

## **OPTIMALISASI SENSOR PROBE PADA *FUEL QUANTITY INDICATOR* PESAWAT ATR 72 UNTUK MENGURANGI KETIDAKAKURATAN AKIBAT KONTAMINASI JAMUR DAN MIKROBA**

Fajar Gumilang<sup>1</sup>, Ilham Pratama<sup>2</sup>, Agung Budiarto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Elektro, Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang  
[ilhampratama.elektro@ft-umt.ac.id](mailto:ilhampratama.elektro@ft-umt.ac.id)

### **Abstrak**

Ketidakakuratan indikasi bahan bakar pada pesawat ATR 72 disebabkan kontaminasi jamur dan mikroba pada sensor probe di tangki bahan bakar. Penelitian ini menganalisis penyebab ketidakakuratan dan mengevaluasi metode pembersihan serta perawatan efektif dengan menguji empat pesawat ATR 72 (PK-WFO, PK-WGL, PK-WFR, PK-WFT). Kapasitansi probe diukur sebelum dan sesudah pembersihan menggunakan *PSD60-2R Test Set*, dibandingkan dengan standar pabrikan (143.2–148 pF). Hasil menunjukkan kontaminasi mikroba dan deposit hidrokarbon menurunkan kapasitansi. Pembersihan mekanis dan kimia (deterjen non-ionik, metanol, biocide treatment) berhasil meningkatkan kapasitansi rata-rata 5.25–5.34 pF pada tiga pesawat, kecuali PK-WFT tangki kiri probe 6 (4.54 pF) yang perlu diganti. Lingkungan tropis lembab mempercepat pertumbuhan mikroba. Kontaminasi mikroba dan korosi adalah penyebab utama ketidakakuratan FQI. Pembersihan rutin dan *biocide treatment* efektif memulihkan kinerja sensor. Rekomendasi meliputi inspeksi berkala, penggantian probe rusak, dan pelatihan teknisi untuk meningkatkan akurasi indikasi bahan bakar dan keselamatan penerbangan.

Kata kunci: *Fuel Quantity Indicator*, sensor probe, kontaminasi mikroba, kapasitansi, ATR 72.

### **1. Pendahuluan**

ATR (*Aerei da Trasporto Regionale* atau *Avions de transport régional*) adalah perusahaan pesawat terbang yang berbasis di Prancis dan Italia yang memproduksi pesawat terbang regional turboprop seperti terlihat pada gambar 1. 1. Pertama kali diperkenalkan pada tahun 1981. Pesawat-pesawat ATR terkenal karena efisiensi bahan bakar dan kemampuan mereka untuk mendarat dan lepas

landas di landasan pendek dengan spesifikasi

Jarak jelajah suatu pesawat tentunya dipengaruhi dengan berapa banyak kapasitas bahan bakar yang dapat diangkutnya. Dalam hal ini jarak jelajah pesawat ATR 72-500 adalah sekitar 890 NM dan untuk model ATR 42-500, jarak jelajahnya sedikit lebih jauh, sekitar 1000 NM (SKYbrary, 2024).

Berdasarkan laporan dari operator penerbangan PT Wings Abadi Airlines beroperasi sebagai Wings Air, sering kali sitem indikasi bahan bakar pada pesawat ATR72 menunjukkan indikasi pembacaan yang tidak akurat, hal ini tentunya dapat mengurangi *safety* dalam penerbangan. Ketidakakuratan ini dapat diketahui dengan membandingkan jumlah bahan bakar yang ada di dalam tangki dan indikasi bahan bakar yang berada di *cockpit* dengan menggunakan *manual magnetic indicator* (MMI) yang diperlihatkan operator. Maka dalam hal ini, penulis membuat alat pengisian gula pasir otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Uno dan sensor *load cell* sebagai pembacaan berat gula pasir. Dengan adanya alat ini dapat membantu pedagang dalam pengemasan gula pasir secara akurat. Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah diatas maka, Penulis merumuskan masalah, sering terjadi kesalahan indikasi *Fuel Quantity Indicator* pada pesawat ATR 72.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Desain Alat

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan mengukur nilai kapasitansi dari setiap probe yang terpasang di dalam tangki bahan bakar pesawat.

