

Peningkatan Produktivitas Maintenance Menggunakan Metode Maintenance Value Stream Mapping pada Industri Jasa Penerbangan Nasional

Uti Roysen, Choesnul Jaqin, Sawarni Hasibuan, Singgih Juniawan, Fachrul Alam, Daruki.

Magister Teknik Industri, Universitas Mercubuana

Jl Raya, RT.4/RW.1, Meruya Selatan, Kembangan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 11650

E-mail: utiroyesen737@gmail.com

ABSTRAK

Kegiatan perawatan dan pemeliharaan merupakan salah satu penyebab terjadinya keterlambatan jadwal penerbangan suatu maskapai. Berdasarkan laporan dari salah satu maskapai penerbangan nasional terdapat 39% pekerjaan *maintenance* tidak dapat terselesaikan pada periode Januari 2022 - Juni 2023. Peningkatan produktivitas *maintenance* diperlukan agar dapat meningkatkan jumlah pekerjaan selesai dan memperkecil kontibusinya terhadap keterlambatan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas pada divisi *maintenance*. Penelitian ini menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mengetahui nilai perbaikan sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan, metode *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM) untuk membuat peta aliran proses kegiatan *maintenance* sehingga dapat mengetahui penyebab efektivitas dan efisiensi yang tidak tercapai dengan metode fishbone diagram. Penelitian ini mengungkapkan bahwa efisiensi keseluruhan peralatan (OEE) yang pada awalnya hanya 29,38% sebelum dilakukannya perbaikan dapat meningkat secara signifikan mencapai nilai 54,49% pada akhir perbaikan. Setelah melakukan pemetaan proses dengan *Current MVSM* didapatkan nilai sebesar 38,70% yang disebabkan oleh faktor-faktor utama yang berkontribusi pada rendahnya efektivitas dan efisiensi termasuk kekurangan dalam keterampilan, pengalaman, dan motivasi tim, hambatan dalam komunikasi dan strategi perencanaan, kurangnya pemeriksaan terhadap peralatan dan penggunaan alat yang tidak efektif, manajemen persediaan sparepart yang tidak memadai, serta lingkungan kerja yang kurang mendukung. Melalui simulasi yang melibatkan sebuah tim kecil yang dikondisikan secara ideal, nilai *Value Added* dari pemetaan *Future MVSM* meningkat menjadi 45,54%.

Kata kunci: Maskapai, Produktivitas, Maintenance, OEE, MVSM

ABSTRACT

Maintenance and repair activities are among the factors that cause flight delays for airlines. A report from a national airline indicates that 39% of maintenance tasks remained incomplete between January 2022 and June 2023. To reduce delays and increase the number of completed tasks, it is essential to enhance maintenance productivity. This study focuses on boosting productivity within the maintenance department. It utilizes the Overall Equipment Effectiveness (OEE) method to assess performance improvements before and after the intervention, the Maintenance Value Stream Mapping (MVSM) method to outline the maintenance process flow and pinpoint inefficiency sources, as well as the fishbone diagram method. The findings indicate that overall equipment effectiveness (OEE), which was initially just 29.38%, can significantly rise to 54.49% after improvements. Current MVSM process mapping revealed a value of 38.70%, attributed to various factors lowering effectiveness and efficiency, such as insufficient skills, experience, and team motivation; obstacles in communication and planning strategies; inadequate equipment inspections and inefficient tool usage; poor spare parts inventory management; and an unhelpful working environment. Following a simulation with a small, optimally conditioned team, the Value Added from the Future MVSM mapping improved to 45.54%

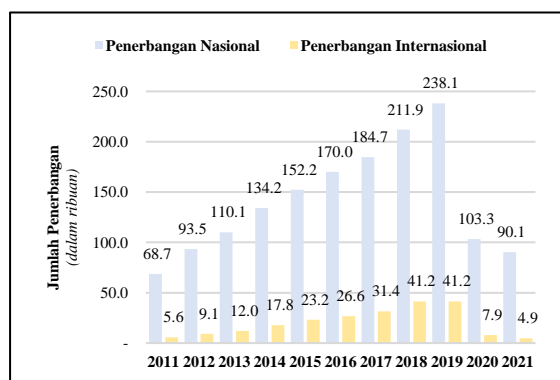
Keywords: Airline, Productivity, Maintenance, OEE, MVSM

1. PENDAHULUAN

Di zaman modern saat ini, pesawat terbang telah mengemuka sebagai mode transportasi yang sangat vital bagi kehidupan manusia. Hal ini berdampak terhadap ekspansi industri pariwisata menjadi sangatlah besar dengan memberikan kemudahan bagi individu untuk mengeksplorasi destinasi yang terletak jauh dan memiliki keunikan tersendiri. Pesawat terbang membuka akses ke berbagai lokasi eksotis yang mungkin sebelumnya sulit diakses (Wang et al., 2018).

Perkembangan peningkatan jumlah pesawat terbang di Indonesia dapat dilihat dari semakin meningkatnya jumlah penerbangan domestik maupun internasional setiap tahunnya. Sebelum munculnya pandemi COVID-19 pada tahun 2019, tercatat ada 238.100 penerbangan domestik dan 41.200 penerbangan internasional (García et al., 2021).

Momentum kejadian penurunan jumlah penerbangan menjadi salah satu awal untuk memperbaiki kinerja penyebab terjadinya keterlambatan. Data yang diperoleh dari maskapai lokal di Jakarta menunjukkan bahwa rata-rata keterlambatan mencapai 29,02%. Detailnya, 41,30% keterlambatan diakibatkan oleh masalah teknis pada departemen pemeliharaan, 57,44% disebabkan oleh faktor-faktor non-teknis, dan sisanya, 1,26%, adalah akibat dari kondisi cuaca. Masalah teknis yang menyebabkan keterlambatan merupakan faktor utama kedua yang perlu diprioritaskan, mengingat hubungannya yang erat dengan aspek keselamatan dan kepatutan penerbangan (Insley & Turkoglu, 2020). Dalam industri penerbangan, keselamatan menjadi hal yang



Gambar 1. Data Penerbangan Maskapai Nasional 2011-2021

Sumber : Badan Pusat Statistik, (2021)

paling diutamakan, dan perlu adanya usaha

yang berkelanjutan untuk mengurangi risiko serta menghindari terjadinya kecelakaan (Osunwusi, 2020).

Data yang dirilis oleh sebuah maskapai penerbangan menegaskan adanya isu di divisi pemeliharaan, ditunjukkan dengan 79.534 *Work Order* (WO) yang belum terselesaikan di bagian tersebut, setara dengan 39%, selama periode Januari 2022 hingga Juni 2023. Nilai tersebut masih jauh dari target yang diharapkan oleh perusahaan yaitu sebesar 80%. Pekerjaan yang terakumulasi dan belum selesai ini akan menjadi beban tambahan untuk tahun berikutnya (Puspita & Widjajati, 2021).

