dilakukan melalui fungsi `buat_dan_latih_ann()` yang membangun arsitektur jaringan berdasarkan parameter hasil optimasi GA, dikompilasi menggunakan optimizer Adam dan fungsi loss MSE, kemudian dilatih menggunakan fungsi `model.fit()` selama 100 epoch. Model yang telah dilatih kemudian digunakan untuk menghasilkan prediksi permintaan finished goods dan dievaluasi tingkat akurasinya.

Evaluasi Model

Perhitungan metrik evaluasi dilakukan menggunakan library Scikit-Learn setelah model menghasilkan prediksi pada data testing melalui fungsi `model.predict()`. Hasil prediksi yang masih berada dalam skala normalisasi dikembalikan ke skala asli menggunakan fungsi `inverse_transform()`, kemudian nilai prediksi dan nilai aktual dibandingkan untuk memperoleh nilai MAE, RMSE, MAPE, dan R^2 . Semakin kecil nilai MAE, RMSE, dan MAPE, serta semakin besar nilai R^2 yang mendekati 1, menunjukkan bahwa model semakin mampu menjelaskan hubungan antara variabel input dan output secara akurat.

Visualisasi hasil dilakukan pada tiga aspek, yaitu kurva loss pelatihan model (untuk memantau kemungkinan overfitting), kurva fitness selama proses optimasi GA (untuk melihat peningkatan kualitas solusi antargenerasi), serta kurva perbandingan nilai aktual dan hasil prediksi pada data testing untuk mengevaluasi kemampuan model mengikuti pola permintaan aktual.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data historis permintaan finished goods UMKM Roti Madhani sebanyak 50 data. Sebelum dilakukan pemodelan ANN dan optimasi GA, data terlebih dahulu dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui karakteristik dan distribusi masing-masing variabel, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Data Penelitian

Variabel	Min	Max	Mean	Std Dev
Harga_Jual	6500	7500	6964	363,52
Indeks_Marketing	0	1	0,38	0,49
Indeks_Hari_Besar	0	3	0,54	1,01
Stok_Tersedia	512	5704	1767,12	1565,41
Kunjungan_Medsos	892	9521	3112,40	2610,46
Permintaan_Demand	333	5945	1337,04	1754,60

Seluruh variabel penelitian menunjukkan variasi data yang cukup beragam. Fluktuasi yang tinggi pada variabel permintaan produk mengindikasikan adanya ketidakpastian permintaan, sehingga diperlukan model prediksi untuk membantu perencanaan produksi dan pengendalian persediaan secara lebih efektif.

Pra-Pemrosesan Data

Hasil pemeriksaan missing value dan data duplikat disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Kualitas Data

Pemeriksaan	Hasil
Missing Value	0
Data Duplikat	0

Seluruh variabel penelitian memiliki jumlah missing value dan data duplikat sebesar nol, yang menunjukkan bahwa dataset telah lengkap sehingga tidak diperlukan proses imputasi atau penghapusan data. Selanjutnya, data dibagi menjadi data training dan testing sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pembagian Data Training dan Testing

Jenis Data	Jumlah
Training	40 Data (80%)
Testing	10 Data (20%)
Total	50 Data

Proporsi pembagian 80:20 dipilih karena mampu memberikan jumlah data yang cukup bagi model untuk mempelajari pola historis sekaligus menyediakan data pengujian yang memadai untuk mengevaluasi kinerja model secara efisien.

Optimasi Arsitektur ANN dengan Genetic Algorithm

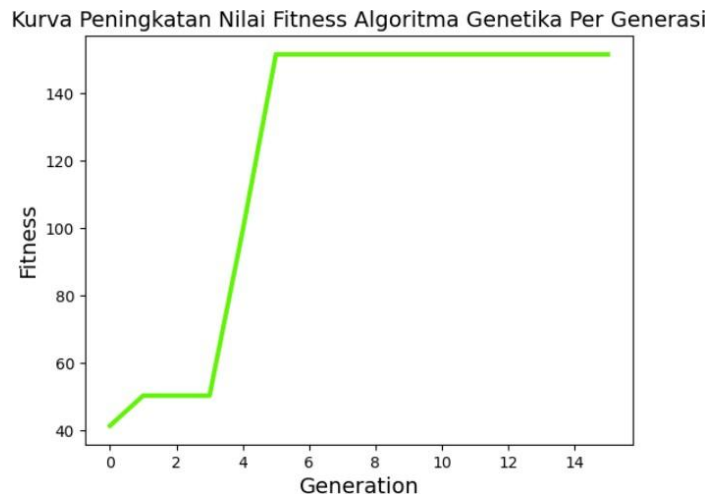
Pemilihan parameter GA bertujuan memperoleh keseimbangan antara kualitas solusi, kecepatan komputasi, dan kemampuan algoritma dalam mengeksplorasi ruang pencarian, sebagaimana disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter Genetic Algorithm

Parameter	Nilai
Population Size	8
Jumlah Generasi	15
Parent Mating	3
Mutation Rate	20%

Selection Type	Steady State Selection
Crossover Type	Single Point

Population size sebesar 8 menunjukkan jumlah individu pada setiap generasi, sedangkan jumlah generasi sebanyak 15 menjadi batas iterasi proses evolusi. Parent mating sebesar 3 menentukan jumlah induk yang menghasilkan keturunan, sementara mutation rate 20% diterapkan untuk menjaga keberagaman solusi. Proses seleksi menggunakan steady state selection dan persilangan menggunakan single point crossover.



Gambar 1. Grafik Fitness Genetic Algorithm

Nilai fitness meningkat dari sekitar 41 pada generasi awal menjadi 50 dan bertahan hingga generasi ke-3. Pada generasi ke-5 terjadi peningkatan signifikan hingga mencapai sekitar 151, kemudian nilainya stabil sampai generasi ke-15. Hal ini menunjukkan bahwa GA telah menemukan solusi optimal pada generasi ke-5 dan mencapai kondisi konvergen.

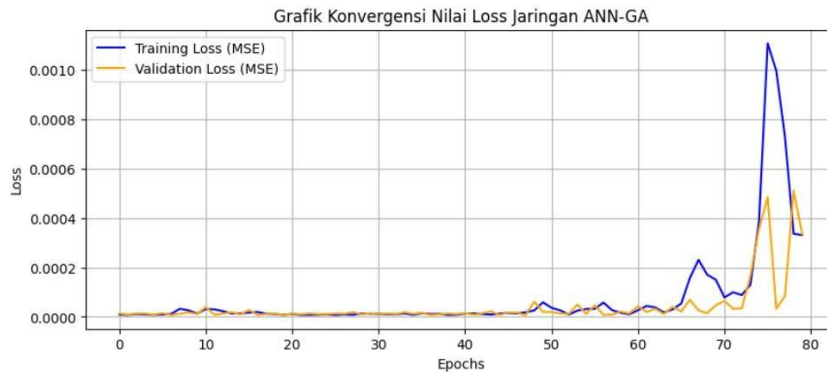
Konfigurasi optimal hasil optimasi GA digunakan untuk membangun model prediksi, sebagaimana disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Optimasi Arsitektur ANN

Parameter	Nilai Optimal
Jumlah Hidden Layer	3 layer
Neuron Hidden Layer 1	56 neuron
Neuron Hidden Layer 2	42 neuron
Neuron Hidden Layer 3	26 neuron
Learning Rate	0,01
Batch Size	16
Optimizer	Adam
Aktivasi Hidden Layer	ReLU
Aktivasi Output Layer	Linear

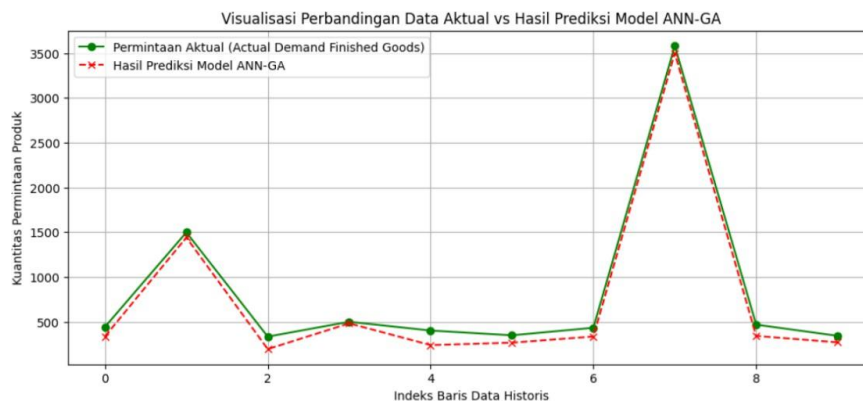
Konfigurasi terbaik terdiri dari 3 hidden layer dengan masing-masing 56, 42, dan 26 neuron, learning rate 0,01, batch size 16, dan optimizer Adam. Fungsi aktivasi ReLU digunakan pada hidden layer, sedangkan output layer menggunakan fungsi aktivasi linear. Kombinasi parameter ini dipilih karena menghasilkan nilai fitness tertinggi selama proses optimasi.