Pengukuran kapasitansi dilakukan menggunakan alat PSD60-2R Test Set. Pengukuran dilakukan pada pesawat yang sedang menjalani perawatan di hanggar Batam serta di beberapa stasiun bandara, antara lain Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai (DPS) Denpasar, Bandara Supadio (PNK) Pontianak, dan Bandara Sultan Aji Muhammad Sulaiman (BPN) Balikpapan.

Nilai kapasitansi dari masing-masing probe diukur untuk mendeteksi perubahan level bahan bakar, di mana variasi kapasitansi berbanding lurus dengan ketinggian fluida dalam tangki. Data yang diperoleh kemudian dicatat dan dianalisis guna menentukan akurasi serta reliabilitas sistem sensor kapasitif dalam berbagai kondisi operasional.

Tabel 1 Alat-alat yang Diperlukan

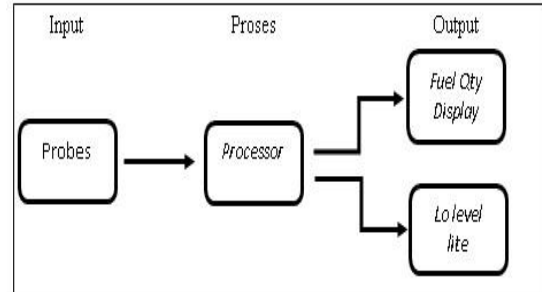
No	Nama Alat	Part Number	Jumlah
1	<i>Fuel Quantity Test Set</i>	PSD60-2R	1
2	<i>Interface cable tank</i>	PSD40-556ZZZ	1
3	<i>Interface cable tank</i>	PSD40-556YYY	1
4	Kuas lembut	No Specific	1

5	Mesin Penyedot Debu	No Specific	1	2.2.
---	------------------------	-------------	---	------

*low chart*

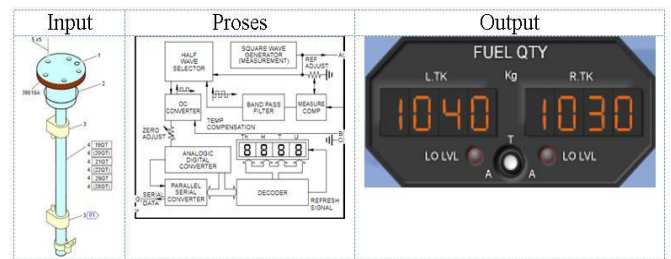
Berikut ini adalah blok diagram tentang sistem kerja dari *Fuel quantity indicator* pada pesawat ATR72.

PSD60-2R Test Set seperti terlihat pada Gambar 3.2 adalah Set Uji Sistem Pengukur Kuantitas Bahan Bakar instrumen yang memungkinkan fungsionalitas lengkap pemeriksaan dan kalibrasi Sistem Pengukur Bahan Bakar AC di dalam atau di luar pesawat. Set uji dapat mengukur kapasitansi unit tangki, kompensator atau seluruh sistem secara akurat. Set uji juga dapat mensimulasikan nilai kapasitansi untuk pengoperasian Indikator, serta mengukur resistansi isolasi Unit Tangki dan kabel. Set uji ditenagai oleh baterai alkaline berukuran 18 C. Baterai dapat diganti tanpa perlu kalibrasi ulang set uji. Kondisi baterai ditampilkan pada pembacaan digital. (Aeroflex, 2010)