Penelitian Sawhney et al. (2009) memberikan *framework* awal berupa alat kepada komunitas *maintenance* untuk secara efektif mengevaluasi fungsi *breakdown maintenance* yang pada gilirannya memberikan ruang untuk mengurangi aktivitas NVA dan meningkatkan ketersediaan peralatan serta kapasitas fasilitas manufaktur berupa mesin produksi serbuk tungsten. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Syafei & Suhendar (2022) berhasil menerapkan metode *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM) sebagai alat yang efektif untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses perawatan mesin *Surface Grinding* pada perusahaan komponen otomotif. Peningkatan nilai *Overall Equipment Effectiveness* mampu diukur pada fasilitas produksi suatu perusahaan manufaktur yang mengkhususkan diri dalam bidang pengolahan keju dari yang awal sebesar 83% menjadi 86%. (Akbar & Aviasti 2023).

Penelitian ini memiliki tujuan untuk meningkatkan produktivitas pada divisi *maintenance* dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mengetahui nilai perbaikan sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan, metode *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM) untuk membuat peta aliran proses kegiatan *maintenance* sehingga dapat mengetahui penyebab efektivitas dan efisiensi yang tidak tercapai dengan metode *fishbone diagram*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Perawatan (*Maintenance*)

Pemeliharaan diartikan sebagai rangkaian kegiatan teknis, administratif, dan manajemen yang dilakukan sepanjang siklus hidup sebuah

alat/ part, baik secara menyeluruh maupun parsial, dengan tujuan untuk menjaga atau mengembalikan alat/ part tersebut ke kondisi di awal agar mampu menjalankan fungsi operasional yang diharapkan (Jardine et al., 2013). Tujuan dari *maintenance* (perawatan), antara lain adalah meningkatkan keandalan, mengurangi biaya, meningkatkan kinerja operasional suatu sistem/ peralatan, meningkatkan keselamatan, dan meningkatkan kepuasan pengguna (Merizalde et al., 2019).

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE adalah ukuran yang menentukan efisiensi operasional suatu proses produksi relatif terhadap kapasitas maksimum yang dapat dicapainya (Santos et al., 2014). Giacotto et al. (2021), menjelaskan bahwa OEE merupakan metode efisien untuk mengevaluasi efisiensi dan keefektifan proses pemeliharaan dalam sebuah organisasi. Metode ini mengintegrasikan aspek-aspek seperti downtime yang terjadwal dan tidak terjadwal, kecepatan operasi, serta proporsi produk yang cacat. Perhitungan nilai OEE dapat ditentukan menggunakan formula dibawah ini:

$$OEE = A \cdot P \cdot Q \tag{1}$$

dimana,

- OEE= *Overall Equipment Efficiency* (%)
- A = *Ketersediaan* (*Availability*) (%)
- P = *Performance rate* (%)
- Q = *Kualitas* (*Quality*) rate (%)

Maintenance Value Stream Mapping (MVSM)

MVSM merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan dalam sistem pemeliharaan mesin (Sembiring & Nasution, 2018). Teknik ini berkontribusi dalam pengembangan rencana pemeliharaan preventif yang lebih efektif dan efisien dengan cara memperbaiki suatu aliran nilai yang dimulai dari awal hingga akhir proses pemeliharaan mesin atau peralatan. Melalui penerapan MVSM, perusahaan mampu meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam pemeliharaan peralatan atau mesin, menekan *maintenance cost* serta memperbaiki *product quality*.

Kegiatan pengukuran kinerja *maintenance breakdown* dapat menggunakan metrik yang disebut *Mean Maintenance Lead Time* (Sawhney et al., 2009). MMLT merupakan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk pemeliharaan peralatan atau mesin, mulai dari deteksi permasalahan hingga peralatan tersebut kembali berfungsi normal dan

menghasilkan produk berkualitas. MMLT meliputi seluruh rangkaian kegiatan/ aktivitas pemeliharaan pada level operasional, termasuk durasi untuk mengenali penyebab masalah, mempersiapkan alat dan suku cadang yang diperlukan, melakukan perbaikan, serta memulai ulang proses produksi. Berikut ini adalah formula yang digunakan untuk menentukan nilai MMLT:

$$MMLT = MTTO + MTTR + MTTY \tag{2}$$

$$MTTO = \frac{\text{Total Waktu Organisasi}}{\text{Jumlah Pekerjaan Perawatan}} \tag{3}$$

$$MTTR = \frac{\text{Total Waktu Perbaikan}}{\text{Jumlah Kegagalan}} \tag{4}$$

$$MTTY = \frac{\text{Total Waktu Pemulihan}}{\text{Jumlah Perbaikan}} \tag{5}$$

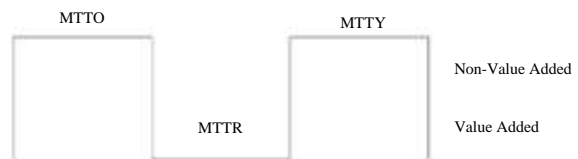
dimana,

MLLT = *Mean Maintenance Lead Time* (jam atau menit)

MTTO = *Mean Time To Organize* (jam atau menit)

MTTR = *Mean Time To Repair* (jam atau menit)

MTTY = *Mean Time To Yield* (jam atau menit)



Gambar 2. *Value Added vs Non-Value Added* MVSM

Sumber : Sawhney et al. (2009)

Root Cause Analysis (RCA)

RCA merupakan metode yang digunakan untuk mengatasi masalah dengan cara mengidentifikasi penyebab dasar dari suatu masalah atau kejadian (Barsalou, 2014). Diagram *Fishbone* juga dikenal sebagai Diagram *Ishikawa*, adalah salah satu alat yang efektif untuk digunakan dalam analisis penyebab utama atau *Root Cause Analysis*.