Pelatihan Model dan Hasil Prediksi



Gambar 2. Training Loss dan Validation Loss

Nilai training loss dan validation loss cenderung rendah dan mengikuti pola yang serupa selama proses pelatihan. Meskipun terjadi sedikit peningkatan loss pada beberapa epoch akhir, kedua kurva tetap bergerak konsisten sehingga model ANN-GA menunjukkan kemampuan belajar dan generalisasi yang baik.



Gambar 3. Kurva Hasil Prediksi ANN-GA

Kurva hasil prediksi ANN-GA mengikuti pola data aktual dengan cukup baik. Kedekatan kedua kurva menunjukkan bahwa model mampu merepresentasikan pola permintaan produk dan menghasilkan prediksi yang akurat dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah.

Evaluasi Kinerja Model

Kinerja model ANN-GA dievaluasi menggunakan metrik MAE, RMSE, MAPE, dan koefisien determinasi (R^2), sebagaimana disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Evaluasi Kinerja Model ANN-GA

Metrik Evaluasi	Nilai
MAE (Mean Absolute Error)	94,4854
RMSE (Root Mean Squared Error)	102,5628
MAPE (Mean Absolute Percentage Error)	21,10%
R^2 (Coefficient of Determination)	98,89%

Model ANN-GA memperoleh nilai MAE dan RMSE yang relatif rendah serta nilai R^2 sebesar 98,89%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model mampu menghasilkan prediksi yang mendekati data aktual dan memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menjelaskan variasi

permintaan produk, meskipun nilai MAPE sebesar 21,10% menunjukkan tingkat akurasi berada pada kategori baik, bukan sangat baik, yang kemungkinan dipengaruhi oleh adanya nilai permintaan yang mendekati nol pada beberapa periode.

Pembahasan

Penelitian ini mengembangkan model prediksi permintaan produk untuk UMKM menggunakan ANN yang dioptimasi dengan GA, melibatkan lima variabel input (harga jual, indeks marketing, indeks hari besar, stok tersedia, dan kunjungan media sosial) dengan permintaan produk sebagai variabel target. Variasi data yang signifikan pada beberapa variabel, khususnya permintaan produk, menunjukkan fluktuasi permintaan yang memerlukan metode prediksi mampu menangkap pola hubungan yang kompleks. Proses optimasi hyperparameter menggunakan GA dengan populasi 8, 15 generasi, tiga kali perkawinan induk, mutation rate 20%, seleksi steady-state, dan crossover single-point menunjukkan peningkatan fitness yang signifikan, mencapai nilai terbaik pada generasi kelima, dan stabil hingga akhir proses — menandakan algoritma telah mencapai konvergensi dan menemukan kombinasi parameter yang optimal.

Konfigurasi ANN terbaik yang diperoleh terdiri dari tiga hidden layer dengan 56, 42, dan 26 neuron, learning rate 0,01, batch size 16, optimizer Adam, fungsi aktivasi ReLU pada hidden layer, dan fungsi aktivasi linear pada output layer. Selama pelatihan, kurva loss pelatihan dan validasi menunjukkan pola yang relatif stabil dan saling mengikuti, tanpa indikasi overfitting yang signifikan, yang menunjukkan kemampuan generalisasi model yang baik terhadap data yang digunakan.

Hasil prediksi menunjukkan bahwa model ANN-GA mampu mengikuti pola permintaan aktual dengan baik, termasuk selama periode permintaan puncak. Kinerja model didukung oleh hasil evaluasi berupa MAE sebesar 94,4854, RMSE sebesar 102,5628, MAPE sebesar 21,10%, dan R^2 sebesar 98,89%. Tingkat kesalahan yang relatif rendah dan koefisien determinasi yang mendekati 100% menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan hampir seluruh variasi dalam data permintaan. Dengan demikian, kombinasi ANN dan Algoritma Genetika terbukti mampu menghasilkan model prediksi yang akurat dan dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan produksi, manajemen persediaan, dan pengembangan strategi pemasaran UMKM.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengembangan model prediksi permintaan finished goods pada UMKM Roti Madhani menggunakan Artificial Neural Network yang dioptimasi dengan Algoritma Genetika, dapat disimpulkan bahwa fluktuasi permintaan finished goods pada UMKM Roti Madhani menunjukkan perubahan yang tidak selalu stabil pada setiap periode, sehingga diperlukan metode prediksi yang mampu mengestimasi permintaan secara lebih akurat untuk mendukung pengambilan keputusan produksi dan pengelolaan persediaan. Algoritma Genetika berhasil digunakan untuk menentukan arsitektur ANN yang optimal melalui optimasi terhadap parameter jaringan saraf, sehingga diperoleh konfigurasi ANN terbaik dengan performa prediksi yang lebih baik dibandingkan konfigurasi yang ditentukan secara manual.

Model ANN multi-variabel yang dioptimasi menggunakan Algoritma Genetika berhasil dikembangkan dan mampu memprediksi permintaan finished goods dengan baik, ditunjukkan oleh hasil evaluasi MAE, RMSE, MAPE, dan R^2 yang menunjukkan tingkat akurasi baik dalam mempelajari pola hubungan antarvariabel. Model ANN-GA ini dapat digunakan sebagai alat bantu dalam perencanaan produksi dan pengendalian persediaan pada UMKM Roti Madhani. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan data historis dengan periode yang lebih panjang, memperluas variabel penelitian dengan faktor eksternal seperti promosi dan kondisi

ekonomi, serta mengimplementasikan model dalam bentuk sistem atau aplikasi berbasis web agar hasil prediksi dapat digunakan secara langsung oleh UMKM dalam pengambilan keputusan.