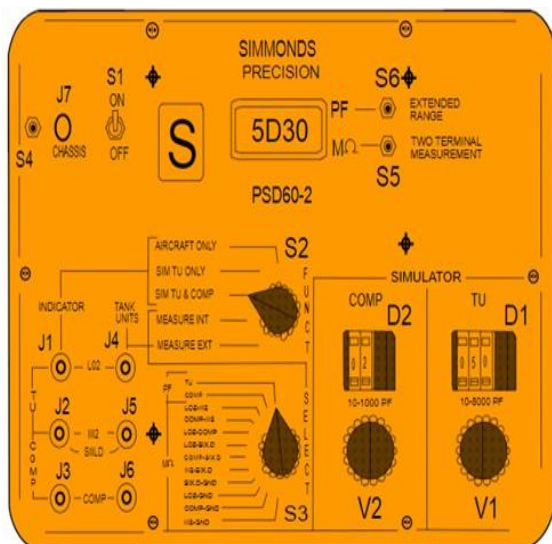
Gambar 2 Diagram Sistem Kerja Fuel Quantity Indocator ATR 72  
 Sumber: (Penulis, 2025)

2.3 Wiring Diagram



Gambar 1 Wiring Diagram

Sistem ini menyediakan informasi kepada awak pesawat mengenai jumlah massa bahan bakar yang tersedia di setiap tangki selama penerbangan. Informasi ini ditampilkan dalam bentuk digital pada indikator ganda yang terletak di panel instrumen tengah atas. Massa bahan bakar diukur dengan enam probe kapasitansi yang dipasang di setiap tangki. Probe tersebut dipasang pada dinding permukaan atas tangki dan dapat



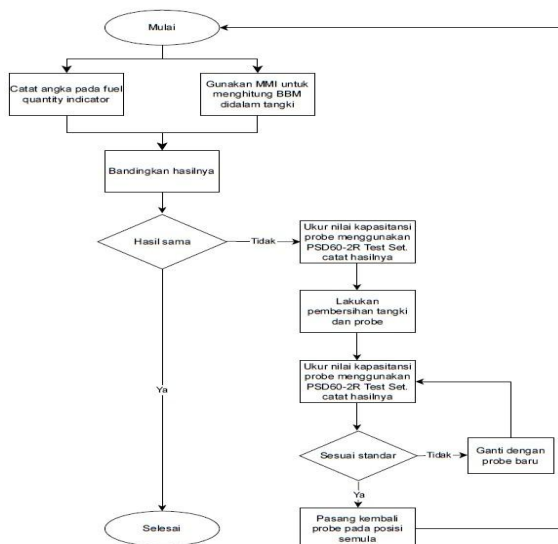
Gambar 1 PSD60-2R Test Set  
 Sumber: (Aeroflex, 2010)

dilepas dari luar tanpa mengosongkan tangki.

Enam kabel listrik yang dipasang di dalam tangki menghubungkan probe ke konektor sekat. Setiap perubahan kuantitas bahan bakar mengakibatkan perubahan dalam pencelupan probe dan perubahan kapasitansi probe sebagai akibatnya.

Penjumlahan kuantitas bahan bakar dalam tangki dilakukan dengan menghubungkan enam probe secara paralel. Akurasi pengukuran adalah:

- a. 1% dari nilai tangki, yaitu berisi 25 kg (55 lb)
- b. 3% dari nilai tangki, yaitu berisi 75 kg (165 lb).
- c. 100% dari nilai tangki, yaitu berisi 2500 kg (5500 lb)



Gambar 3. Diagram Alur Penentuan keakurasian Fuel quantity indicator  
 Sumber: (Penulis, 2025)

Diagram alur pada gambar 3. 10 menjelaskan Prosedur Verifikasi dan Perbaikan Indikasi Bahan Bakar pada Pesawat ATR 72 jika terjadi ketidakakuratan. Apabila terdapat indikasi ketidakakuratan pada indikator bahan bakar di pesawat ATR 72, langkah pertama yang harus dilakukan adalah membandingkan indikasi pada *Fuel Quantity Indicator* (FQI) dengan *Manual Magnetic Indicator* (MMI) sesuai dengan metode pembacaan pada *Fuel-Quantity Chart Template* gambar 3.