Diagram *Fishbone* merupakan sebuah instrumen visual yang digunakan untuk mengidentifikasi, memeriksa, serta memvisualisasikan semua kemungkinan

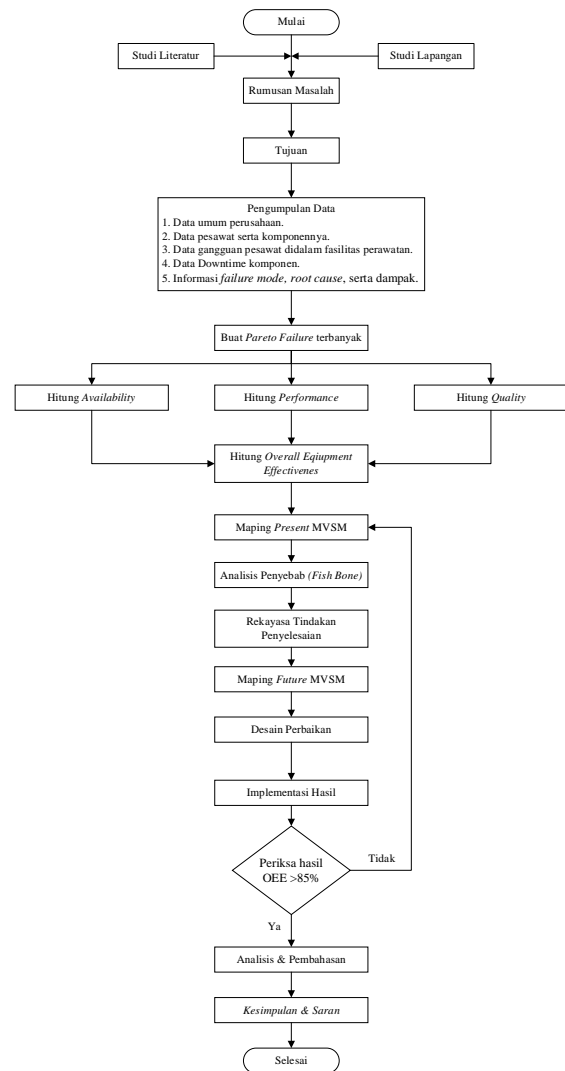
penyebab dari sebuah masalah tertentu. (Mears, 2017). Diagram *Fishbone* juga bisa diartikan sebagai metode yang sistematis agar dapat menganalisis berbagai konsekuensi atau dampak dan penyebab-penyebab yang berkontribusi atau mempengaruhi dampak tersebut (Ratnasari et al., 2020).

Beragam penyebab potensial yang teridentifikasi dalam diagram Fishbone meliputi:

- a. Faktor Manusia: Kesalahan oleh operator, kekurangan dalam pelatihan, penilaian yang tidak tepat, dan sebagainya.
- b. Faktor Metode: Proses perbaikan yang kurang efektif, kejelasan prosedur yang rendah, dan lain-lain.
- c. Faktor Tools: Kegagalan dalam perangkat keras, usia peralatan yang sudah tua, dan lain-lain.
- d. Faktor Sparepart: Mutu komponen yang rendah, pengelolaan bahan yang kurang baik, dan sebagainya.,
- e. Faktor Lingkungan: Faktor cuaca, kondisi dalam hangar, dan lain-lain.

3. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan dapat digolongkan dalam penelitian campuran (*mix method*). Dengan desain penelitian *Sequential Explanatory Model* yang mengutamakan pengambilan data kuantitatif sebagai langkah awal untuk menguji hipotesis atau model teoretis, diikuti oleh akuisisi dan evaluasi data kualitatif guna mendetailkan atau meningkatkan pemahaman dari hasil analisis data kuantitatif (Hughes & DuMont, 2019).



Gambar 3. Alur penelitian

Penelitian ini mengambil populasi dari 394 pegawai di divisi pemeliharaan dan 194 pesawat berukuran sedang yang dimiliki oleh sebuah maskapai penerbangan domestik terkemuka di Indonesia.

Informasi yang dikumpulkan menjadi fondasi untuk langkah-langkah teknis dan proses analisis data, yang diintegrasikan dengan menggunakan pendekatan OEE dan MVSM. Berikut adalah urutan proses yang dilakukan:

1. Mengidentifikasi jenis-jenis kerusakan yang umum terjadi pada pesawat terbang jenis Boeing-737 Narrow Body.
2. Menetapkan nilai-nilai indikator OEE seperti yang diuraikan oleh Zarandi et al. (2021), diantaranya adalah:
 - a. *Availability* (A)

Nilai persentase dari total waktu terjadwal pada suatu peralatan agar siap

- digunakan untuk produksi (Abidi et al., 2022).
- b. *Performance (P)*
Perbandingan antara tingkat produksi saat ini (aktual) serta kapasitas produksi maksimum (Rizal & Pandria, 2023).
 - c. *Quality (Q)*
Proporsi jumlah produk berkualitas dibandingkan terhadap jumlah total produksi (Saifuddin et al., 2022).
3. Mengkalkulasi *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*.
 4. Menyusun peta aliran nilai pemeliharaan saat ini (*Current Maintenance Value Stream Mapping-MVSM*).
 - a. Pembuatan kerangka (*framework*)
Proses ini melibatkan penggunaan indikator dan pengelompokan data seperti MTTO (*Mean Time To Operate*), MTTR (*Mean Time To Repair*), dan MTTF (*Mean Time To Failure*) pada aktivitas yang relevan (Jardine et al., 2013).
 - b. Pembuatan Peta Aliran Saat Ini (*Current State Mapping*).
Tahap ini dimulai dengan mengumpulkan informasi tentang proses saat ini kemudian melacak aliran proses serta informasi, dan mengidentifikasi setiap langkah yang menambah atau tidak menambah nilai (Rother & Shook, 1999). Setelah itu dilanjutkan dengan menggambarkan proses secara visual untuk memudahkan analisis.
 5. Diagram *Fishbone*
Proses pembuatan diagram *Fishbone* dimulai dengan menentukan masalah yang akan diteliti, lalu menuliskannya di sisi kanan diagram. Dilanjutkan dengan menentukan setiap kategori penyebab utama berupa metode, manusia, tools, part, serta environment yang diatur sebagai *bone* yang mengarah pada masalah utama (Pyzdek & Keller, 2018).
 6. Pembuatan Peta Keadaan Masa Depan (*Future State Mapping*)
Langkah ini melibatkan perencanaan suatu aliran nilai yang lebih efisien didasarkan pada analisis keadaan saat ini. Proses ini dimulai dengan menentukan target yang diinginkan, seperti mengurangi waktu siklus serta meningkatkan kualitas. Tahap ini memprioritaskan wilayah perbaikan yang teridentifikasi serta mengembangkan solusi

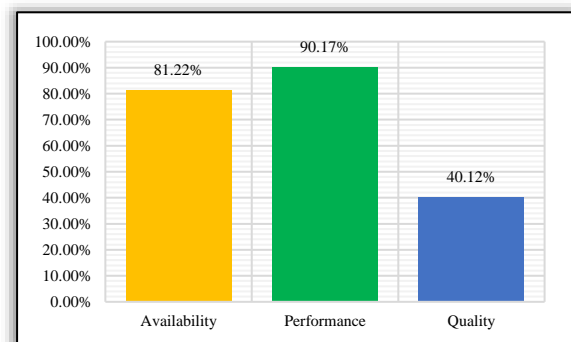
berdasarkan berupa penugasan tanggung jawab serta pemantauan *progress* (Hines & Rich, 1997).

