

Pengembangan Laboratorium Virtual untuk Pelatihan Perencanaan Pemeliharaan Pesawat Terbang

Ahmad Buana Syamra Pratama Rahman^{1,*}, Mufti Arifin², Syarifah Fairuza³

Program Studi Teknik Penerbangan, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma
Jl. Protokol Halim Perdanakusuma-Jakarta Timur

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 17 Maret 2024

Direvisi: 19 April 2024

Diterima: 2 Mei 2024

Kata kunci:

Tutorial Virtual
Perencanaan Pemeliharaan Pesawat
Teknik Penerbangan
Maintenance Planning Document
Pendidikan Digital

Keywords:

Virtual Tutorial
Aircraft Maintenance Planning
Aviation Engineerin
Maintenance Planning Document
Digital Education

Penulis Korespondensi:

Ahmad Buana Syamra Pratama

Rahman

Email:

buanaahmad04@gmail.com

ABSTRAK

Perencanaan pemeliharaan pesawat terbang merupakan aspek vital dalam menjaga keselamatan dan keandalan operasional penerbangan. Namun, pelatihan perencanaan pemeliharaan sering kali menghadapi keterbatasan akses terhadap pesawat nyata, kompleksitas prosedur, serta keterbatasan sumber daya laboratorium fisik. Kondisi ini menimbulkan kebutuhan mendesak akan solusi alternatif yang fleksibel, efektif, dan efisien untuk mendukung proses pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan laboratorium virtual sebagai media pelatihan interaktif dalam perencanaan pemeliharaan pesawat, yang mampu mensimulasikan skenario dunia nyata dan meningkatkan pemahaman peserta terhadap prosedur teknis dan regulasi yang berlaku. Metode penelitian dilakukan melalui pendekatan rekayasa perangkat lunak, yang meliputi tahapan analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, dan evaluasi efektivitas penggunaan laboratorium virtual. Evaluasi dilakukan melalui uji coba terbatas terhadap mahasiswa teknik penerbangan yang mengikuti mata kuliah perencanaan pemeliharaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laboratorium virtual ini mampu meningkatkan pemahaman konsep secara signifikan, mempercepat proses pembelajaran, serta memberikan pengalaman praktis yang mendekati kondisi operasional di industri penerbangan. Penggunaan laboratorium virtual juga dinilai efisien dalam hal waktu, biaya, dan ketersediaan alat pelatihan. Dengan demikian, pengembangan ini diharapkan dapat menjadi alternatif strategis dalam pendidikan teknik penerbangan yang berorientasi pada praktik dan kebutuhan industri.

*Aircraft maintenance planning is a critical component in ensuring the safety and reliability of aviation operations. However, training in maintenance planning often encounters several challenges, including limited access to real aircraft, the complexity of procedures, and constraints in physical laboratory resources. These limitations highlight the urgent need for an alternative learning solution that is flexible, efficient, and capable of simulating real-world conditions. This study aims to develop a **virtual laboratory** as an interactive training medium for aircraft maintenance planning, designed to enhance learners' understanding of technical procedures and regulatory compliance. The research was conducted using a software engineering approach, comprising stages of needs analysis, system design, implementation, and usability evaluation. The evaluation involved trial implementation with aerospace engineering students enrolled in a maintenance planning course. The results indicate that the virtual laboratory significantly improves conceptual understanding, accelerates the learning process, and provides practical experience comparable to real-world industry scenarios. Furthermore, the virtual platform proved to be cost-effective and resource-efficient in terms of time, tools, and accessibility. Therefore, this development is expected to serve as a strategic alternative in aviation engineering education, aligning with industry-oriented training needs*

.Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Pemeliharaan pesawat terbang merupakan komponen penting dalam menjaga kelaikan udara dan memastikan keselamatan penerbangan. Pemeliharaan ini mencakup berbagai aspek, termasuk pencatatan data dan perencanaan pemeliharaan, yang semuanya harus dikelola dengan tepat. Dalam era digital saat ini, penggunaan teknologi virtual semakin berkembang untuk mendukung proses pembelajaran dan pelatihan, termasuk dalam dunia penerbangan.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Andi 2024 berjudul Analisis Laboratorium Manajemen Pemeliharaan Virtual Berdasarkan Tutorial Virtual telah membahas tentang pembuatan tutorial virtual yang berfungsi untuk pencatatan data pemeliharaan pesawat. Tutorial tersebut menggunakan media video untuk membantu mahasiswa memahami dan menerapkan pencatatan data pemeliharaan melalui laboratorium virtual. Dengan adanya laboratorium virtual tersebut, mahasiswa dapat lebih mudah belajar secara mandiri dan memahami aspek pencatatan data tanpa harus terlibat langsung dalam kegiatan pemeliharaan fisik di lapangan[1].

Namun, pencatatan data pemeliharaan hanyalah salah satu bagian dari keseluruhan proses manajemen pemeliharaan. Proses penting lainnya adalah perencanaan pemeliharaan, yang mencakup penjadwalan dan penentuan tugas-tugas pemeliharaan untuk memastikan pesawat selalu dalam kondisi layak terbang. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut terhadap laboratorium manajemen pemeliharaan virtual, khususnya untuk aspek perencanaan pemeliharaan[2].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan tutorial virtual yang berfokus pada perencanaan pemeliharaan pesawat. Tutorial virtual ini diuji kepada mahasiswa melalui studi kasus untuk mengukur dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan mereka terkait perencanaan pemeliharaan. Dengan pengembangan ini, diharapkan mahasiswa dapat memiliki kemampuan yang lebih komprehensif dalam manajemen pemeliharaan pesawat, mulai dari pencatatan data hingga perencanaan pemeliharaan.