Apabila hasil perbandingan menunjukkan nilai yang sama, maka FQI dinyatakan akurat, dan proses verifikasi selesai. Sedangkan, apabila terdapat perbedaan mencolok, maka FQI dinyatakan tidak akurat dan diperlukan tindakan lebih lanjut dengan langkah-langkah berikut:

- a. Ukur kapasitansi setiap probe bahan bakar (total enam probe per tangki) menggunakan PSD60-2R Test Set, lalu catat hasilnya.
- b. Lakukan pembersihan pada tangki bahan bakar dan probe.
- c. Gunakan peralatan dan bahan penelitian sesuai pada table 3. 1 (Alat Penelitian) dan 3. 2 (Bahan Penelitian).

d. Catat dan bandingkan nilai kapasitansi probe dengan standar berikut (*ATR, Functional Test of the Fuel-Tank Quantity Probe, 2025*):

Probe 1:	8.55	±	0.8	pF
Probe 4:	18.7	±	0.5	pF
Probe 2:	12,9	±	0.5	pF
Probe 5:	38.65	±	0.5	pF
Probe 3:	51,4	±	0.5	pF
Probe 6:	14.5	±	05	pF

- e. Bila nilai kapasitansi sesuai standar, pasang kembali probe.
- f. Bila tidak sesuai, ganti probe dengan yang baru dan ulangi pengukuran hingga nilai kapasitansi sesuai standar.

Setelah semua probe terpasang dengan nilai kapasitansi yang sesuai, pastikan kembali bahwa indikasi jumlah bahan bakar pada FQI dan MMI menunjukkan nilai yang sama. Berikut ini adalah diagram alur yang dipergunakan menentukan keakurasian dari Fuel quantity indicator pada pesawat ATR72.

### 3.2. Pengujian

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada empat pesawat ATR 72 dengan nomor registrasi PK-WFO, PK-WGL, PK-WFR, dan PK-WFT, diperoleh data kapasitansi dari setiap fuel quantity probe sebelum dan setelah pembersihan. Pengujian ini bertujuan untuk

mengidentifikasi penyimpangan akurasi pada *Fuel Quantity Indicator* (FQI) dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap standar yang ditetapkan dalam *Maintenance*.

Setelah dilakukan proses pembersihan secara menyeluruh, tahap selanjutnya adalah penerapan proses pemberian bahan kimia anti bakteri/anti jamur ke dalam tangki. Perlakuan ini bertujuan untuk meminimalisir risiko korosi pada permukaan interior tangki bahan bakar yang disebabkan oleh kontaminasi mikroorganisme, seperti bakteri dan jamur. Kontaminasi mikrobiologis dalam tangki dapat memicu *Microbiologically Influenced Corrosion* (MIC), yang tidak hanya mengurangi integritas struktural tangki tetapi juga mengganggu kinerja sistem pengukuran bahan bakar. Dengan pemberian *biocide*, pertumbuhan mikroba dapat ditekan secara efektif, sehingga memperpanjang usia pakai tangki bahan bakar dan memastikan akurasi pengukuran fuel quantity indicator. Langkah ini merupakan bagian dari upaya preventif dalam pemeliharaan sistem bahan bakar pesawat guna memenuhi standar keamanan dan operasional penerbangan Manual ATR 72 (ATR-A-28-42-70-01001-340A-A). (*ATR, Functional Test of the Fuel-Tank Quantity Probe, 2025*).

Dari perhitungan  $C_{total} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6$  didapatkan perbedaan antara kapasitansi total *before cleaning* dan kapasitansi total *after cleaning* Adapun kapasitansi total *before cleaning*

$$C_{total} = 3.1 \text{ pF} + 13.12 \text{ pF} + 52.02 \text{ pF} + 18.61 \text{ pF} + 38.98 \text{ pF} + 14.67 \text{ pF}$$

$$C_{total} = 140.5 \text{ pF}$$

Kapasitansi total *after cleaning*

$$C_{total} = 8.43 \text{ pF} + 12.99 \text{ pF} + 51.89 \text{ pF} + 18.96 \text{ pF} + 38.91 \text{ pF} + 14.66 \text{ pF}$$

$$C_{total} = 145.84 \text{ pF}$$

Terjadi peningkatan kapasitansi sebesar 5.34 pF setelah pembersihan, menunjukkan adanya kontaminasi atau deposit pada probe sebelum dilakukan *cleaning*.