REFERENSI

- [1] K. Douaioui, R. Oucheikh, O. Benmoussa, and C. Mabrouki, "Machine Learning and Deep Learning Models for Demand Forecasting in Supply Chain Management: A Critical Review," *Applied System Innovation*, vol. 7, no. 5, 2024, doi: 10.3390/asi7050093.
- [2] S. Suardi, M. Hartati, F. S. Lubis, and T. Nurainun, "Optimization of Blood Clam Supply Control Using the Artificial Neural Network (ANN) Method," vol. 7, no. 1, pp. 76–85, 2026, doi: 10.22441/ijiem.v7i1.33669.
- [3] D. S. Prastiya and R. S. Wahyuni, "Artificial Neural Network Model For Optimization of Forecasting Material Inventory," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 25, no. 2, pp. 173–188, 2024, doi: 10.22219/jtiumm.vol25.no2.173-188.
- [4] T. A. Pham and H. L. T. Vu, "Optimizing the architecture of the artificial neural network by genetic algorithm to improve the predictability of pile bearing capacity based on CPT results," *Journal of Science and Transport Technology*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2022, doi: 10.58845/jstt.utt.2022.en.2.1.1-8.
- [5] S. Oh, J. Yoon, Y. Choi, Y. A. Jung, and J. Kim, "Genetic Algorithm for the Optimization of a Building Power Consumption Prediction Model," *Electronics (Switzerland)*, vol. 11, no. 21, 2022, doi: 10.3390/electronics11213591.
- [6] S. Maitra, "A System-Dynamic Based Simulation and Bayesian Optimization for Inventory Management," *arXiv.org*, 2024.
- [7] P. Cv and S. Medika, "Perancangan Sistem Informasi Persediaan Barang Dengan Pendekatan Supply Chain Management Pada CV. Sarana Medika," *Digibe: Digital Business and Entrepreneurship Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 69–87, 2024.
- [8] L. Endahti and M. S. Faturahman, "Predicting Demand for MSME Products Using Artificial Neural Networks (ANN) Based on Historical Sales Data," vol. 8, no. 4, pp. 212–220, 2025.
- [9] W. Wei and J. Chuan, "A combination forecasting method of grey neural network based on genetic algorithm," *Procedia CIRP*, vol. 109, pp. 191–196, 2022, doi: 10.1016/j.procir.2022.05.235.
- [10] H. Ahn, Y. C. Song, S. Olivar, H. Mehta, and N. Tewari, "GNN-based Probabilistic Supply and Inventory Predictions in Supply Chain Networks," pp. 1–15, 2024. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2404.07523>
- [11] A. Wahidna, N. Sookia, and Y. K. Ramgolam, "Performance evaluation of artificial neural network and hybrid artificial neural network based genetic algorithm models for global horizontal irradiance forecasting," *Solar Energy Advances*, vol. 4, 2024, doi: 10.1016/j.seja.2024.100054.
- [12] P. Demand, "JURIT Jurnal Riset Ilmu Teknik: A Backpropagation-Based Artificial Neural Network Model for Predicting Pharmaceutical Demand," pp. 1–15, 2025.
- [13] C. M. Lin and Y. S. Lin, "TPTM-HANN-GA: A Novel Hyperparameter Optimization Framework Integrating the Taguchi Method, an Artificial Neural Network, and a Genetic Algorithm for the Precise Prediction of Cardiovascular Disease Risk," *Mathematics*, vol. 12, no. 9, 2024, doi: 10.3390/math12091303.
- [14] A. Yaşar, "A Genetic Algorithm Optimized ANN for Prediction of Exergy and Energy Analysis Parameters of a Diesel Engine Different Fueled Blends," *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers*, vol. 11, no. 1, pp. 44–54, 2023, doi: 10.18100/ijamec.1262259.
- [15] M. A. Jahin, A. Shahriar, and M. Al Amin, "MCDFN: supply chain demand forecasting via an explainable multi-channel data fusion network model," *Evol. Intell.*, vol. 18, no. 3, 2025, doi: 10.1007/s12065-025-01053-7.



Volume 01, Nomor 01, Juli 2026, hlm 20-32

JIIE

Journal of Integrated Industrial Engineering

p ISSN | e ISSN

http://



PERBAIKAN METODE KERJA PROSES PRODUKSI VENTILASI KAYU MELALUI PETA KERJA DI PD SUMBER MULIA

Nurul Almiyah¹, Dany Amarullah², Era Bintang Virgo³, Eka Lailita Eti Vatina^{4*}, Asih Setyo Rini⁵

^{1,2,3,4,5} Teknik Industri, Universitas Bina Bangsa, Serang, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Article History:

Submission: 10-07-2026

Revised: 27-07-2026

Accepted: 30-07-2026

Kata Kunci:

Peta kerja¹, Operation process chart², Flow process chart³, Metode kerja⁴, Ventilasi Udara Kayu⁵.

Keywords:

Work Chart¹, Operation process chart², Flow process chart³, Work method⁴, wooden ventilation⁵.

* Korespondensi:

Author

Ekalailita00@gmail.com

ABSTRAK

Persaingan industri menuntut perusahaan untuk meningkatkan efisiensi proses produksi melalui penerapan metode kerja yang efektif. PD. Sumber Mulia sebagai industri pengolahan kayu yang memproduksi ventilasi udara masih menghadapi permasalahan berupa aktivitas yang tidak bernilai tambah, perpindahan material yang cukup sering, serta waktu tunggu yang berpotensi menurunkan produktivitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses pembuatan ventilasi udara kayu menggunakan peta kerja guna mengidentifikasi peluang perbaikan metode kerja. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan deskriptif melalui observasi langsung, wawancara, dan dokumentasi pada proses produksi. Analisis dilakukan menggunakan Peta Kerja Keseluruhan yang meliputi Operation Process Chart (OPC), Flow Process Chart (FPC), Assembly Chart, dan diagram alir, serta Peta Kerja Setempat yang terdiri atas Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan serta Peta Pekerja dan Mesin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa OPC terdiri atas 27 aktivitas operasi dan 1 aktivitas pemeriksaan, sedangkan FPC menunjukkan 16 aktivitas operasi, 2 aktivitas pemeriksaan, 4 aktivitas transportasi, dan 1 aktivitas penyimpanan dengan total waktu proses sebesar 977,38 detik. Analisis Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan menunjukkan masih terdapat ketidakseimbangan beban kerja antara kedua tangan operator, sementara Peta Pekerja dan Mesin menunjukkan adanya waktu menganggur yang masih dapat diminimalkan. Usulan perbaikan berupa penataan ulang tata letak area kerja, pengurangan aktivitas transportasi, penyeimbangan gerakan operator, serta koordinasi kerja operator dan mesin diharapkan mampu meningkatkan efisiensi proses produksi tanpa mengurangi kualitas produk yang dihasilkan.

ABSTRACT

Industrial competition has required manufacturing companies to improve production efficiency through the implementation of effective work methods. PD. Sumber Mulia, a wood-processing company specializing in the production of wooden ventilation products, has encountered several production-related issues, including non-value-added activities, excessive material handling, and waiting time that potentially reduced productivity. This study aimed to analyze the wooden ventilation manufacturing process using work charts to identify opportunities for work method improvement. A descriptive research approach was employed through direct observation,



JiIE: Journal Of Integrated Industrial Engineering (JIIE) is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

interviews, and documentation of the production process. The analysis utilized comprehensive work charts, including the Operation Process Chart (OPC), Flow Process Chart (FPC), Assembly Chart, and flow diagram, as well as local work charts consisting of the Two-Handed Process Chart and the Man-Machine Chart. The results indicated that the OPC consisted of 27 operation activities and one inspection activity. Meanwhile, the FPC identified 16 operation activities, two inspection activities, four transportation activities, and one storage activity, with a total production time of 977.38 seconds. The Two-Handed Process Chart analysis revealed an imbalance in the workload distribution between the operator's left and right hands, while the Man-Machine Chart indicated idle time for both operators and machines that could still be minimized. Proposed improvements included rearranging the workplace layout, reducing unnecessary transportation activities, balancing operator movements, and improving the coordination between operators and machines. These improvements were expected to enhance production efficiency without compromising the quality of the wooden ventilation products.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri manufaktur menuntut setiap perusahaan untuk mampu meningkatkan produktivitas, kualitas produk, serta efisiensi proses produksi agar dapat bersaing di pasar. Salah satu faktor yang menentukan keberhasilan perusahaan manufaktur adalah efektivitas sistem kerja yang diterapkan pada setiap tahapan proses produksi [1]. Sistem kerja yang belum terstandarisasi sering menyebabkan terjadinya aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non-value added activity*), pemborosan waktu, perpindahan material yang berlebihan, serta rendahnya pemanfaatan sumber daya [2]. Kondisi tersebut berdampak pada meningkatnya waktu produksi, biaya operasional, dan menurunnya daya saing perusahaan.