II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode kuantitatif deskriptif, di mana data dikumpulkan melalui kuesioner untuk menganalisis pemahaman mahasiswa terhadap *Maintenance Planning Document* (MPD) dan *Technical Record* dalam perencanaan pemeliharaan pesawat. Pada tahap awal, peneliti mengkaji berbagai sumber pustaka yang relevan untuk mendapatkan pemahaman mendalam tentang konsep perencanaan pemeliharaan, laboratorium virtual, dan e-learning. Studi ini penting untuk membangun landasan teori yang kuat bagi penelitian. Setelah studi literatur, data perencanaan pemeliharaan aktual dikumpulkan. Data ini mencakup informasi mengenai proses, jadwal, serta metode pemeliharaan yang saat ini diterapkan dalam industri penerbangan. Data ini penting untuk menyusun video tutorial yang akurat dan relevan.

Berdasarkan hasil studi literatur dan data yang telah dikumpulkan, peneliti kemudian membuat video tutorial virtual. Tutorial ini memberikan panduan mengenai bagaimana merencanakan pemeliharaan pesawat dengan tepat, termasuk penjadwalan dan pencatatan data[3]. Tahap ini melibatkan penentuan studi kasus perencanaan pemeliharaan yang akan digunakan untuk menguji tutorial. Studi kasus ini mencerminkan skenario nyata yang dihadapi dalam praktik pemeliharaan pesawat, yang akan diuji dalam lingkungan pembelajaran virtual. Pada tahap ini, dilakukan evaluasi awal untuk menentukan apakah video tutorial yang dibuat dapat digunakan dalam konteks perencanaan pemeliharaan. Evaluasi mencakup penilaian terhadap kemudahan pemahaman, kelengkapan informasi, serta relevansi dengan perencanaan pemeliharaan aktual. Setelah tutorial disusun dan dievaluasi, langkah selanjutnya adalah mengimplementasikan tutorial tersebut kepada mahasiswa. Mahasiswa yang mengikuti proses ini akan menggunakan video tutorial sebagai panduan dalam melakukan perencanaan pemeliharaan. Setelah tutorial diterapkan, dilakukan analisis terhadap hasil implementasi. Analisis ini mencakup penilaian terhadap tingkat pemahaman dan kinerja mahasiswa dalam melakukan perencanaan pemeliharaan berdasarkan panduan tutorial virtual. Hasil analisis ini akan menunjukkan tutorial yang dikembangkan. Berdasarkan hasil analisis, peneliti kemudian menyusun kesimpulan mengenai keberhasilan atau kegagalan tutorial virtual dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa terkait perencanaan pemeliharaan. Kesimpulan ini akan menjadi penutup dari seluruh rangkaian penelitian.

Perencanaan pemeliharaan pesawat terbang merupakan proses krusial yang melibatkan berbagai elemen yang saling terkait untuk menjamin kelayakan operasional dan keselamatan penerbangan[4]. Komponen utama dalam proses ini mencakup beberapa aspek penting yang harus diperhitungkan secara sistematis. Pertama adalah interval inspeksi, yaitu jangka waktu atau jumlah jam operasional antara satu inspeksi dengan inspeksi berikutnya. Penentuan interval ini biasanya mengacu pada dokumen resmi seperti Maintenance Planning Document (MPD), yang memuat pedoman teknis dari pabrikan pesawat. Kedua, terdapat sisa umur komponen, yang menunjukkan estimasi waktu atau jam operasional yang masih tersedia sebelum suatu komponen harus mendapatkan perawatan atau diganti. Ketiga, rata-rata utilisasi menjadi faktor penting dalam memperkirakan kebutuhan pemeliharaan, yang dihitung dari rata-rata jam terbang atau siklus penerbangan per hari dalam periode tertentu. Terakhir, estimasi waktu inspeksi selanjutnya dihitung berdasarkan pola utilisasi harian untuk memprediksi kapan pesawat akan kembali menjalani perawatan. Seluruh elemen ini membutuhkan perhitungan yang akurat dan terintegrasi, karena kesalahan dalam estimasi dapat berpengaruh langsung terhadap efisiensi operasional maupun keselamatan penerbangan. Oleh karena itu, dalam praktiknya, perencanaan pemeliharaan sangat bergantung pada penggunaan rumus-rumus matematis sebagai alat bantu pengambilan keputusan yang obyektif dan terukur sebagai berikut[4].

$$\bar{x} \text{ utilisasi} = \left(\frac{TSN \text{ akhir} - TSN \text{ awal}}{\text{Jumlah Hari}} \right) \quad (1)$$

\bar{x} : Rata - Rata

$$\text{Sisa Umur} = \text{Interval} - \{ \bar{x} \text{ utilisasi} \times (\text{tgl sekarang} - \text{tanggal inspeksi terakhir}) \} \quad (2)$$

$$\text{Berapa Hari Lagi} = \frac{\text{Sisa Umur}}{\text{Rata - Rata Utilisasi}} \quad (3)$$

$$\text{Tanggal Inspeksi Selanjutnya} = \text{Tgl Sekarang} + \text{Berapa Hari Lagi} \quad (4)$$