7. Pengusulan perbaikan
Tahap ini melibatkan pencapaian efektivitas dan efisiensi optimal, dengan mengidentifikasi, memperbaiki, dan menerapkan solusi terbaik untuk divisi pemeliharaan (Altamirano et al., 2021).

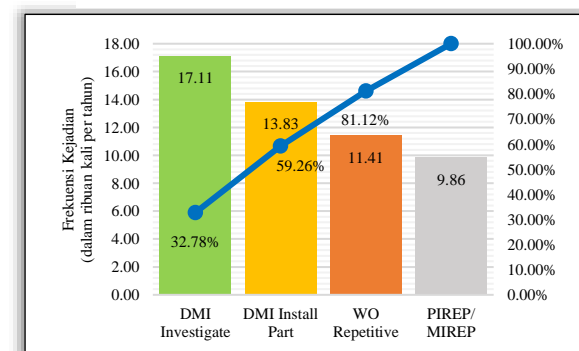
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis data yang dilakukan, terungkap bahwa nilai OEE sebelum adanya perbaikan adalah 29,38%. Nilai ini terbentuk dari komponen-komponen OEE seperti Availability dengan nilai 81,22%, Performance sebesar 90,17%, dan Quality yang mencapai 40,12% (Gambar 4).

Pada Gambar 5 dapat dilihat jenis pekerjaan yang memberatkan divisi pemeliharaan meliputi DMI Install Part, DMI Investigate, WO Repetitive, dan PIREP/ MIREP. Namun, pekerjaan PIREP/ MIREP, dengan kontribusi hanya 18,88%, tidak dianggap sebagai prioritas utama untuk penyelesaian.



Gambar 3. Hasil Komponen OEE Awal



Gambar 4. Kegiatan Perawatan dan Pemeliharaan

Proses lanjutan pembuatan *Current State Mapping* dilakukan dengan memasukan data rata-rata (*mean*) pada setiap proses dengan menggunakan bantuan *Tools Distribution Analysis* yang ada pada Minitab 19 sehingga hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Semua proses data yang tercantum dalam Tabel 1 dikategorikan berdasarkan tipe-tipe tertentu, termasuk MTTO, MTTR, dan MTTY. Berikut adalah metode perhitungannya:

- a. *Mean Time To Organize* (MTTO)

$$MTTO = 7,43 + 1,51 + 1,52 + 3,02 + 10,11 + 2,78 + 9,18 + 28,83 + 7,41 + 2,92 + 3,15$$

$$MTTO = 77,46 \text{ menit}$$
 Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai MTTO (*Mean Time To Operate*) yang didapat adalah sekitar 77,46 menit.
- b. *Mean Time To Repair* (MTTR)

$$MTTR = 94,03 \text{ menit}$$
 MTTR yang mengukur waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk aktivitas perbaikan, tercatat sekitar 94,03 menit.
- c. *Mean Time To Yield* (MTTY)

$$MTTY = 1,36 + 66,58 + 3,17$$

$$MTTY = 71,11 \text{ menit}$$
 Dari perhitungan yang dilakukan dapat terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk memeriksa berbagai fungsi setelah pemeliharaan telah selesai adalah sekitar 71,11 menit.
- d. *Mean Maintenance Lead Time* (MMLT)

$$MMLT = MTTO + MTTR + MTTY$$

$$MMLT = 77,46 + 94,03 + 71,11 = 243,00 \text{ menit}$$
 Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa durasi yang diperlukan untuk menjalankan proses pemeliharaan adalah sekitar 243 menit.
- e. Melakukan indeks Nilai Tambah (*Value Added - VA*) dan Tidak Nilai Tambah (*Non Value Added - NVA*).

Menghitung indeks Nilai Tambah (*Value Added - VA*) dijalankan melalui persamaan berikut:

$$VA = \frac{MTTR}{MMLT} \cdot 100\% = \frac{94,03}{243,00} \cdot 100\% = 38,70\%$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai Nilai Tambah (*Value Added - VA*) adalah 38,70%. Untuk menghitung indeks Tidak Nilai Tambah (*Non Value Added - NVA*), proses perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$NVA = \frac{MTTO + MTTY}{MMLT} \cdot 100\%$$

$$= \frac{77,46 + 71,11}{243,00} \cdot 100\% = 61,30\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui nilai NVA adalah sebesar 61,30%.

Setelah diketahui nilai NVA dan VA dilanjutkan dengan proses *mapping current MVSM* seperti pada Gambar 6. Berdasarkan gambar tersebut dilakukan *mapping* menggunakan *Diagram Parreto* seperti Gambar 7 sehingga dapat dilihat bahwa proses *Repair Aircraft* (MTTR), *Operational Test* (MTTY), *Locate the Resource* (MTTO) dan *Delay* (MTTO+MTTY) menjadi prioritas untuk diselesaikan menggunakan *Fishbone Diagram* melalui kegiatan FGD (*Focus Group Discussion*) dengan ahli seperti pada Gambar 8.

Pada Gambar 8 didapatkan hasil pengolahan data terkait masalah perbaikan pesawat, aspek manusia menjadi masalah terbesar, termasuk kekurangan pengalaman, keterampilan, serta motivasi. Solusinya meliputi program pelatihan kembali, perekrutan mekanik yang lebih berpengalaman, serta meningkatkan sistem insentif. Dalam aspek metode masalah komunikasi serta perencanaan diatasi dengan *meeting* rutin, *briefing* efektif, serta pelatihan dalam analisis penyebab masalah. Untuk alat solusinya meliputi *audit tools*, *tracing* usia pakai serta manajemen penggunaan *tools*. Solusi untuk suku cadang melibatkan

Tabel 1. Data Distribusi Proses Maintenance PK-BKK 2022

No.	Identity	Activity	Distribution	\bar{x} Mean (menit)	Class
1	Engineer	Delay	Lognormal	1,51	MTTO
2	Initial Info	Process	Weibull	7,43	
3	Engineer	Delay	Lognormal	1,52	
4	Message Status	Process	Weibull	10,11	
5	Engineer, Tools & Part	Delay	Weibull	3,02	
6	Identify the Resource	Process	Weibull	9,18	
7	Engineer, Tools & Part	Delay	Normal	2,78	
8	Locate the Resource	Process	Lognormal	28,83	
9	Engineer	Delay	Normal	2,92	
10	Generate WO	Process	Normal	7,41	
11	Engineer, Tools & Part, and Mechanic	Delay	Normal	3,15	MTTR
12	Repair Aircraft	Process	Weibull	94,03	
13	Engineer, and Mechanic	Delay	Normal	3,17	MTTY
14	Operational Test	Process	Normal	66,58	
15	Engineer	Delay	Lognormal	1,36	