PD. Sumber Mulia merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan kayu dan memproduksi berbagai komponen bangunan, salah satunya ventilasi udara kayu. Produk ini memiliki permintaan yang relatif stabil sehingga perusahaan dituntut mampu memenuhi target produksi dengan kualitas yang konsisten. Namun, berdasarkan hasil observasi awal pada proses pembuatan ventilasi udara kayu, masih ditemukan beberapa permasalahan, seperti aliran proses produksi yang belum terdokumentasi secara sistematis, adanya waktu tunggu (*waiting time*) antarproses, perpindahan material yang cukup sering, serta kemungkinan terjadinya aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah. Selain itu, pengaturan urutan kerja dan tata letak aktivitas produksi belum sepenuhnya memperhatikan aspek efisiensi, sehingga berpotensi menyebabkan pemborosan waktu dan tenaga kerja.

Fenomena tersebut menunjukkan bahwa proses produksi ventilasi udara kayu di PD. Sumber Mulia belum memiliki gambaran menyeluruh mengenai hubungan antaraktivitas maupun rincian aktivitas pada setiap stasiun kerja. Akibatnya, perusahaan mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi titik-titik yang menyebabkan keterlambatan proses, pemborosan gerakan kerja, maupun aktivitas yang dapat disederhanakan atau dieliminasi. Apabila kondisi ini terus berlangsung, maka produktivitas perusahaan akan sulit ditingkatkan dan biaya produksi berpotensi semakin besar. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi proses kerja adalah analisis peta kerja (*work chart*). Peta kerja merupakan alat dalam teknik industri yang digunakan untuk menggambarkan secara sistematis seluruh aktivitas yang terjadi selama proses produksi sehingga memudahkan analisis terhadap efisiensi suatu sistem kerja [3]. Melalui peta kerja, perusahaan dapat mengetahui urutan aktivitas, waktu yang diperlukan, perpindahan material, serta peluang perbaikan proses [4].

Dalam penelitian ini digunakan dua jenis peta kerja, yaitu Peta Kerja Keseluruhan dan Peta Kerja Setempat. Peta Kerja Keseluruhan digunakan untuk menggambarkan keseluruhan aliran proses produksi mulai dari penerimaan bahan baku hingga produk jadi. Melalui peta ini dapat

diketahui hubungan antarproses, aktivitas operasi, inspeksi, transportasi, penundaan, dan penyimpanan sehingga pemborosan dalam aliran produksi dapat diidentifikasi secara menyeluruh [5]. Sementara itu, Peta Kerja Setempat digunakan untuk menganalisis aktivitas pada setiap stasiun kerja secara lebih rinci, termasuk gerakan operator, penggunaan peralatan, urutan pekerjaan, serta waktu yang dibutuhkan pada setiap elemen kerja [6]. Analisis ini diharapkan mampu mengidentifikasi aktivitas yang tidak efektif sehingga dapat dilakukan penyederhanaan metode kerja.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan analisis peta kerja mampu meningkatkan efisiensi proses produksi melalui pengurangan aktivitas yang tidak bernilai tambah, penyederhanaan aliran material, serta perbaikan metode kerja. Namun demikian, penelitian mengenai penerapan Peta Kerja Keseluruhan dan Peta Kerja Setempat pada industri pengolahan kayu, khususnya proses pembuatan ventilasi udara kayu, masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki nilai kebaruan dalam memberikan gambaran menyeluruh mengenai proses produksi ventilasi udara kayu sekaligus mengidentifikasi peluang perbaikan sistem kerja berdasarkan analisis peta kerja. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses pembuatan ventilasi udara kayu di PD. Sumber Mulia menggunakan Peta Kerja Keseluruhan dan Peta Kerja Setempat guna mengidentifikasi aktivitas yang tidak bernilai tambah, mengevaluasi efisiensi aliran proses produksi, serta memberikan rekomendasi perbaikan metode kerja yang dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi proses produksi perusahaan.

2. METODE

Penelitian dilaksanakan di PD. Sumber Mulia yang berlokasi di Kabupaten Serang, Banten. Kegiatan penelitian dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap proses produksi ventilasi udara kayu. Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahapan, yaitu tahap observasi awal untuk mengenal proses produksi secara umum, tahap pengumpulan data melalui pengamatan langsung dan wawancara dengan pekerja serta pemilik usaha, dan tahap pengolahan serta analisis data menggunakan berbagai jenis peta kerja. Pemilihan PD. Sumber Mulia sebagai objek penelitian didasarkan pada pertimbangan bahwa usaha ini memproduksi ventilasi udara kayu secara berulang dengan proses kerja yang relatif tetap, sehingga sesuai untuk dianalisis menggunakan pendekatan peta kerja.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data memberikan gambaran nyata mengenai aktivitas dan kondisi di lapangan. Observasi dan wawancara digunakan untuk menggali informasi tambahan yang tidak dapat diamati secara langsung, seperti alasan penggunaan suatu metode kerja atau kendala yang sering dihadapi operator selama proses produksi berlangsung. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Observasi, yaitu melakukan pengamatan langsung terhadap seluruh aktivitas produksi ventilasi udara kayu.
2. Wawancara, yaitu memperoleh informasi mengenai metode kerja dan penggunaan peralatan dari pihak yang terlibat dalam proses produksi.
3. Dokumentasi, yaitu mengumpulkan data berupa foto kegiatan, gambar produk, dan data pendukung lainnya.

Teknik Pengolahan Data

Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan beberapa alat analisis peta kerja, yaitu:

- *Operation Process Chart* (OPC)
- *Flow Process Chart* (FPC)
- *Assembly Chart*

PERBAIKAN METODE KERJA PROSES PRODUKSI VENTILASI KAYU MELALUI PETA KERJA DI PD SUMBER MULIA

Nurul Almiyah, Dany Amarullah, Era Bintang Virgo, Eka Lailita Eti Vatina, Asih Setyo Rini

- Diagram Alir
- Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan
- Peta Pekerja dan Mesin

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

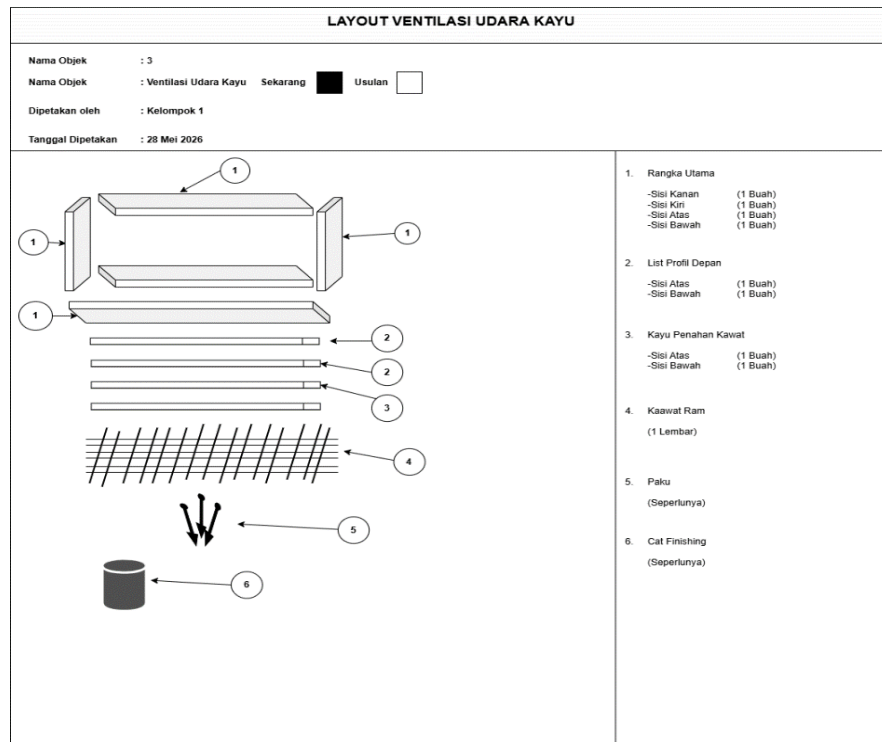
3.1 Produk Ventilasi Udara

Produk yang diamati adalah ventilasi udara berbahan kayu yang diproduksi oleh PD. Sumber Mulia. Produk ini berfungsi sebagai media sirkulasi udara pada bangunan serta memiliki nilai estetika karena menggunakan material kayu yang telah melalui proses finishing. Produk ventilasi udara kayu memiliki bentuk berupa rangka persegi dengan rongga di bagian tengah yang dipasang kawat ram sebagai media sirkulasi udara. Bagian tepi rangka dilengkapi dengan list profil yang berfungsi memperkuat sambungan sekaligus memberikan nilai estetika pada produk. Pemilihan bahan kayu sebagai material utama disesuaikan dengan permintaan pasar yang menginginkan produk dengan tampilan alami namun tetap kokoh dan tahan terhadap pemakaian dalam jangka waktu yang lama. Produk ventilasi udara tersusun atas beberapa komponen utama, yaitu rangka utama, list profil, kayu penahan kawat, kawat ram, paku, dan bahan finishing.