Dalam sistem manajemen pemeliharaan pesawat terbang, terdapat sejumlah dokumen teknis yang menjadi acuan utama bagi operator dan teknisi dalam menjalankan proses perawatan yang sesuai dengan regulasi dan standar keselamatan penerbangan. Salah satu dokumen penting adalah Aircraft Maintenance Manual (AMM). Manual ini disusun berdasarkan sistem klasifikasi bab ATA (*Air Transport Association*) dan menjelaskan secara rinci prosedur perawatan setiap bagian pesawat. Di dalamnya tercantum deskripsi sistem-sistem pesawat, langkah-langkah *troubleshooting*, prosedur praktik perawatan (*maintenance practice*), serta tata cara pemasangan, pelepasan, pengaturan, inspeksi, hingga perbaikan komponen pesawat. AMM menjadi pedoman utama teknisi dalam melakukan pekerjaan perawatan sehari-hari secara sistematis dan aman[4].

Selanjutnya, terdapat Maintenance Program (MP) yang merupakan program wajib dimiliki oleh setiap operator sebagai dasar pelaksanaan perawatan. Maintenance Program memuat jadwal interval perawatan, penggantian komponen, serta prosedur lainnya yang harus dilaksanakan secara berkala. Program ini disusun berdasarkan *Maintenance Planning Document (MPD)* yang disediakan oleh pabrikan pesawat, serta mempertimbangkan pengalaman operasional masing-masing maskapai. MP harus mendapatkan persetujuan resmi dari otoritas penerbangan di negara tempat pesawat terdaftar, dan menjadi salah satu persyaratan untuk memperoleh *Air Operator Certificate (AOC)* dari Direktorat Kelaikudaraan dan Pengoperasian Pesawat Udara (DKUPPU)[5].

Adapun Maintenance Planning Document (MPD) sendiri merupakan dokumen teknis yang menjadi referensi utama dalam penyusunan Maintenance Program. MPD mencakup seluruh persyaratan yang ditetapkan oleh *Maintenance Review Board (MRB)*, termasuk daftar tugas perawatan, interval waktu, dan tingkat keparahan perawatan. Dokumen ini disusun oleh pabrikan pesawat dan menjadi dasar yang digunakan operator untuk merancang program perawatan yang spesifik sesuai kebutuhan operasional.

Komponen dokumentasi lain yang tak kalah penting adalah Technical Record atau catatan teknis. Catatan ini berfungsi sebagai dokumentasi historis dan rekaman aktivitas operasional pesawat, termasuk kegiatan perawatan dan perbaikan. Technical record terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu

general support record dan *maintenance record*. General support record mencakup dokumen yang berkaitan dengan perintah kerja seperti catatan kalibrasi atau audit internal, sementara maintenance record mencakup catatan yang disusun selama proses perawatan, termasuk perawatan mesin dan komponen pesawat yang terkait dengan perintah kerja pelanggan. Sesuai ketentuan yang berlaku, seluruh catatan teknis harus disimpan dengan baik dalam jangka waktu tertentu dan dijaga kerahasiaannya karena merupakan bagian dari data strategis perusahaan. Dokumentasi ini juga harus mudah diakses saat diperlukan, terutama untuk keperluan audit, evaluasi, atau tindak lanjut perawatan. Detail teknis terkait penyimpanan dan pengelolaan catatan dapat ditemukan dalam manual perawatan masing-masing operator.

		Aircraft	Serial #	Purpose	Start Date (UTC)	End Date (UTC)	Log Number										
Journey / Flight Log		000000	00000	General Av			0000										
PIC		SIC	FA	Add'l Crew Member	Lead Passenger	Trip Number											
LEG	C	Date	Airport		Total Pax	Actual Times (UTC)				Fuel Added		Fuel Out	Fuel In	Fuel Burn	Flight Time	Block Time	
			UTC	Depart		Arrive	OUT	OFF	ON	IN	Gal.						Cost
1	91																
2	91																
3	91																
4	91																
5	91																
6	91																
Total											Totals:						
Crew Activity				Crew Duty				VOR Check		FUEL PURCHASING							
LEG	P	Takeoff	Landing	Night	Inst.	Appr. Type	Crew	Date	Facility	LED	LOCATION	QUOTED FUEL PRICE	VENDOR				
														Date	Type	VOR #1	VOR #2
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
Signature										AIRWORTHINESS RELEASE							
HOURS				CYCLES				I certify that this aircraft has been inspected or repaired in accordance with current Federal Aviation Regulation 91.409(F)(3) and is approved for return to service									
FORWARD		Airframe	Engine 1	Engine 2	APU	Engine 1	Engine 2	Landings	Signature:		Date:						
THIS PAGE									PIC accepts this aircraft as Airworthy and ready for flight								
TOTAL									Signature:		Certf. #						
													10000				

Gambar 1 Contoh Aircraft Flight & Maintenance Log

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Proses Pembuatan Video Tutorial

Pembuatan video tutorial dalam penelitian ini bertujuan untuk menyajikan informasi terkait *Maintenance Planning Document* (MPD) dan *Technical Record* dengan cara yang lebih interaktif dan mudah dipahami. Video ini dibuat menggunakan perangkat lunak *Adobe Premiere Pro 2022*, yang memiliki fitur unggulan dalam pengeditan video profesional, termasuk penyuntingan klip, penambahan *voice-over*, serta penyempurnaan visual dan audio[6]. Proses pembuatan video dilakukan melalui beberapa tahap utama, yaitu:

3.1.1 Studi Literatur

Langkah pertama dalam pembuatan video tutorial adalah melakukan studi literatur untuk memastikan bahwa konten yang disampaikan sesuai dengan standar dan referensi yang valid. Studi ini mencakup analisis dokumen MPD dan *Technical Record*, serta penelitian tentang metode penyampaian informasi yang efektif dalam format video[7].