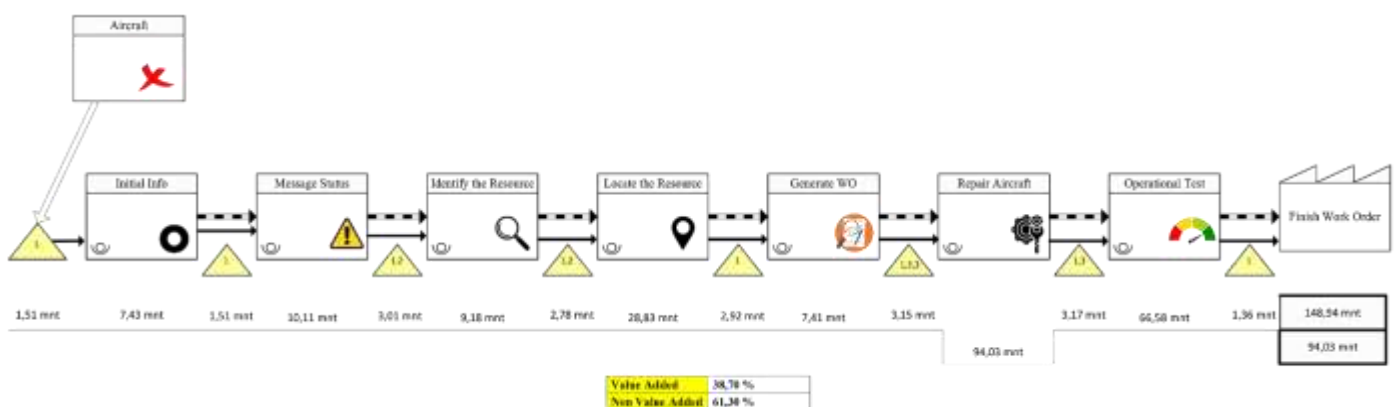
peningkatan manajemen *inventory* dan validasi *sparepart*. Terakhir, untuk masalah lingkungan, solusinya termasuk optimasi pemanfaatan *parking zone*, penyederhanaan prosedur perizinan, serta peningkatan kondisi kerja di lingkungan panas.

Dalam uji operasional, serangkaian masalah umum ditemukan, termasuk kekurangan personel, pengalaman yang tidak memadai, kesalahan dalam koordinasi, serta penggunaan *tools* dan prosedur yang kurang tepat. Solusi yang direkomendasikan mencakup restrukturisasi jadwal kerja, program *training* serta pelatihan yang lebih intensif, penyelenggaraan pertemuan koordinasi secara teratur, peningkatan format *briefing*, pelatihan ulang mengenai prosedur dan penggunaan *tools*, serta penyesuaian penggunaan peralatan untuk efisiensi sumber daya. Di bidang *sparepart*, diutamakan perencanaan *inventory* yang prediktif serta *training* karyawan dalam pemilihan serta manajemen *sparepart*. Untuk menghadapi *environment challenge* seperti *work pressure*, kondisi cuaca, serta proses perizinan, solusi yang diusulkan termasuk penggunaan tempat perlindungan portabel, penetapan prioritas yang jelas, pencahayaan yang cukup, serta *document preparation* yang akurat untuk prosedur perizinan (Gambar 9).

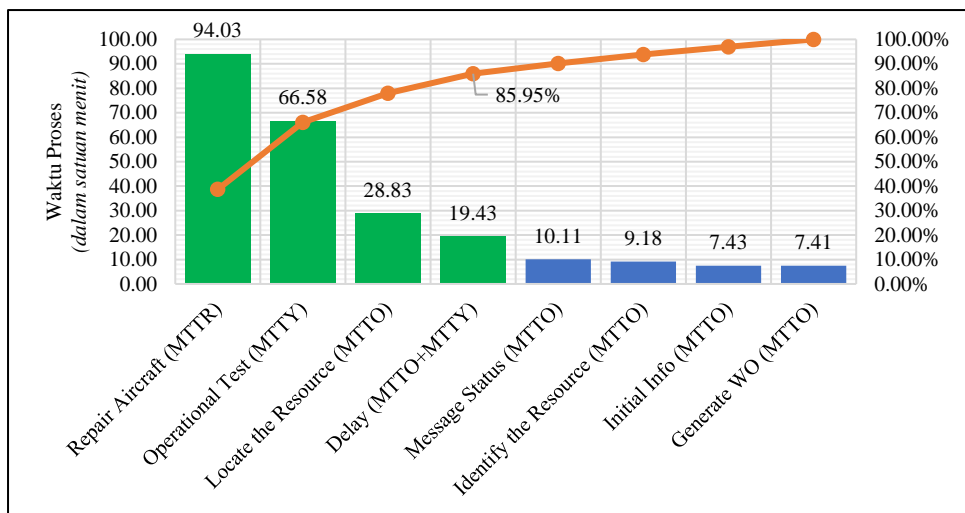
Dalam mengatasi isu kekurangan keterampilan, pengalaman, dan pendidikan pada aspek *Man* dalam *locate the resource*, tindakan seperti program mentorship,

penggunaan simulasi, serta penerapan pendidikan formal. Untuk masalah birokrasi pengadaan, efisiensi 5R, dokumentasi, dan penyimpanan. Pada *Method*, solusinya melibatkan pelatihan, pengimplementasian SOP, dan peningkatan sistem *inventory*. Dalam hal *Tools*, ada penekanan pada pembaruan *hardware* dan *software*, serta investasi dalam peralatan portabel. Bagian *Parts* menangani masalah ketersediaan *sparepart* dan pelatihan bagi personel, menganjurkan sistem *order* yang lebih efisien. Sedangkan *Environment* menyoroti perlunya kebersihan dan lokasi *ware house* yang strategis untuk efisiensi logistik. Analisis ini menunjukkan bahwa peningkatan melalui *training*, sistematika proses, serta peningkatan *tools* kerja adalah kunci untuk mengatasi masalah yang telah diidentifikasi (Gambar 10).