Tabel 1 Komponen Penyusun Produk

Komponen	Jumlah
Rangka Utama	4
List Profil	4
Kayu Penahan Kawat	4
Kawat Ram	1
Paku	12
Cat/Pernis	1

Berikut ini merupakan gambar teknik produk ventilasi udara kayu pada PD Sumber Mulia.



Gambar 1. Layout Ventilasi Udara

Berdasarkan Gambar 1, dapat diketahui posisi relatif setiap komponen sebelum dirakit, sehingga memudahkan operator dalam menyiapkan komponen sesuai urutan kebutuhan perakitan. Penataan komponen yang sistematis pada layout juga membantu mengurangi kesalahan pemasangan serta mempercepat proses identifikasi komponen yang dibutuhkan pada setiap tahap perakitan.

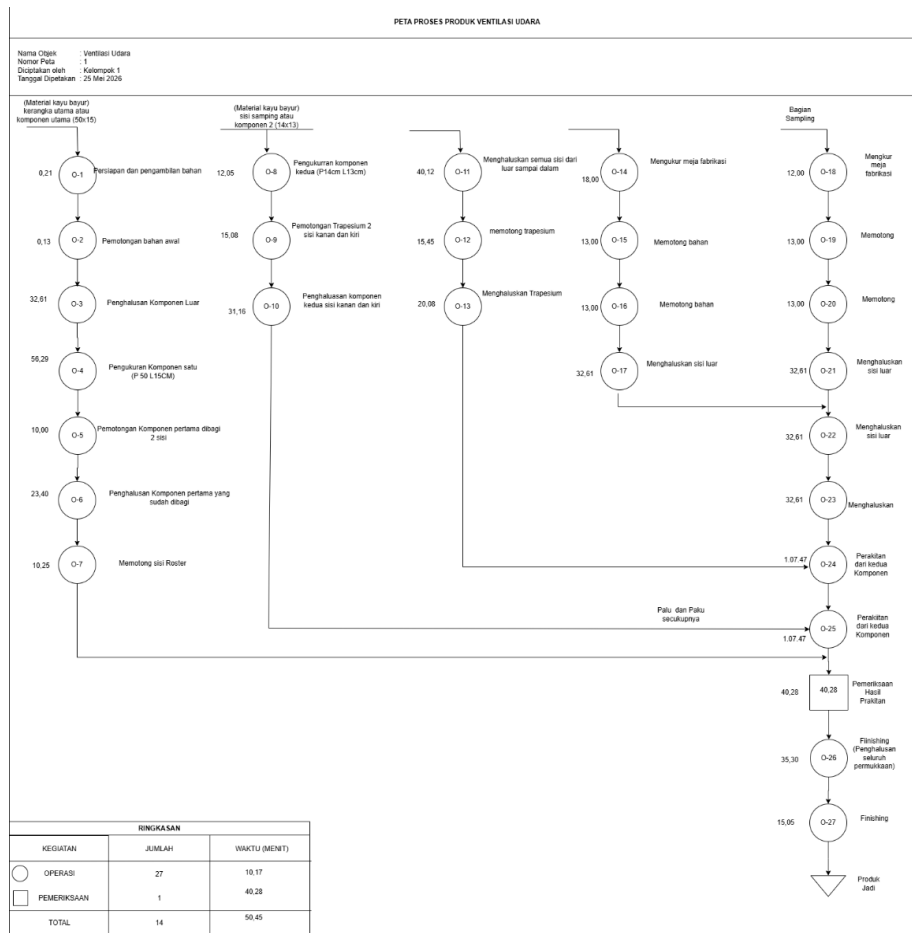
3.2 Operation Process Chart (OPC)

Operation Process Chart (OPC) digunakan untuk menggambarkan urutan aktivitas operasi dan pemeriksaan yang terjadi selama proses pembuatan ventilasi udara kayu. Berdasarkan hasil OPC, proses produksi ventilasi udara terdiri atas 27 aktivitas operasi dan 1 aktivitas pemeriksaan. Aktivitas operasi mendominasi keseluruhan proses karena sebagian besar kegiatan produksi berfokus pada pengolahan bahan baku menjadi komponen penyusun ventilasi udara.

Proses dimulai dari pengambilan bahan baku kayu, dilanjutkan dengan pengukuran, pemotongan, penghalusan, pembuatan komponen, perakitan, hingga proses finishing. Aktivitas pemeriksaan dilakukan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan telah memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Tingginya jumlah aktivitas operasi dibandingkan aktivitas pemeriksaan menunjukkan bahwa proses produksi ventilasi udara kayu lebih banyak diarahkan pada pembentukan dan perakitan komponen daripada kegiatan pengendalian kualitas. Meskipun hanya terdapat satu aktivitas pemeriksaan pada OPC, hal ini dianggap cukup karena pemeriksaan dilakukan pada tahap akhir setelah seluruh komponen selesai dirakit, sehingga produk yang tidak sesuai standar dapat segera diidentifikasi sebelum memasuki proses finishing dan penyimpanan.

PERBAIKAN METODE KERJA PROSES PRODUKSI VENTILASI KAYU MELALUI PETA KERJA DI PD SUMBER MULIA

Nurul Almiyah, Dany Amarullah, Era Bintang Virgo, Eka Lailita Eti Vatina, Asih Setyo Rini



Gambar 2. Operation Process Chart

3.3 Flow Process Chart (FPC)

Flow Process Chart digunakan untuk menggambarkan seluruh aktivitas yang terjadi selama proses produksi [7]. Berbeda dengan OPC yang hanya menggambarkan aktivitas operasi dan pemeriksaan, FPC mencakup seluruh jenis aktivitas yang terjadi dalam proses produksi, termasuk transportasi material antar area kerja dan penyimpanan produk sementara maupun produk jadi. Dengan demikian, FPC memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai aliran kerja secara keseluruhan, termasuk aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah secara langsung terhadap produk [8].

PETA ALIRAN PROSES															
RINGKASAN															
EGIATA	SEKARANG		USULAN		BEDA										
	JML	WKT	JML	WKT	JML	WKT									
	16	877,38					PEKERJAAN : Ventilasi Udara								
	2	56,50					NOMOR PETA : 1								
	4	0,51					ORANG ☐ BAHAN ☒								
	0	0					SEKARANG ☒ USULAN ☐								
	0	0					DIPETAKAN OLEH : KELOMPOK 1								
	1	0,20													
URUTAN KEGIATAN							LAMBang			JARAK (cm)	Jumlah	Waktu/ Detik)			
															
Penyimpanan dan Pengambilan bahan kayu													0	1	0,21
Memindahkan Kayu ke Meja Kerja													60	1	0,10
Pengukuran Rangka Utama													0	1	10,00
Pemotongan Rangka Utama													0	1	56,29
Memindahkan Rangka ke area Perakitan													50	1	0,15
Penyambungan Rangka Utama													0	1	23,40
Pemeriksaan Rangka Utama													0	1	28,25
Pengukuran Komponen List Profil													0	1	12,05
Pemotongan Komponen List Profil													0	1	55,16
Penghalusan Komponen List Profil													0	1	15,08
Memindahkan List Profil													30	1	0,12
Pengukuran Kayu Penahan Kawat													0	1	15,45
Pemotong Kayu Penahan Kawat													0	1	40,12
Penghalusan Kayu Penahan Kawat													0	1	20,08
Pengukuran dan Pemotongan Kawat Ram													0	1	63,08
Memindahkan kawat ram ke area perakitan													30	1	0,14
Perakitan Rangka Utama													0	1	78,08
Pemasangan Kayu penahan kawat													0	1	68,00
Pemsangan Kawat Ram													0	1	50,05
Pemasangan list profil depan													0	1	72,38
Penyambungan komponen dengan paku													0	1	63,68
Finishing penghalusan permukaan													0	1	90,78
Finishing Pengecatan													0	1	110,78
Pemeriksaan akhir produk													0	1	28,25
Penyimpanan produk jadi													20	1	0,20