3.1.2 Pembuatan Skrip Video Tutorial

Pengertian Skrip dalam Video Tutorial

Skrip merupakan dokumen yang berisi rancangan narasi, alur cerita, serta struktur penyampaian informasi dalam sebuah video [8]. Dalam konteks pembuatan video tutorial, skrip digunakan sebagai panduan agar penyampaian materi menjadi lebih sistematis, jelas, dan terarah. Skrip dalam video tutorial memiliki beberapa fungsi utama, yaitu membantu dalam menyusun alur informasi agar mudah

dipahami, mengurangi kesalahan dalam penyampaian materi saat proses perekaman, dan memastikan sinkronisasi antara tampilan visual dan narasi[9].

Tahapan pembuatan skrip dalam video tutorial dilakukan secara sistematis untuk memastikan pesan yang disampaikan sesuai dengan tujuan dan sasaran penonton[10]. Proses diawali dengan menentukan tujuan dan sasaran video, apakah bersifat edukatif, informatif, atau demonstratif. Penentuan sasaran audien menjadi penting agar gaya bahasa dan penyampaian materi dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik penonton yang dituju. Setelah itu, disusun outline dan struktur video yang berfungsi sebagai kerangka dasar berisi poin-poin utama. Struktur umum skrip biasanya terdiri atas tiga bagian, yaitu pembukaan yang berisi pengenalan topik dan tujuan video, bagian isi yang memuat penjelasan inti tutorial secara bertahap, serta penutup yang berisi kesimpulan dan ajakan untuk mengikuti video selanjutnya. Langkah berikutnya adalah menulis narasi dan dialog, yang harus bersifat informatif, ringkas, dan selaras dengan tempo serta durasi video. Selanjutnya, dilakukan sinkronisasi dengan visual dan animasi, di mana setiap segmen skrip disertai petunjuk visual atau elemen grafis yang akan ditampilkan untuk memperkuat penyampaian informasi. Tahap terakhir adalah revisi dan penyempurnaan, di mana skrip diuji dan disesuaikan kembali untuk memastikan kesesuaian antara narasi dan visual, serta menjamin alur penyampaian yang runtut dan mudah dipahami sebelum masuk ke proses produksi video.

3.1.3 Mengumpulkan Bahan-Bahan

Setelah memahami konsep yang akan dijelaskan dalam video, tahap berikutnya adalah mengumpulkan bahan berupa tangkapan layar (*screenshots*) dari dokumen teknis, diagram, serta catatan penting yang akan digunakan dalam video. Data ini kemudian dikategorikan agar mempermudah proses penyuntingan di tahap selanjutnya.

3.1.4 Pengolahan Bahan dalam Adobe Premiere Pro

Bahan-bahan yang telah dikumpulkan kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Adobe Premiere Pro 2022 sebagai alat utama dalam proses penyuntingan video tutorial[11]. Tahapan awal dimulai dengan mengimpor media, yaitu memasukkan seluruh tangkapan layar, gambar, grafik, serta elemen visual lainnya ke dalam *timeline* proyek. Setelah itu, dilakukan pengeditan dasar yang mencakup pemotongan klip yang tidak relevan, penyusunan ulang urutan adegan agar sesuai dengan alur narasi, serta penyesuaian durasi setiap segmen agar tetap proporsional. Proses selanjutnya adalah penambahan teks dan anotasi, yang bertujuan untuk memperjelas poin-poin penting dalam penyampaian materi, seperti istilah teknis, langkah kerja, atau catatan penting yang mendukung pemahaman audiens. Untuk meningkatkan daya tarik visual, juga ditambahkan transisi dan animasi sederhana antar-klip, seperti *fade in*, *zoom*, atau *slide*, guna menciptakan perpindahan yang halus antar bagian serta menjaga perhatian penonton tetap fokus sepanjang durasi video. Seluruh proses ini dilakukan secara teliti untuk menghasilkan video yang informatif, menarik, dan mudah diikuti oleh target pengguna.

3.1.5 Perekaman dan Penambahan Voice-over

Agar informasi yang disampaikan lebih jelas, video dilengkapi dengan narasi suara (*voice-over*). Perekaman suara dilakukan menggunakan mikrofon dengan kualitas baik untuk menghasilkan audio yang jernih. Setelah direkam, *voice-over* dimasukkan ke dalam *Adobe Premiere Pro*, lalu dilakukan penyempurnaan suara seperti pengurangan *noise* dan penyesuaian volume[12].