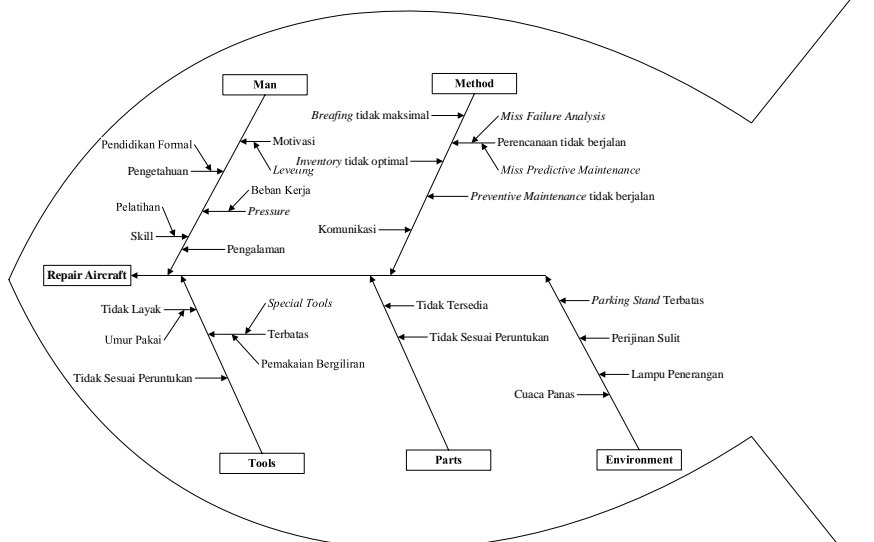
Setelah mengetahui penyebab terjadinya permasalahan yang terjadi dilanjutkan dengan pembuatan simulasi dengan melengkapi kebutuhan pada satu tim khusus sehingga didapatkan perbaikan seperti yang ada pada Gambar 11 dengan Nilai Tambah (*Value Added*) dan Tidak Tambah Nilai (*Non Value Added*) tercatat berturut-turut sebesar 92,15 menit (45,54%) dan 110,22 menit (54,46%) dari total durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu tugas, yaitu 202,37 menit. Ini menunjukkan penurunan sebanyak 40,63 menit dari 243 menit, yang setara dengan penurunan sebesar 16,72%.



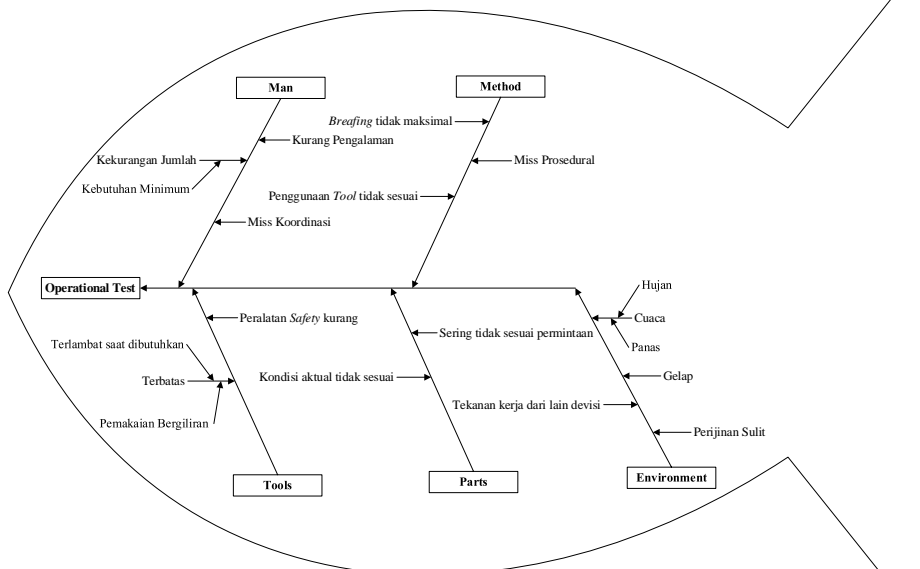
Gambar 5. Current State Mapping



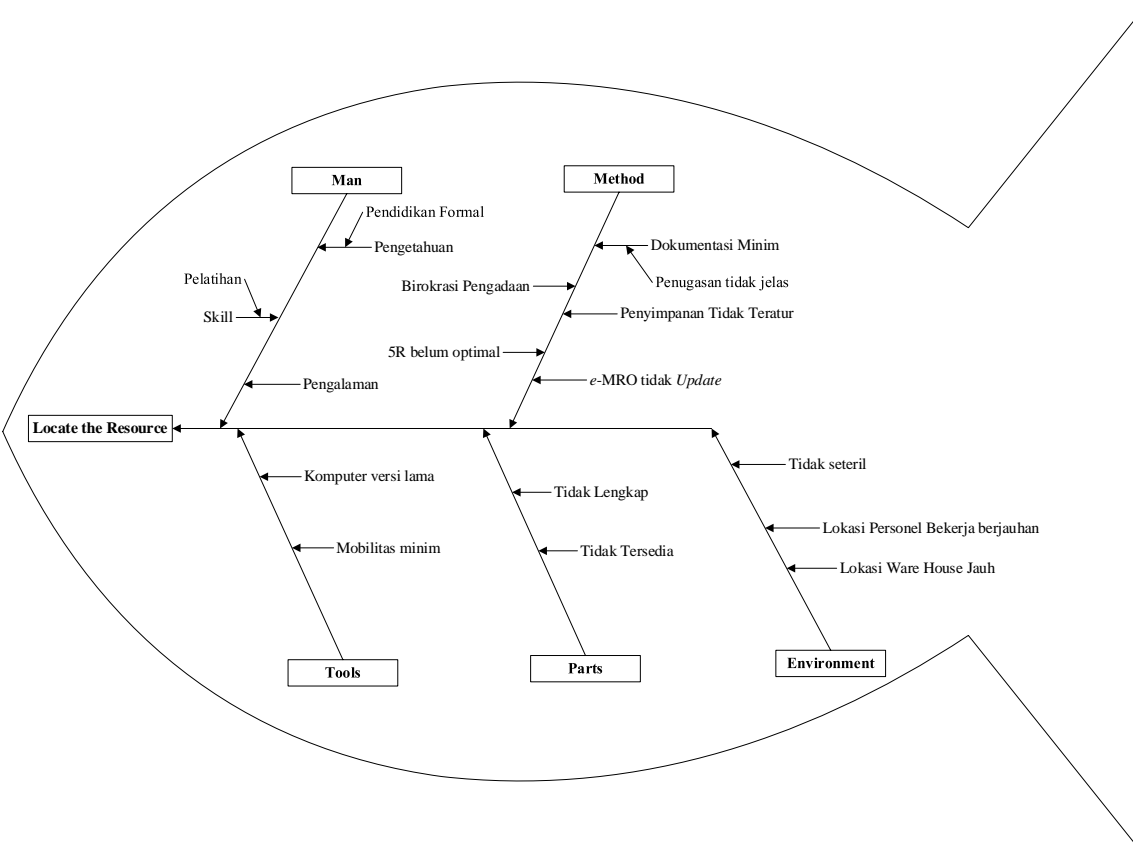
Gambar 6. Parreto Diagram Kegiatan Proses Maintenance