Gambar 3. Flow Process Chart

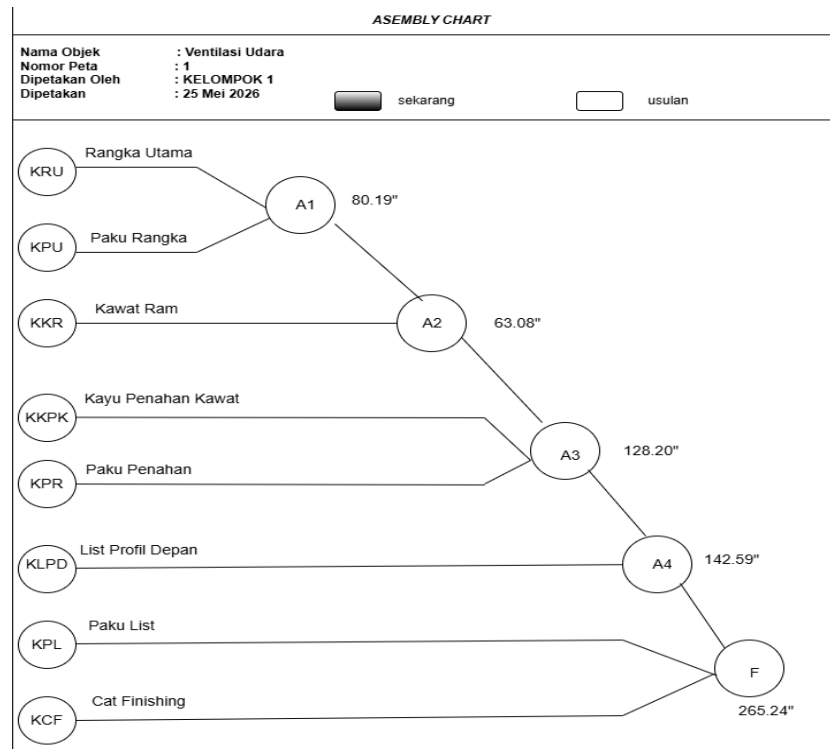
Aktivitas transportasi terjadi ketika bahan baku maupun komponen dipindahkan dari satu area kerja ke area lainnya. Keberadaan aktivitas transportasi menunjukkan masih adanya perpindahan material yang berpotensi diminimalkan melalui pengaturan tata letak area kerja yang lebih efektif. Hasil analisis menunjukkan terdapat 16 aktivitas operasi, 2 aktivitas pemeriksaan, 4 aktivitas transportasi, dan 1 aktivitas penyimpanan dengan total waktu proses sebesar 977,38 detik. Total waktu proses sebesar 977,38 detik mencerminkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus produksi ventilasi udara kayu mulai dari persiapan bahan baku hingga produk siap disimpan. Apabila aktivitas transportasi dan penyimpanan dapat dikurangi melalui penataan ulang tata letak fasilitas produksi, maka total waktu proses berpotensi dipersingkat tanpa mengurangi kualitas produk yang dihasilkan, sehingga kapasitas produksi harian dapat ditingkatkan.

3.4 Assembly Chart

Assembly Chart digunakan untuk menggambarkan hubungan antar komponen dan urutan perakitan produk ventilasi udara hingga menjadi produk jadi [9].

PERBAIKAN METODE KERJA PROSES PRODUKSI VENTILASI KAYU MELALUI PETA KERJA DI PD SUMBER MULIA

Nurul Almiyah, Dany Amarullah, Era Bintang Virgo, Eka Lailita Eti Vatina, Asih Setyo Rini



Gambar 4. *Assembly Chart*

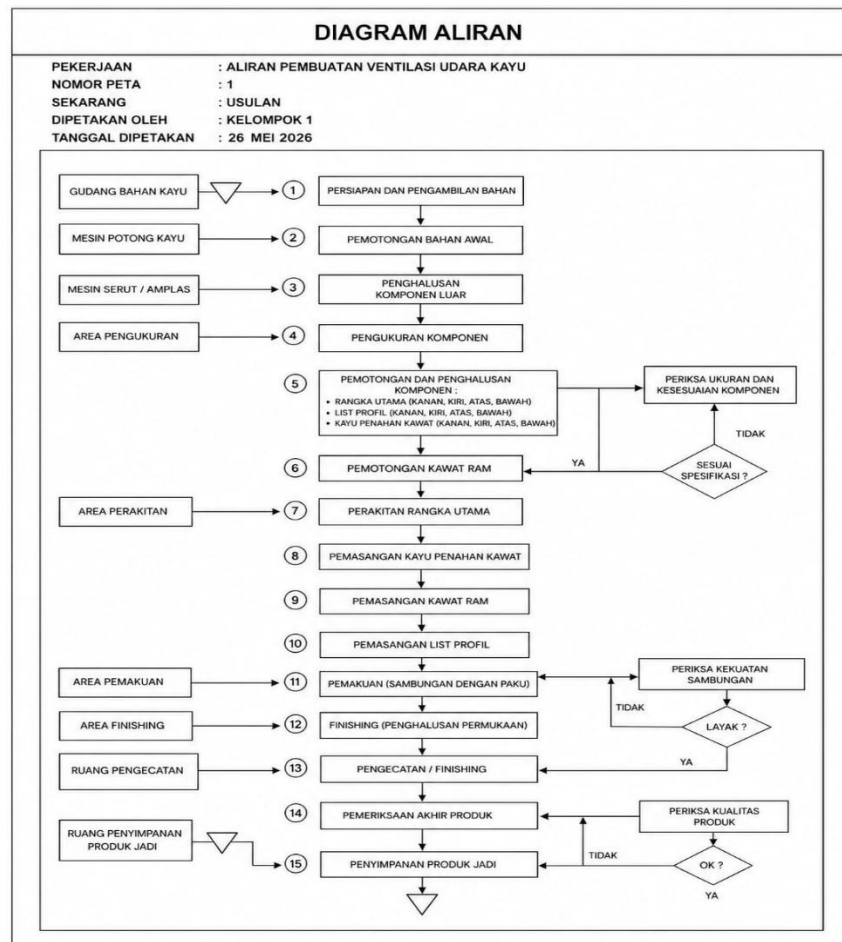
Berdasarkan hasil *Assembly Chart*, proses perakitan dilakukan secara bertahap mulai dari penggabungan rangka utama dengan paku rangka hingga proses finishing. Tahapan perakitan meliputi:

- **Rakitan 1** : Rangka Utama + Paku Rangka
- **Rakitan 2** : Rakitan 1 + Kawat Ram
- **Rakitan 3** : Rakitan 2 + Kayu Penahan Kawat Atas
- **Rakitan 4** : Rakitan 3 + Kayu Penahan Kawat Bawah
- **Rakitan 5** : Rakitan 4 + Paku Penahan
- **Rakitan 6** : Rakitan 5 + List Profil Kanan
- **Rakitan 7** : Rakitan 6 + List Profil Kiri
- **Rakitan 8** : Rakitan 7 + List Profil Atas
- **Rakitan 9** : Rakitan 8 + List Profil Bawah
- **Rakitan 10** : Rakitan 9 + Paku List
- **Rakitan 11** : Rakitan 10 + Penghalusan
- **Rakitan 12** : Rakitan 11 + Pengecatan
- **Produk Jadi** : Ventilasi Udara Kayu

Berdasarkan urutan rakitan pada Gambar 4, terlihat bahwa proses perakitan bersifat progresif, yaitu setiap rakitan baru selalu merupakan gabungan antara rakitan sebelumnya dengan satu komponen tambahan. Pola perakitan seperti ini memudahkan operator dalam mengikuti urutan kerja secara konsisten dan mengurangi risiko kesalahan urutan pemasangan komponen. Tahapan penghalusan dan pengecatan yang ditempatkan pada akhir urutan rakitan menunjukkan bahwa proses finishing baru dilakukan setelah seluruh komponen struktural terpasang dengan sempurna.