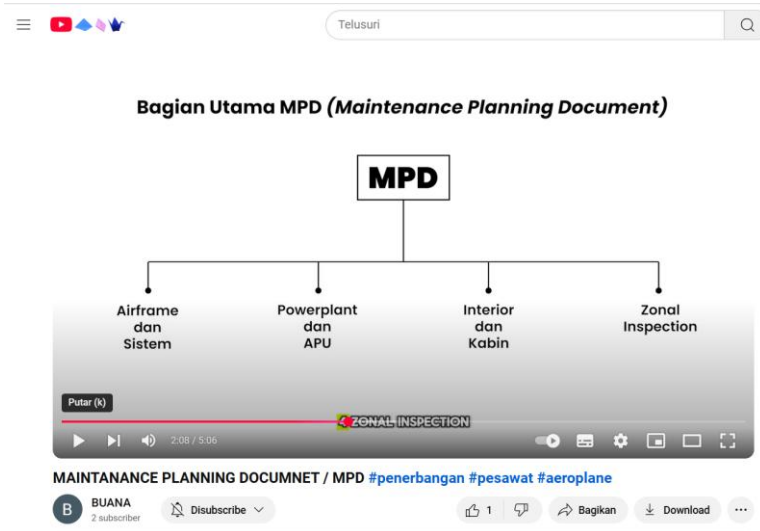
3.1.6 Proses Export dan Penyelesaian Video

Setelah semua elemen video selesai disusun dan diedit, langkah terakhir adalah mengekspor (*export*) video dalam format yang sesuai. Format yang digunakan dalam penelitian ini adalah MP4 dengan resolusi Full HD (1920x1080) agar hasilnya memiliki kualitas yang baik dan mudah diakses. Pengaturan ekspor dilakukan melalui menu File → Export → Media, lalu dipilih pengaturan *bitrate* yang optimal agar kualitas tetap terjaga tanpa ukuran file yang terlalu besar[13].

3.1.7 Tutorial MPD (Maintenance Planning Document)

Sub-bab ini membahas langkah-langkah analisis dan penggunaan *Maintenance Planning Document* (MPD) untuk mendukung perencanaan pemeliharaan pesawat. MPD merupakan dokumen

utama yang menjadi panduan teknis untuk memastikan setiap pesawat memenuhi standar operasional yang ditetapkan oleh pabrik dan regulator.



Gambar 2 Video Tutorial *Maintenance Planning Document*

3.1.8 Struktur dan Elemen dalam MPD

MPD terdiri dari tabel yang memuat berbagai elemen penting untuk perencanaan pemeliharaan, seperti:

Tabel 1 Contoh Tabel dari MPD

INTERVAL	TASK NO.	ZONE	ACCESS	APPLICABILITY		MAN-HOURS	TASKS APPLICABLE TO ALL AIRPLANES - SORTED BY INTERVAL
				APL	ENG		TASK DESCRIPTION
TR	B28-21-00-T	403		ALL	ALL	00.01	CHECK THAT FUELING STATION DOOR IS SECURED. SEE TASK CARD 21-001-04-01.

Dalam dokumen perencanaan pemeliharaan pesawat, setiap tugas dirinci dalam format yang sistematis untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan. Salah satu komponen penting adalah interval, yaitu informasi mengenai periode waktu atau jumlah jam terbang tertentu di mana suatu tugas pemeliharaan harus dilakukan. Penentuan interval ini sangat krusial untuk menjaga keandalan sistem pesawat dan mencegah terjadinya kegagalan fungsi. Setiap tugas juga dilengkapi dengan task number atau nomor identifikasi tugas, yang berfungsi sebagai penanda unik untuk memudahkan referensi teknisi terhadap daftar kegiatan dalam dokumen perawatan. Selain itu, terdapat informasi mengenai zone, yaitu area spesifik pada pesawat tempat tugas pemeliharaan dilakukan. Pembagian zona ini mempermudah teknisi dalam menentukan lokasi kerja, sehingga dapat menghemat waktu dalam proses pencarian dan persiapan. Dalam pelaksanaan tugas, teknisi juga harus mengetahui bagian mana dari pesawat yang perlu dibuka atau diakses, yang ditentukan dalam bagian access. Informasi ini membantu dalam menentukan peralatan dan prosedur pembukaan struktur pesawat yang relevan. Lebih lanjut, bagian applicability menjelaskan jenis pesawat atau komponen spesifik yang relevan terhadap tugas tersebut, karena tidak semua tugas berlaku untuk seluruh tipe pesawat atau konfigurasi tertentu. Untuk estimasi beban kerja, digunakan parameter man hours, yaitu perkiraan jumlah waktu kerja yang dibutuhkan oleh teknisi untuk menyelesaikan satu tugas, yang penting dalam perencanaan sumber daya manusia. Terakhir, setiap tugas dijelaskan dalam task description, yang berisi uraian teknis mengenai langkah-langkah yang harus dilakukan, prosedur keselamatan, serta kriteria inspeksi. Penyusunan informasi secara sistematis ini bertujuan untuk memastikan proses pemeliharaan berjalan efisien, aman, dan sesuai dengan standar regulasi penerbangan.

3.1.9 Tutorial Membaca *Technical Record*

Sub-bab ini membahas tata cara membaca dan menganalisis *Technical Record* sebagai salah satu dokumen penting dalam pencatatan data operasional pesawat. *Technical Record* digunakan untuk

mencatat berbagai parameter penting selama penerbangan, seperti jam terbang, siklus penerbangan, dan data lainnya yang relevan dengan perencanaan pemeliharaan pesawat.