**Tabel 2 Pengukuran Probe PK-WFO Tangki Kanan**  
 Sumber: (Penulis, 2025)

TOOL	INTERFACE CABLE PN				STRAY CAPA	MEASURING RESULT	
PSD60-2R	PSDD40-556ZZZ				0,66 pF	BEFORE CLEAN	AFTER CLEAN
	PSDD40-556YYY				0,77 pF		
AC REG	M S N	PN PROBE	P O S	SN	LIMIT pF	pF	pF
PK-WFO RH OVER READ	0 9 3 6	766-983-1	1	3725	8,55 ± 0,8	3.1	8.43
		766-793-1	2	1248	12,9 ± 0,5	13.12	12.99
		768-100	3	3236	51,4 ± 0,5	52.02	51.89
		766-795-2	4	2282	18,7 ± 0,5	18.61	18.96
		766-796-2	5	4424	38,65 ± 0,5	38.98	38.91
		766-797-2	6	1449	14,5 ± 0,5	14.67	14.66
	PN HARNESS						
	798-017-3	1	2675	-	0.64	0.69	
	796-977-2	2	-	-	0.61	0.67	
	798-078-1/2	3	-	-	0.7	0.69	
	796-947-3	4	4933	-	0.52	0.51	
796-948-3/2	5	3126	-	0.62	0.63		
796-949-3/2	6	1664	-	0.58	0.53		

**Tabel 3 Pengukuran Probe PK-WGL Tangki Kanan**

TOOL	INTERFACE CABLE PN				STRAY CAPA	MEASURING RESULT		
PSD60-2R	PSDD40-556ZZZ				0,82 pF	BEFORE CLEAN	AFTER CLEAN	
	PSDD40-556YYY				0,70 pF			
AC REG	M S N	PN PROBE	P O S	SN	LIMIT pF	pF	pF	
PK-WGL RH UNDE RREA D	1 1 1 8	766-983-1	1	4793	8,55 ± 0,8	8.82	8.83	
		766-793-1	2	3696	12,9 ± 0,5	12.92	13.07	
		768-100	3	3314	51,4 ± 0,5	52.19	51.91	
		766-795-2	4	2179	18,7 ± 0,5	18.84	18.99	
		766-796-2	5	2172	38,65 ± 0,5	38.65 ± 0,5	2.75	36.82
		766-797-2	6	4511	14,5 ± 0,5	14.45	14.49	
PN HARNESS								

perhitungan  $C_{total} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6$  didapatkan perbedaan antara kapasitansi total *before cleaning* dan kapasitansi total *after cleaning*.

Adapun kapasitansi total *before cleaning*

$$C_{total} = 8.82 \text{ pF} + 12.92 \text{ pF} + 52.19 \text{ pF} + 18.84 \text{ pF} + 2.75 \text{ pF} + 14.45 \text{ pF}$$

$$C_{total} = 109.97 \text{ pF}$$

Kapasitansi total *after cleaning*

$$C_{total} = 8.83 \text{ pF} + 13.07 \text{ pF} + 51.91 \text{ pF} + 18.99 \text{ pF} + 38.82 \text{ pF} + 14.49 \text{ pF}$$

$$C_{total} = 146.11 \text{ pF}$$

Terdapat perbedaan signifikan (36.14 pF) terutama pada probe posisi 5, yang

awalnya menunjukkan nilai 2.75 pF (kemungkinan akibat kontaminasi berat).