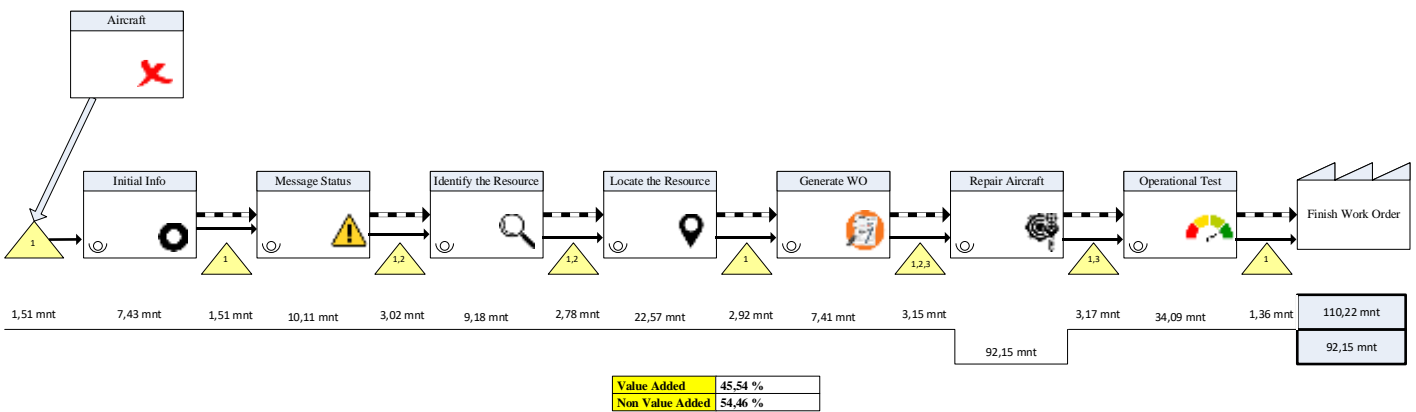
Gambar 7. Diagram Fishbone Repair Aircraft



Gambar 8. Diagram Fishbone Operational Test

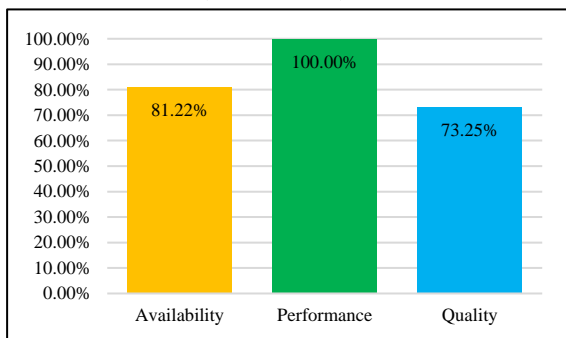


Gambar 9. Diagram Fishbone Locate the Resource



Gambar 10. Future State Mapping

Hasil dari penerapan dan simulasi yang dilakukan sebanyak 56.700 kali menunjukkan bahwa nilai OEE akhir mencapai 59,49%. Komponen nilai OEE ini terdiri dari Availability yang bernilai 81,22%, Performance yang sempurna pada 100,00%, dan Quality sebesar 73,25% (Gambar 12)



Gambar 12. *Availability, Performance dan Quality Akhir*

Jika dibandingkan dengan studi sebelumnya, peningkatan nilai Value Added dalam penelitian ini hanya mencapai 6,84%, yang lebih rendah dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Syafei & Suhendar (2022), dimana mereka mencatat peningkatan sebesar 13,77%. Perbedaan ini terjadi karena penelitian ini fokus pada sektor jasa penerbangan, yang tunduk pada regulasi ketat serta audit rutin di semua area sesuai dengan Minimum Equipment List (MEL) karena berkaitan dengan keselamatan. Sementara itu, penelitian Akbar & Aviasti (2023) mengindikasikan peningkatan nilai OEE sebesar 3%, sedangkan penelitian ini berhasil meningkatkan nilai OEE hingga 25,11%. Peningkatan ini terjadi dikarenakan penulis yang juga praktisi menyaksikan bahwa selama pendirian maskapai hingga penelitian ini dilakukan tidak pernah menerapkan metode OEE dan MVSM dalam melakukan perbaikan di divisi maintenance. Selain itu pada penelitian Stadnicka & Ratnayake (2017), yang menggunakan Value Stream Mapping pada industri jasa perawatan pesawat dalam mengurangi leadtime pengerjaan setiap satu unit pesawat yang memiliki status Aircraft on

Ground (AOG) dari 62.6 hari menjadi 16.6 hari. Hal ini berbeda dengan penelitian ini yang berfokus pada waktu pengerjaan yang bersifat daily routine maintenance dari 243 menit menjadi 202,37 menit.

Studi ini menghadapi beberapa keterbatasan mulai dari fase awal penyusunan hingga fase penyelesaian yang meliputi beberapa aspek berikut:

- Dalam fase awal penyusunan, penelitian ini mengalami kesulitan dalam mencari jurnal referensi yang spesifik terkait operasional pemeliharaan di sektor penerbangan, khususnya di Indonesia dan secara global. Pada akhirnya studi ini menggunakan referensi dari penerapan OEE dan MVSM di industri manufaktur dan transportasi darat.
- Pada tahap akhir eksperimen penerapan perbaikan hanya dilaksanakan terhadap 30 aircraft selama satu minggu. Hasilnya kemudian disimulasikan menggunakan metode Montecarlo sebanyak 56.700 kali untuk mendapatkan rata-rata Quality yang digunakan dalam perhitungan OEE masa depan. Namun, keberlanjutan dan konsistensi hasil ini dalam jangka panjang masih belum dapat dipastikan.