3.5 Diagram Alir

Diagram alir digunakan untuk menunjukkan urutan proses produksi secara keseluruhan mulai dari bahan baku hingga menjadi produk jadi [10]. Diagram alir pada Gambar 5 menggambarkan keterkaitan antar area kerja secara fisik, sehingga dapat digunakan untuk mengevaluasi efisiensi tata letak (*layout*) fasilitas produksi. Melalui diagram ini, dapat diidentifikasi area-area yang dilalui material secara berulang maupun jarak perpindahan yang relatif jauh antara satu stasiun kerja dengan stasiun kerja lainnya, yang nantinya dapat menjadi dasar pertimbangan dalam usulan perbaikan tata letak [11]. Secara umum, diagram alir memperlihatkan bahwa proses produksi berjalan secara linear dengan beberapa percabangan yang menuju ke titik pemeriksaan. Apabila hasil pemeriksaan menunjukkan komponen tidak sesuai standar, maka komponen tersebut dapat dikembalikan ke proses sebelumnya untuk diperbaiki, sehingga produk yang berlanjut ke proses selanjutnya adalah produk yang telah memenuhi kriteria kualitas yang ditetapkan oleh perusahaan.



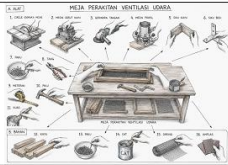
Gambar 5. Diagram Alir

3.6 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan (PTKTK)

Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan digunakan untuk menganalisis gerakan operator selama proses perakitan produk. Peta ini menggambarkan elemen-elemen gerakan dasar yang dilakukan oleh tangan kiri dan tangan kanan operator secara berdampingan, sehingga dapat terlihat apakah kedua tangan bekerja secara seimbang atau salah satu tangan lebih banyak menganggur dibandingkan tangan lainnya [12]. Analisis ini penting karena keseimbangan beban kerja antara kedua tangan operator berpengaruh langsung terhadap kecepatan dan kenyamanan kerja selama proses perakitan berlangsung.

PERBAIKAN METODE KERJA PROSES PRODUKSI VENTILASI KAYU MELALUI PETA KERJA DI PD SUMBER MULIA

Nurul Almiyah, Dany Amarullah, Era Bintang Virgo, Eka Lailita Eti Vatina, Asih Setyo Rini

PETA KERJA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN									
PEKERJAAN		: MEMBUAT VENTILASI UDARA							
NOMOR PETA		: 1							
DIPETAKAN OLEH		: KELOMPOK 1							
TANGGAL DIPETAKAN		: 29 MEI 2026							
									
TANGAN KIRI	Jarak (cm)	Waktu	Lambang		Waktu	Jarak (cm)	TANGAN KANAN		
Mengambil kayu	30	5	RE	RE	5	25	Mengambil meteran		
Memegang kayu	0	10	H	U	10	15	Mengukur kayu		
Menahan kayu	0	17	H	U	25	20	Memotong kayu		
Mengambil sisi rangka lain	35	15	RE	RE	6	20	Mengambil palu		
Menahan sambungan rangka	0	14	H	U	20	18	Menyambung rangka dengan paku		
Memegang rangka utama	0	12	H	U	18	22	Menghaluskan rangka		
Mengambil kayu penahan kawat	28	12	RE	RE	5	15	Mengambil paku kecil		
Menahan kayu penahan	0	10	H	U	15	16	Memasang paku kecil		
Mengambil kawat ram	32	10	RE	U	10	14	Mengukur kawat ram		
Menahan kawat ram	0	14	H	U	12	18	Memotong kawat ram		
Memegang kawat pada rangka	0	15	H	U	18	20	Memasang kawat ram		
Mengambil komponen list profil depan	25	16	RE	RE	6	12	Mengambil paku kecil		
Menahan komponen list produk	0	17	H	U	20	18	Memasang list profil		
Memegang produk	0	25	H	U	22	24	Menghaluskan permukaan		
Memindahkan produk jadi	40	8	TL	TL	8	40	Membawa produk		
TOTAL		200			200				
Ringkasan									
Waktu tiap siklus : 200									
Jumlah Produk Tiap Siklus : 1									
Waktu untuk membuat satu produk : 200									

Gambar 6. Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan

Hasil analisis menunjukkan bahwa kedua tangan operator bekerja secara bergantian dalam melakukan aktivitas mengambil, memegang, menahan, memasang, dan menyambung komponen ventilasi udara. Pada beberapa elemen gerakan, tangan kiri umumnya berperan memegang dan menahan komponen pada posisi yang tepat, sementara tangan kanan lebih banyak melakukan gerakan aktif seperti mengambil paku, memasang, dan menyambung komponen menggunakan alat. Pembagian peran ini menunjukkan adanya kecenderungan dominasi tangan kanan dalam aktivitas yang bersifat produktif, sedangkan tangan kiri lebih banyak berfungsi sebagai penopang, sehingga masih terdapat peluang untuk menyeimbangkan beban kerja antara kedua tangan agar waktu menganggur dapat dikurangi. Peta ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi gerakan yang tidak memberikan nilai tambah sehingga dapat dilakukan perbaikan metode kerja untuk meningkatkan produktivitas operator [13]. Beberapa gerakan yang tergolong tidak memberikan nilai tambah, seperti gerakan menunggu (*delay*), mencari komponen, atau memindahkan komponen ke posisi yang lebih jauh dari area kerja utama, sebaiknya dihilangkan atau diminimalkan. Salah satu usulan perbaikan yang dapat diterapkan adalah dengan menata ulang posisi komponen dan alat kerja di sekitar operator agar berada dalam jangkauan tangan yang optimal, sehingga gerakan mencari dan mengambil komponen dapat dipersingkat.

3.7 Pekerja dan Mesin

Peta Pekerja dan Mesin digunakan untuk menggambarkan hubungan antara aktivitas operator dan penggunaan mesin selama proses produksi. Peta ini menampilkan aktivitas operator dan mesin dalam satu garis waktu yang sama, sehingga dapat terlihat dengan jelas pada saat operator bekerja, mesin sedang menganggur, atau sebaliknya [14]. Informasi ini sangat berguna untuk mengevaluasi tingkat pemanfaatan (utilisasi) mesin dan operator, serta untuk menentukan

apakah jumlah mesin atau operator yang digunakan pada suatu proses sudah sesuai dengan kebutuhan [15].