Gambar 3 Video Tutorial Membaca *Technical Record*

3.1.10 Struktur dan Elemen dalam *Technical Record*

Technical Record merupakan dokumen penting dalam sistem pemeliharaan dan pengoperasian pesawat terbang yang berisi sejumlah kolom informasi spesifik untuk mencatat data operasional secara rinci dan sistematis. Kolom pertama adalah AC Reg (Aircraft Registration), yaitu kode registrasi pesawat yang berfungsi sebagai identitas utama pesawat dan menjadi acuan dalam seluruh pencatatan. Selanjutnya, terdapat kolom Date yang mencatat tanggal penerbangan dilakukan. Format penulisan tanggal harus konsisten, misalnya menggunakan format DD/MM/YYYY atau YYYY-MM-DD, agar tidak menimbulkan kebingungan dalam interpretasi data. Kolom AFML (Aircraft Flight Maintenance Log) berisi nomor log pemeliharaan yang berkaitan dengan data penerbangan tersebut, dan menjadi rujukan penting dalam penelusuran histori perawatan. Informasi mengenai Flight No juga dicatat untuk mengidentifikasi nomor penerbangan yang dijalankan, yang mengacu pada rute operasional spesifik. Bandara asal dan tujuan penerbangan dituliskan dalam kolom From dan To, memberikan informasi mengenai pergerakan rute pesawat. Sementara itu, kolom Block Off mencatat waktu pesawat mulai bergerak dari tempat parkir, dan Block On mencatat saat pesawat kembali berhenti setelah penerbangan. Selisih antara keduanya menghasilkan Block Hours, yakni durasi keseluruhan termasuk waktu taksi di darat. Data penting lainnya adalah Takeoff dan Landing, yang mencatat waktu pesawat lepas landas dan mendarat secara tepat. Dari selisih waktu ini dihitung FLT Hours (Flight Hours), yaitu durasi penerbangan di udara. Selain jam terbang, dicatat pula FLT Cycles (Flight Cycles), yang merepresentasikan jumlah siklus penerbangan berdasarkan satu kali lepas landas dan satu kali pendaratan. Informasi lain yang tidak kalah penting adalah TSN (Time Since New) dan CSN (Cycles Since New) yang mencatat total waktu dan jumlah siklus komponen sejak pertama kali digunakan. Semua kolom dalam technical record ini dirancang untuk memberikan informasi komprehensif yang mendukung pemeliharaan berbasis data dan memastikan keselamatan serta keandalan pesawat dalam setiap operasionalnya.

3.2 Mencari Rata – Rata Utilisasi Berdasarkan Technical Record

Pada sub-bab ini, dilakukan perhitungan rata-rata utilisasi pesawat menggunakan data dari Technical Record untuk bulan Juli 2020. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui rata-rata penggunaan pesawat selama periode tersebut, menggunakan Total Since New (TSN) sebagai parameter utama.

Tabel 2 *Technical Record* PK – ZAN

Sumber : (Doc : PK – ZAN)

NO.	AC REG	DATE	AFML	FROM	TO	TSN	CSN
1	PK - ZAN	01 Juli 2020	S001019	UPG	CGK	16317,59	16418
2	PK - ZAN	01 Juli 2020	S001009	CGK	PNO	16318,30	16419
3	PK - ZAN	01 Juli 2020	S001018	CGK	PNK	16319,12	16420
4	PK - ZAN	01 Juli 2020	S001017	PNK	CGK	16320,56	16421
5	PK - ZAN	01 Juli 2020	S001016	CGK	LOP	16321,69	16422
6	PK - ZAN	02 Juli 2020	S001015	LOP	SUB	16322,16	16423
7	PK - ZAN	02 Juli 2020	S001014	SUB	PNK	16323,51	16424
....
164	PK - ZAN	31 Juli 2020	S000855	SUB	CGK	16466,38	16581
165	PK - ZAN	31 Juli 2020	S000854	CGK	PKY	16467,26	16582
166	PK - ZAN	31 Juli 2020	S000853	PKY	CGK	16469,58	16583

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh parameter untuk TSN awal sebesar 16317,59 dan parameter untuk TSN akhir sebesar 16469,4 serta jumlah hari di bulan Juli 2020 yaitu 31 Hari

3.2.1 Mencari Rata – Rata *Utilisasi*

Untuk mencari rata – rata *utilisasi* berdasarkan parameter *Time Since New* (TSN) diperlukan data :

TSN Akhir : 16469,4 (Tabel 4.2)
 TSN Awal : 16317,59 (Tabel 4.2)
 Jumlah Hari : 31 Hari (Tabel 4.2)

Setelah data yang diperlukan untuk perhitungan rata – rata *utilisasi* didapat, maka dilakukan perhitungan menggunakan rumus 1 sebagai berikut :

$$\text{Rata – Rata Utilisasi} = \frac{(\text{TSN Akhir} - \text{TSN Awal})}{\text{Jumlah Hari}}$$

$$\text{Rata – Rata Utilisasi} = \frac{(16469,4 - 16317,59)}{31}$$

$$\text{Rata – Rata Utilisasi} = \frac{151,81}{31}$$

$$\text{Rata – Rata Utilisasi} = 4,90$$

Setelah melakukan perhitungan, maka nilai rata – rata *utilisasi* yang di dapat adalah 4,90 *hours*.

3.2.2 Mencari Sisa Umur *Interval* dan *Inspeksi* Selanjutnya

Pada bagian ini, pembahasan difokuskan pada metode menghitung sisa umur interval dan menentukan waktu inspeksi berikutnya berdasarkan simulasi kejadian yang diasumsikan penulis ke dalam bentuk soal. Contoh soal ditampilkan pada Gambar 4.

Soal :

Pesawat PK - ZAN telah melakukan inspeksi berikut :

1A	B27-11-00-A-1	306	ALL	ALL	00.1	VISUALLY CHECK THE LEFTAILERON,AILERONTAB,AND EXPOSED LINKAGES FOR CONDITION AND SECURITY OF INSTALLATION.
----	---------------	-----	-----	-----	------	--

Pada tanggal 05 Desember 2024, dan sekarang adalah tanggal 15 Desember 2024.
 Tentukan :

- Sisa umur pesawat akan inspeksi lagi!
- Kapan inspeksi selanjutnya dilakukan?