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan serangkaian pengujian, analisis data, dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap sistem pengukuran kuantitas bahan bakar pada empat unit pesawat ATR 72 dengan registrasi PK-WFO, PK-WGL, PK-WFR, dan PK-WFT, dapat ditarik beberapa kesimpulan yang mencakup aspek teknis, operasional, dan implikasi terhadap keselamatan penerbangan, serta beberapa rekomendasi penting untuk perbaikan dan pengembangan di masa depan diantaranya

##### a. Dampak signifikan kontaminasi terhadap akurasi pengukuran

Hasil pengujian secara konsisten menunjukkan bahwa adanya kontaminasi pada permukaan probe kapasitansi memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap penyimpangan nilai kapasitansi dari standar yang ditetapkan oleh pabrikan. Sebelum dilakukan pembersihan, mayoritas probe pada keempat pesawat yang diuji mencatat nilai kapasitansi total yang

berada di bawah batas minimum 143.2 pF, dengan penyimpangan terbesar mencapai 36.14 pF pada Probe 5 pesawat PK-WGL. Kondisi ini secara jelas mengindikasikan bahwa akumulasi kontaminan seperti mikroorganisme, deposit hidrokarbon, dan korosi mikrobiologis telah menyebabkan gangguan serius pada fungsi probe sebagai sensor pengukur kuantitas bahan bakar.

##### b. Efektivitas prosedur pembersihan standar

Prosedur pembersihan yang mengacu pada Maintenance Manual ATR 72 (ATR-A-28-42-70-01001-340A-A) yang meliputi tahapan *mechanical cleaning* menggunakan sikat lembut dan penyedot debu, *chemical cleaning* dengan larutan deterjen non-ionik dan metanol, serta aplikasi *biocide treatment* terbukti memberikan hasil yang sangat memuaskan. Pada tiga dari empat pesawat yang diuji (PK-WFO, PK-WGL, dan PK-WFR), nilai kapasitansi total setelah pembersihan menunjukkan peningkatan signifikan rata-rata 5.25-5.34 pF dan berhasil kembali

memenuhi spesifikasi teknis pabrikan. Hal ini membuktikan bahwa kontaminasi merupakan faktor utama penyebab deviasi pengukuran

a. Kasus khusus pada pesawat PK-WFT tangki kiri

Pengujian pada pesawat PK-WFT, khususnya di tangki kiri, menemukan kondisi yang berbeda dimana Probe 6 hanya menunjukkan peningkatan nilai kapasitansi sebesar 1.28 pF setelah pembersihan, dengan nilai akhir 4.54 pF yang masih jauh di bawah standar minimum. Fenomena ini mengindikasikan kemungkinan adanya kerusakan permanen pada probe atau akumulasi kontaminan, sehingga memerlukan tindakan penggantian komponen sebagai solusi akhir.

b. Korelasi dengan kondisi lingkungan

Temuan penelitian ini secara kuat mendukung hipotesis bahwa kondisi lingkungan operasional pesawat di wilayah tropis seperti Indonesia dengan kelembaban tinggi berkontribusi terhadap percepatan pertumbuhan mikroorganisme dalam tangki bahan bakar. Hasil ini

sejalan dengan penelitian (Kadarwati, 2004) yang mengungkap kemampuan berbagai spesies mikroba termasuk kapang *Paecilomyces* sp. dalam mendegradasi komponen hidrokarbon avtur.

c. Implikasi terhadap keselamatan penerbangan

Penyimpangan nilai kapasitansi probe yang melebihi batas toleransi dapat menyebabkan kesalahan pembacaan pada *Fuel Quantity Indicator (FQI)* yang berpotensi mengakibatkan perhitungan kuantitas bahan bakar tidak akurat. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat membahayakan keselamatan penerbangan karena berisiko menyebabkan kesalahan perencanaan pengisian bahan bakar atau bahkan kehabisan bahan bakar di udara.