PETA PEKERJA DAN MESIN						
Pekerja : Ventilasi Udara Nama Pekerja : SUTOMO Nomor peta : 1 Sekarang  Ujulan 						
Pekerja			Mesin			
NO	Pekerjaan	Waktu		Mesin	Waktu	
		Detik	Simbol		Detik	Simbol
1	Persiapan dan pengambilan bahan	0,21		-	-	-
2	Pemotongan bahan awal	0,13		Mesin potong (mesin profil)	13,00	
3	Penghalusan komponen luar	32,61		Mesin gerindra / amplas (mesin serut)	32,61	
4	Pengukuran rangka utama	10,00		-	-	-
5	Pemotongan rangka utama dibagi 2 sisi	56,29		Mesin potong (mesin profil)	13,00	
6	Penghalusan rangka utama dibagi	23,40		Mesin gerindra / amplas (mesin serut)	32,61	
7	Pemeriksaan rangka utama	28,25		-	-	-
8	Pengukuran komponen list profil	12,05		-	-	-
9	Pemotongan komponen list profil	55,16		Mesin potong (mesin profil)	13,00	
10	Penghalusan komponen list profil	15,08		Mesin gerindra / amplas (mesin serut)	32,61	
11	Pengukuran kayu penahan kawat	15,45		-	-	-
12	Pemotongan kayu penahan kawat	40,12		Mesin potong (mesin profil)	13,00	
13	Penghalusan kayu penahan kawat	20,08		Mesin gerindra / amplas (mesin serut)	32,61	
14	Pengukuran dan pemotongan kawat ram	63,08		Mesin potong kawat ram	13,00	
15	Perakitan komponen rangka utama	78,08		-	-	-
16	Pemasangan kayu penahan kawat	68,00		-	-	-
17	Pemasangan kawat ram	50,05		-	-	-
18	Pemasangan list profil depan pada rangka utama	72,38		-	-	-
19	Penyambungan komponen dengan paku	63,68		-	-	-
20	Finishing (penghalusan seluruh permukaan)	90,78		-	-	-
21	Finishing (pencetakan)	110,78		-	-	-
22	Pemeriksaan akhir produk	28,25		-	-	-
TOTAL		877,36			668,77	-
Keterangan						
		Merupakan Waktu tak Bergantungan				
		Merupakan Waktu Menunggu				
		Merupakan kerja kombinasi (bersama antara pekerja dan mesin)				

Gambar 7. Peta Pekerja dan Mesin

Berdasarkan hasil analisis, koordinasi antara operator dan mesin telah berjalan cukup baik. Namun demikian, masih terdapat beberapa waktu menganggur baik pada operator maupun mesin yang dapat dikurangi melalui pengaturan urutan kerja yang lebih efektif. Analisis ini sangat penting untuk meningkatkan pemanfaatan sumber daya sehingga produktivitas kerja dapat meningkat dan waktu produksi dapat diminimalkan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan ventilasi udara kayu di PD. Sumber Mulia telah memiliki alur kerja yang sistematis.

- 1) Peta Kerja Keseluruhan menunjukkan bahwa *Operation Process Chart* (OPC) menunjukkan adanya 27 aktivitas operasi dan 1 aktivitas pemeriksaan. Hasil *Flow Process Chart* (FPC) menunjukkan terdapat 16 aktivitas operasi, 2 aktivitas pemeriksaan, 4 aktivitas transportasi, dan 1 aktivitas penyimpanan dengan total waktu proses sebesar 977,38 detik. Adanya aktivitas transportasi dan penyimpanan pada FPC mengindikasikan masih terdapat peluang pemborosan yang dapat dikurangi melalui penataan ulang tata letak fasilitas produksi, sehingga jarak perpindahan material antar stasiun kerja dapat

diperpendek dan total waktu proses dapat dipersingkat tanpa harus menambah jumlah tenaga kerja maupun mesin.

- 2) Peta Kerja Setempat menunjukkan bahwa Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan (PTKTK) serta Peta Pekerja dan Mesin menunjukkan bahwa aktivitas operator dan penggunaan mesin telah berjalan dengan baik, namun masih dapat ditingkatkan melalui perbaikan metode kerja dan tata letak area produksi.
- 3) Secara keseluruhan, perbaikan yang dapat diusulkan kepada PD. Sumber Mulia meliputi penataan ulang tata letak area kerja agar mengurangi aktivitas transportasi, penyeimbangan beban kerja antara tangan kiri dan tangan kanan operator, serta penyusunan jadwal kerja operator dan mesin yang lebih terkoordinasi untuk meminimalkan waktu menganggur. Penerapan perbaikan tersebut diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses produksi tanpa mengurangi kualitas produk ventilasi udara kayu yang dihasilkan. Penggunaan berbagai peta kerja mampu menggambarkan aktivitas produksi secara rinci sehingga dapat digunakan sebagai dasar evaluasi dan perbaikan sistem kerja untuk meningkatkan efisiensi proses produksi.

REFERENSI

- [1] Yasra, R., Putri, N. T., & Rozaq, M. (2021). Perbaikan Metode Kerja Pada Proses Set Up Untuk Meningkatkan Produktivitas Machining Gate Valve di PT Cameron System Batam. *PROFISIENSI J. Progr. Stud. Tek. Ind.*, 9(1), 60-73.
- [2] Sukania, I. W., Oktaviangel, O., & Julita, J. (2012). Perbaikan Metode Perakitan Steker Melalui Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan. *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*, 286-277.
- [3] PUTRA, BOY ISMA, and RIBANGUN BAMBAN JAKARIA. 2020. *PERANCANGAN SISTEM KERJA*. ed. ST.MT. Atikha Sidhi Cahyana. Sidoarjo, Jawa Timur: UMSIDA Press Anggota IKAPI No. 218/Anggota Luar Biasa/JTI/2019 Anggota APPTI No. 002 018 1 09 2017.
- [4] Maryana, M., & Meutia, S. (2015). Perbaikan Metode Kerja Pada Bagian Produksi Dengan Menggunakan Man And Machine Chart. *Teknovasi*, 2(2), 15-26.
- [5] Lubis, H. (2025). Analisis Perbaikanmetode Kerjamenggunakan Peta Tangan Kanan Tangan Kiri Untuk Meningkatkan Produktivitas Dalam pembuatan Loyang Aluminium.
- [6] Kurnia, F., Aji, A. S., Mubarok, M. S., & Alkaff, M. (2025). PENINGKATAN EFISIENSI SISTEM KERJA PRODUKSI DODOL DI UMKM CAMILAN BERINGIN MELALUI ANALISIS PETA KERJA. *Journal of Industrial Engineering and Innovation*, 2(01), 01-07.
- [7] Albert William Wijaya,Indira Ruth Septarini, Anita Christine Sembiring. 2023. "SISTEM PRODUKSI SELANG HIDROLIK DENGAN METODE LINE BALANCING PT . HYDRO GEMILANG." 7(1): 9-12.
- [8] Indonesia, P. D. S., & Saleh, J. R. (2021). Usulan perancangan perbaikan stasiun kerja dengan analisis peta kerja dan kebutuhan ruang untuk peningkatan produktivitas.
- [9] Fajri, Z. K. (2025). PERANCANGAN SISTEM KERJA PADA AREA PRODUKSI STRAINER 4W DI PT ASSYIFA TEKNIK MANDIRI. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Edumi*, 4(2), 70-76.
- [10] Fahrudin, Wakhit Ahmad. 2021. "PENINGKATAN PRODUKTIVITAS LINI PRODUKSI WELLHEAD DENGAN METODE OBJECTIVE MATRIX." 7(1): 15-22.
- [11] Erdizon, R. V., Arjuna, D., Bahri, S., & Erliana, C. I. (2025). PERBAIKAN METODE KERJA STASIUN PERAKITAN COVER RAPORT MENGGUNAKAN PETA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN. *Jurnal Inovasi Teknik Industri*, 4(1), 108-115.
- [12] Boy isma putra, Ribangun Bambang Jakaria. 2020. *PERANCANGAN SISTEM KERJA*. ed. Atikha Sidhi Cahyana. UMSIDA Press Anggota IKAPI No. 218/Anggota Luar Biasa/JTI/2019 Anggota APPTI No. 002 018 1 09 2017 Redaksi.
- [13] Sabilah, A. I. (2024). Tingkatkan Efisiensi Produksi dalam Industri Menengah Garmen melalui Penerapan Operation Process Chart (OPC). *Jurnal Logistica*, 2(2), 61-65.

- [14] Minaturrahim, H., Afief, M. R., Firly, T. M., Maulana, S., Restianti, V., & Parwati, N. (2022). Analisis perancangan alat pemetik buah Mangga (LATIKMA). *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 7(1), 1-9.
- [15] Ginting, R., & Khairani, A. (2020, November). Perancangan Manufaktur Rakitan Kayu Finger Joint Laminating Board (FJLB) dengan Metode Perbaikan Material Selection dan Assembly Process Chart (APC). In *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)* (Vol. 3, No. 2).