Gambar 4.Contoh Soal

Dari Gambar 4, maka diketahui :

Interval : 1A (250 *Hours*)
 Tanggal inspeksi terakhir : 05 Desember 2024
 Tanggal sekarang : 15 Desember 2024

3.2.3 Rumus dan Metode Perhitungan

Untuk mencari sisa umur dan inspeksi selanjutnya diperlukan data – data yang mana data-data ini sudah diperoleh dari perhitungan sebelumnya.

Rata – rata *utilisasi* : 4,90 *Hours*

Interval : 250 Hours
Tanggal inspeksi terakhir : 05 Desember 2024
Tanggal sekarang : 15 Desember 2024

Setelah data yang diperlukan untuk perhitungan sisa umur dan inspeksi didapat, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- Sisa umur

$$\text{Sisa Umur} = \text{interval} - \{\bar{x} \text{ Utilisasi} \times (\text{Tanggal sekarang} - \text{Tanggal inspeksi terakhir})\}$$

$$\text{Sisa Umur} = 250 - \{4,90 \times (15 \text{ Desember } 2024 - 05 \text{ Desember } 2024)\}$$

$$\text{Sisa Umur} = 250 - \{4,90 \times (10)\}$$

$$\text{Sisa Umur} = 250 - 49,0$$

$$\text{Sisa Umur} = 201$$

Setelah melakukan perhitungan, maka nilai sisa umur yang di dapat adalah 201 hours.

- Berapa hari lagi untuk inspeksi selanjutnya?

$$\text{Berapa Hari Lagi} = \frac{\text{Sisa Umur}}{\text{Rata - Rata Utilisasi}}$$

$$\text{Berapa Hari Lagi} = \frac{201}{4,90}$$

$$\text{Berapa Hari Lagi} = 41$$

Setelah melakukan perhitungan, maka inspeksi selanjutnya akan dilakukan 41 hari lagi.

- Tanggal berapa akan diinspeksi?

$$\text{Tanggal Inspeksi Selanjutnya} = \text{Tgl Sekarang} + \text{Berapa Hari Lagi}$$

$$\text{Tanggal Inspeksi Selanjutnya} = 15 \text{ Desember } 2024 + 41 \text{ Hari}$$

$$\text{Tanggal Inspeksi Selanjutnya} = 25 \text{ Januari } 2025$$

Setelah melakukan perhitungan, maka inspeksi selanjutnya akan dilakukan pada tanggal 25 januari 2025.

3.2.4 Hasil Kuesioner

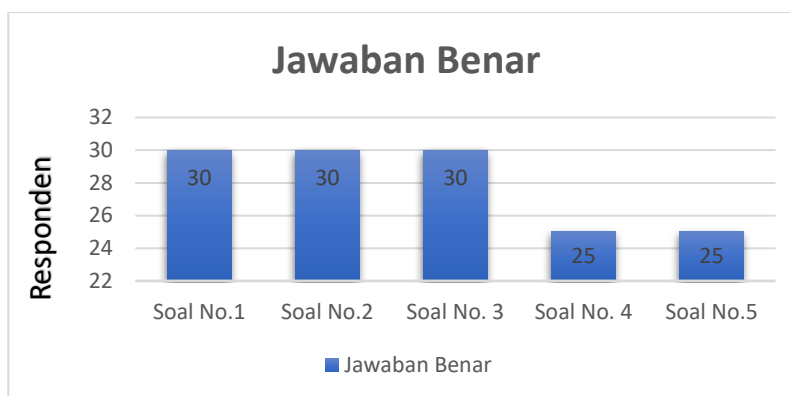
Tabel 3 Hasil kuesioner

SOAL	JAWABAN BENAR	JAWABAN SALAH
1. Hitung utilisasi dalam bulan desember tahun 2020	30	0
2. Hitung rata-rata utilisasi harian dalam bulan desember tahun 2020	30	0

3. Tentukan interval pengerjaan B12-13-11-A-2 !	30	0
(Pernyataan) <i>Pesawat dengan nomor registrasi PK-ZAN terakhir melakukan inspeksi interval 4A pada tanggal 03 Januari 2025.</i>		
4. Berdasarkan pernyataan di atas. Hitung sisa umur interval berdasarkan pelaksanaan interval 4A!	25	5
5. Berdasarkan jawaban nomor 4. Tentukan kapan tanggal pelaksanaan maintenance selanjutnya berdasarkan hasil perhitungan sisa umur Dari interval 4A	25	5

Hasil menunjukkan setelah dilakukan uji coba tutorial *virtual* selanjutnya dilakukan perhitungan hasil dengan menggunakan kuesioner dari 30 mahasiswa teknik penerbangan universitas dirgantara marsekal suryadarma, dapat dilihat bahwa sebanyak 100% mahasiswa dapat memahami video tutorial dan bisa dilihat hasil pengerjaan pada Gambar 4. Ini juga ditunjang oleh kelebihan dan manfaat *E-Learning*. Tabel 3 merupakan Hasil dari Pengujian melalui kuesioner.