5. KESIMPULAN

Dari analisis data pada penelitian ini dapat diketahui beberapa hasil penting diantaranya adalah Nilai OEE awal di divisi pemeliharaan pada maskapai nasional berada pada 29,38%. Angka ini adalah hasil dari tiga komponen utama yaitu: Availability sebesar 81,22%, Performance 90,17%, serta Quality hanya 40,12%. Hal ini menunjukkan peluang untuk peningkatan khususnya pada aspek Quality yang nilainya paling rendah. Sedangkan berdasarkan analisis Diagram Fishbone, ditemukan bahwa penyebab utama rendahnya efektivitas dan efisiensi terkait dengan berbagai faktor, termasuk kurangnya pengalaman, keterampilan, serta motivasi pada aspek

manusia, masalah komunikasi serta perencanaan pada bagian metode, pengelolaan alat serta kekurangan dalam audit ketersediaan peralatan, manajemen inventory sparepart yang tidak efisien, dan lingkungan kerja yang kurang optimal. Selain itu juga terdapat proses kerja yang tidak efisien yang terbukti dengan tingginya waktu Non Value Added (NVA) juga berperan dalam rendahnya nilai efektivitas serta efisiensi. Pada akhir pelaksanaan serangkaian solusi termasuk program training dan perekrutan tenaga mekanik yang berpengalaman agar meningkatkan keterampilan dan motivasi, perencanaan serta peningkatan komunikasi, dan audit peralatan yang lebih rutin. Manajemen inventory sparepart juga diperbaiki dan kondisi lingkungan kerja dioptimalkan. Terjadi peningkatan pada nilai tambah (Value Added - VA) dari 38,70% menjadi 45,54% melalui penerapan MVSM. Hal ini berdampak pada perubahan nilai OEE dari 29,38% menjadi 59,49% dengan peningkatan yang signifikan pada bagian aspek Performance serta Quality menunjukkan efektivitas dari solusi yang diimplementasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidi, M. H., Mohammed, M. K., & Alkhalefah, H. (2022). Predictive Maintenance Planning for Industry 4.0 Using Machine Learning for Sustainable Manufacturing. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(6). <https://doi.org/10.3390/su14063387>
- Akbar, F. A., & Aviasti. (2023). Peningkatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dengan Pendekatan Total Productive Maintenance (TPM) di Line X PT Kraft Ultrajaya Indonesia. *Bandung Conference Series: Industrial Engineering Science*, *3*(1), 294–302. <https://doi.org/10.29313/bcsies.v3i1.6669>
- Altamirano, E., Caballero-Rojas, K., & Palacios-Aguilar, O. (2021). Total Productive Maintenance Model applying SMED and FMEA to increase the overall efficiency of equipment (OEE) in the food sector. *Human Systems Engineering and Design (IHSED2021) Future Trends and Applications*, *21*(Ihsed 2021). <https://doi.org/10.54941/ahfe1001187>
- Barsalou, M. A. (2014). *Root Cause Analysis : A Step-By-Step Guide to Using the Right Tool at the Right Time*. Productivity Press. <https://doi.org/10.1201/b17834>
- García, S. G., Gejo-García, J., & García-García, M. (2021). Development of a maintenance and spare parts distribution model for increasing aircraft efficiency. *Applied Sciences (Switzerland)*, *11*(3), 1–21. <https://doi.org/10.3390/app11031333>
- Giacotto, A., Marques, H. C., Barreto, E. A. P., & Martinetti, A. (2021). The need for ecosystem 4.0 to support maintenance 4.0: An aviation assembly line case. *Applied Sciences (Switzerland)*, *11*(8). <https://doi.org/10.3390/app11083333>
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, *17*(1), 46–64. <https://doi.org/10.1108/01443579710157989>
- Hughes, R. G., & DuMont, K. A. (2019). *Mixed methods data collection: Strategies for sequential, multilevel, and longitudinal designs*. Sage Publications.
- Insley, J., & Turkoglu, C. (2020). A contemporary analysis of aircraft maintenance-related accidents and serious incidents. *Aerospace*, *7*(6). <https://doi.org/10.3390/AEROSPACE7060081>
- Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2013). *Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications* (2nd ed.). CRC Press.
- Mears, P. (2017). *Quality Management*. SAGE Publications Ltd.
- Merizalde, Y., Hernández-Callejo, L., Duque-Perez, O., & Alonso-Gómez, V. (2019). Maintenance models applied to wind turbines. A comprehensive overview.

- Energies*, 12(2), 1–42.
<https://doi.org/10.3390/en12020225>
- Osunwusi, A. O. (2020). Aviation safety regulations versus CNS/ATM systems and functionalities. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 7(1).<https://doi.org/10.15394/IJAAA.2020.1448>
- Puspita, L. E., & Widjajati, E. P. (2021). Pengukuran Efektivitas Mesin Latexing Pada Produksi Karpet Permadani Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) Dan Overall Resource Effectiveness (Ore) Di Pt. Xyz. *Juminten*, 2(4), 1–12.
<https://doi.org/10.33005/juminten.v2i4.295>
- Pyzdek, T., & Keller, P. A. (2018). *The Six Sigma Handbook* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Ratnasari, D., Amanda, A. N., Darmawan, F., Warsito, T., & Amonalisa, S. (2020). The Cause and Effect of Commercial Flight On-Time Performance (Case Study : Citilink). *Journal of Physics: Conference Series*, 1573(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1573/1/012025>
- Rizal, A., & Pandria, T. M. A. (2023). Maintenance Analysis of Sterilizer Machine Treatment at PT. Karya Tanah Subur (KTS) Using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) Method. *Jurnal Inotera*, 8(1), 27–33.
<https://doi.org/10.31572/inotera.vol8.iss1.2023.id207>
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Lean Enterprise Institute.
- Saifuddin, J. A., Nugraha, I., & Winursito, Y. C. (2022). *Total Productive Maintenance Analysis Using OEE and FMEA Method at PT. XYZ Phosphoric Acid Factory*. 2022, 63–69.
<https://doi.org/10.11594/nstp.2022.2711>
- Santos, J., Wysk, R., & Torres, J. M. (2014). *Improving production with lean thinking*. John Wiley & Sons.
- Sawhney, R., Kannan, S., & Li, X. (2009). Developing a value stream map to evaluate breakdown maintenance operations. *Int. J. Industrial and Systems Engineering*, 4(3).
<https://doi.org/10.1504/IJISE.2009.023539>
- Sembiring, N., & Nasution, A. H. (2018). Machine Maintenance Scheduling with Reliability Engineering Method and Maintenance Value Stream Mapping. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 306(1), 1–8.
<https://doi.org/10.1088/1757899X/306/1/012095>
- Stadnicka, D., & Ratnayake, R. M. C. (2017). Enhancing Aircraft Maintenance Services: A VSM Based Case Study. *Procedia Engineering*, 182, 665–672.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.177>
- Syafei, M. I., & Suhendar, E. (2022). Machine Maintenance Planning with Reliability Centered Maintenance (RCM) and Maintenance Value Stream Map (MVSM) Approaches (Case Study: PT. Nusa Indah Jaya). *Integrasi Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 7(2), 67–75.
<https://doi.org/doi.org/10.32502/js.v7i2>
- Wang, D., Li, X., Zhang, H., & Ma, X. (2018). Air transportation and tourism development: A literature review and research agenda. *Journal of Travel Research*, 57(3), 299–315.
<https://doi.org/10.1177/0047287517709024>
- Zarandi, M. F., Li, X., & Borenstein, D. (2021). Overall Equipment Effectiveness: A Literature Review and Directions for Future Research. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 68(1), 3–17.
<https://doi.org/10.1109/TEM.2019.295>