Berdasarkan serangkaian hasil pengujian, analisis data, dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap sistem pengukuran kuantitas bahan bakar pada empat unit pesawat ATR 72 dengan registrasi PK-WFO, PK-WGL, PK-WFR, dan PK-WFT, maka Penulis memberikan beberapa saran

- a. Disarankan untuk melakukan inspeksi probe kapasitansi setiap kali pesawat *hangar visit* di Batam bila *ground time* mencukupi.
- b. Perlu dikembangkan prosedur pembersihan tahap lanjut dengan menggabungkan metode *ultrasonic cleaning* pada probe untuk kasus kontaminasi berat.
- c. Disarankan untuk menerapkan program *preventive maintenance* melalui prosedur *water drain* harian pada tangki bahan bakar tiap kali setelah penerbangan pada hari tersebut guna mencegah akumulasi kontaminan air yang dapat menurunkan kualitas bahan bakar.
- d. Pelatihan khusus untuk teknisi yang berfokus pada penanganan kontaminasi mikrobiologis dalam sistem bahan bakar termasuk teknik inspeksi dan pembersihan yang tepat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi Putra Toga Torop, Y. D. (2020). Pembuatan Model Alat Ukur Bahan Bakar Tangki Helikopter Menggunakan Metode Kapasitansi. *Prisma Fisika*, 9.
- Aeroflex. (2010). *Maintenace Manual PSD60-2R*. Wichita: [www.aeroflex.com](http://www.aeroflex.com).
- Anwar, I. C. (2021, Oktober 4). *tirto.id*. Retrieved from PT. Tirta Adi Surya: <https://tirto.id/rumus-rangkaian-kapasitor-seri-dan-paralel-serta-penjelasan-gjB>
- Ardutech. (2019, September 24). *ardutech.com*. Retrieved from [www.ardutech.com](http://www.ardutech.com): <https://www.ardutech.com/mengenal-capasitor/>
- ATR. (2024, July 1). *Line Maintenance-ATR72-IW7*. Retrieved January 2, 2025, from [w3.airbus.com](http://w3.airbus.com): <https://shorturl.at/6hJva>
- ATR. (2025). *Biocide Treatment of the Fuel Tanks*. Toulouse: ATRNAV.
- ATR. (2025). *Cleaning of the Fuel Tanks*. Toulouse: ATRNAV.
- ATR. (2025). *Functional Test of the Fuel-Tank Quantity Probe*. Toulouse: ATRNAV.
- EASA. (2023, January 30). *easa.europa.eu*. Retrieved from <https://www.easa.europa.eu/>.
- FAA. (2016). *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge*.

- Oklahoma: United States  
Department of Transportation.
- FAA. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook*. Oklahoma: United States Department of Transportation.
- Kadarwati, S. (2004, Desember). Biodegradasi Naftena dalam Avtur oleh Kapang *Paecilomyces* sp. *Publikasi Lemigas*, 12-20.
- Makarius Sidia, B. P. (2020). Perbandingan Kapasitansi dari Beberapa Jenis Bahan Menggunakan Kapasitor Silinder. *Prisma Fisika, Vol. 8, No. 2 (2020), Hal. 128 - 134*, 7.
- Naufal. (2025, April 28). *wma.co.id*. Retrieved 2025, from <https://wma.co.id>: <https://wma.co.id/level-measurements/capacitive-level-sensor/>
- Siagian, W. (2020). Analisis Prinsip Kerja Proses Charge dan Discharge Pada Capacitor Dengan Rangkaian RC. *Jurnal Ilmiah Simantek*, 10.
- SKYbrary. (2024). *ATR ATR-42-500*. Retrieved November 28, 2024, from [skybrary.aero](https://skybrary.aero): <https://skybrary.aero/aircraft/at45>
- SKYbrary. (2024). *ATR ATR-72-500*. Retrieved November 28, 2024, from [skybrary.aero](https://skybrary.aero): <https://skybrary.aero/aircraft/at75>
- Spitzer, C. R. (2018). *Avionics Elements, Software and Functions*. Boca Raton: CRC Press.
- Technic, B. A. (2025). *Indonesia Patent No. MP-BAT-001*.