3.2.5 Grafik Hasil Kuesioner



Gambar 5 Grafik Jawaban Benar

Bisa dilihat pada Gambar 5 bahwa dari 30 mahasiswa yang diuji bisa memahami kuisisioner yang diberikan, dengan tingkat keberhasilan pengerjaan soal nomor 1 tingkat keberhasilan 100% atau bisa dilihat pada grafik keseluruhan 21,4%, soal nomor 2 tingkat keberhasilan 100% atau bisa dilihat pada grafik keseluruhan 21,4%, soal nomor 3 tingkat keberhasilan 100% atau bisa dilihat pada grafik keseluruhan 21,4%, soal nomor 4 tingkat keberhasilan 83,4% atau bisa dilihat pada grafik keseluruhan 17,9%, dan soal nomor 5 tingkat keberhasilan 83,4% atau bisa dilihat pada grafik keseluruhan 17,9%.

3.3 Hasil Analisis

Tutorial virtual dalam bentuk video yang telah dikembangkan bertujuan untuk memberikan panduan praktis kepada mahasiswa teknik penerbangan sebagai pengguna (user) dalam memahami berbagai aspek penting dari perencanaan pemeliharaan pesawat. Materi dalam video mencakup pemahaman teori dasar mengenai Maintenance Planning Document (MPD), cara menghitung rata-rata utilisasi, serta metode untuk menentukan sisa umur komponen dan estimasi waktu inspeksi berikutnya menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel. Untuk menguji efektivitas tutorial ini, dilakukan pengujian terhadap 30 mahasiswa dari program studi teknik penerbangan dan aeronautika. Mahasiswa diminta menyelesaikan lima soal evaluasi (terlampir dalam lampiran) setelah menonton tutorial. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh mahasiswa dapat menjawab dengan benar soal nomor 1 dan 2 terkait perhitungan utilisasi dalam technical record, dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%. Hal ini mengindikasikan bahwa tutorial virtual sangat efektif dalam membantu pemahaman mahasiswa terhadap topik utilisasi. Selain itu, pada soal nomor 3 yang menguji pemahaman mengenai teori dasar MPD, seluruh peserta juga memberikan jawaban yang benar, kembali menunjukkan efektivitas media

pembelajaran ini dalam menjelaskan konsep teoritis. Sementara itu, pada soal nomor 4 dan 5 yang menguji kemampuan mahasiswa dalam menghitung sisa umur dan menentukan waktu inspeksi selanjutnya menggunakan Excel, sebanyak 25 mahasiswa (83,4%) menjawab dengan benar, sedangkan 5 mahasiswa lainnya belum berhasil menjawab dengan tepat. Meskipun demikian, hasil ini tetap menunjukkan bahwa tutorial virtual cukup efektif dalam menyampaikan materi perhitungan teknis, meskipun diperlukan perbaikan pada bagian penyajian atau latihan untuk meningkatkan pemahaman seluruh peserta secara menyeluruh.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, tutorial virtual yang terdiri dari tiga video (pengenalan MPD, tutorial *technical record* dan utilisasi, serta perhitungan sisa umur dan *maintenance* selanjutnya) terbukti dapat diakses dan dipahami oleh mahasiswa melalui platform Youtube. Hasil pengujian kuesioner terhadap 30 mahasiswa menunjukkan tingkat keberhasilan keseluruhan yang memuaskan sebesar 93,3%, dengan tingkat keberhasilan sempurna pada pemahaman konsep dasar MPD dan *technical record*, serta tingkat keberhasilan 83,3% pada perhitungan sisa umur dan perencanaan *maintenance*. Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa tutorial virtual yang dikembangkan efektif dan relevan dalam mendukung penguasaan materi perencanaan pemeliharaan pesawat bagi mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Surya, "Analisis Efektivitas Laboratorium Manajemen Pemeliharaan Virtual Berdasarkan Tutorial Virtual," Skripsi, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta, 2024.
- [2] Honeywell International Inc., "Component Maintenance Manual: 49-42-51-200-007-A - Inspection / Check of the Starter Motor (131-9(A))," Airbus, 2019.
- [3] Federal Aviation Administration (FAA), "Advisory Circular 120-16F: Air Carrier Maintenance Programs," Washington D.C.: FAA, 2019.
- [4] S. P. Ackert, "Basics of Aircraft Maintenance Programs for Financiers," 2010.
- [5] A. Prasetyo, "Document Perawatan Pesawat Terbang," IlmuTerbang.com. [Online]. Available: <http://www.ilmuterbang.com>. [Accessed: Dec. 10, 2025].
- [6] A. Wind, *Jago Membuat Video Tutorial*. Jakarta: Dunia Komputer, 2014.
- [7] W. Budi Aji, A. Martina, M. Hadi W., A. Riskha, and A. Gusti, "Workshop of Maintenance Management," Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta, 2021.
- [8] Adobe Inc., *Premiere Pro 2022 User Guide*. Adobe, 2022.
- [9] M. Wolsky, *Editing with Adobe Premiere Pro: Advanced Techniques and Workflow*. London: Routledge, 2021.
- [10] J. Baker, *Mastering Adobe Premiere Pro 2022: A Professional Guide to Video Editing*. New York: Pearson Publishing, 2022.
- [11] H. Jenkins, *The Art of Scriptwriting for Digital Media*. New York: Digital Press, 2019.
- [12] R. McKee, *Storytelling Techniques for Video Production*. London: Film & Media Publishing, 2018.
- [13] J. Smith and L. Brown, *Effective Tutorial Design: A Guide for Content Creators*. California: MediaWorks Publishing, 2021.