

Studi Kasus Terjadinya *Crack* pada *Vent Stringer-12* di *Main Tank* Pesawat Boeing 737-900ER

Imelda Ruth Romaito Br Simanjuntak^{*1}, James Siregar², Naufal Abdurrahman Prasetyo³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

Jl. Ahmad Yani, Kota Batam, Kepulauan Riau, 29461, Indonesia

*Email korespondensi: imeldaruth02@gmail.com

Abstrak

Fuel tank berfungsi menyimpan bahan bakar yang diperlukan untuk penerbangan. *Fuel tank* pada pesawat Boeing 737-800/900ER dibagi menjadi 3, *main tank*, *center tank*, dan *surge tank*. Pada saat proses *maintenance* ditemukan *imbalance fuel indication* sebesar 1.80 lb di *primary flight display*. Sehingga, studi kasus ini memiliki fokus untuk mencari penyebab permasalahan tersebut. Tujuan spesifik studi kasus yaitu mengkaji *crack* pada *vent stringer-12* di *main tank-2* Pesawat Boeing 737-900ER. Metode yang digunakan yaitu metode observasi langsung dan *Tracing Aircraft Manual* mengacu pada *Aircraft Maintenance Manual* (AMM), *Structure Repair Manual* (SRM), *Fault Isolation Manual* (FIM), dan *Service Recommendation dari manufaktur*. Setelah dilakukan pemeriksaan yang mengacu ke FIM dengan lima *troubleshoot*, tidak ditemukan adanya kebocoran atau kerusakan pada komponen tersebut, setelah itu pihak manufaktur memberi respon untuk memeriksa riwayat *hard landing*, langkah selanjutnya dilakukan pemeriksaan riwayat dari pesawat tersebut (Pesawat Boeing 737-900ER dengan registrasi PK-LGM) pernah mengalami *hard landing* sebanyak tiga kali. Pihak manufaktur memberikan rekomendasi kembali untuk memeriksa kebocoran pada *vent stringer-12* yang terletak pada *main tank-2* menggunakan *borescope* dan ditemukan *crack* sepanjang 12 cm. Hasil dari identifikasi awal ditemukan ada kebocoran bahan bakar pada *Main Tank-2*. Solusi efektif guna memperbaiki kebocoran adalah mengganti unit *vent stringer-12* yang rusak dengan unit baru, cara yang dilakukan merupakan pemasangan part baru dengan penyambungan *double strap butt joint*.

Kata kunci: *Fuel Tank, Vent Stringer-12, Crack*

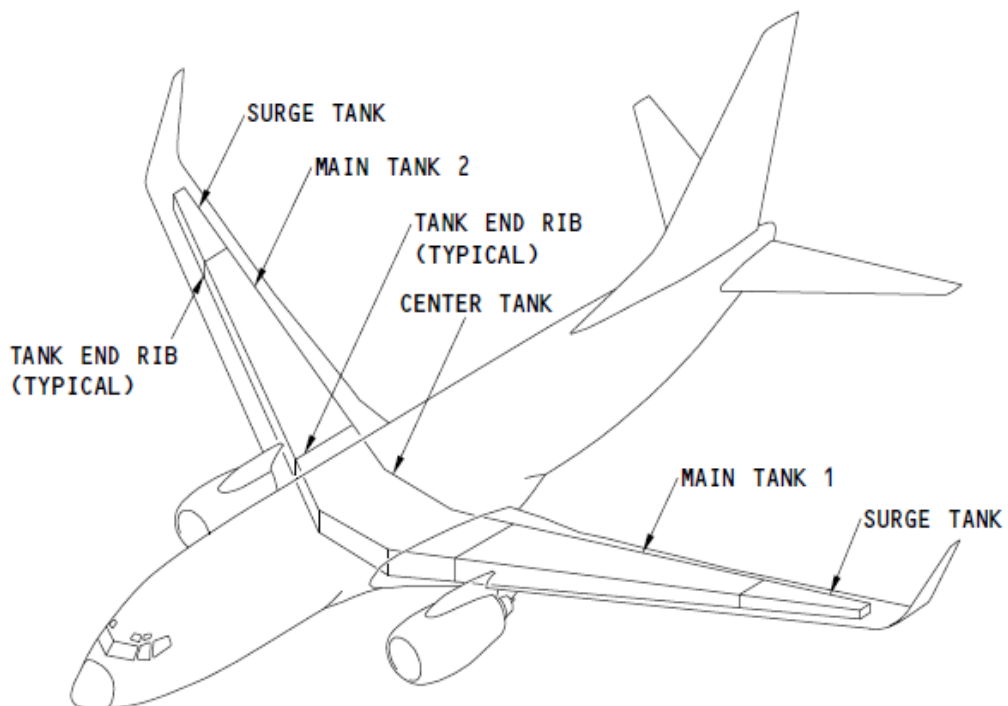
Abstract

Fuel tanks function to store the fuel needed for flight. Fuel tanks on Boeing 737-800/900ER aircraft are divided into 3, main tank, center tank, and surge tank. During the maintenance process, an imbalance fuel indication was found on the primary flight display. Thus, this case study focuses on finding the cause of the problem. The specific objective of the case study is to examine the crack in vent stringer-12 in main tank-2 of Boeing 737-900ER Aircraft. The methods used are direct observation method and Aircraft Manual Tracing referring to the Aircraft Maintenance Manual (AMM), *Structure Repair Manual* (SRM), *Fault Isolation Manual* (FIM) and *Service Recommendation* from the manufacturer. After an inspection referring to the FIM with five troubleshoot no leakage or damage to the component was found, after which the manufacturer gave a response to check the history of hard landing, the next step was to check the history of the aircraft (Boeing 737-900ER with registration PK-LGM) had experienced a hard landing three times. The manufacturer again recommended that the vent stringer-12 located on the main tank-2^[5] be checked for leaks using borescope and a 12 cm long crack was found. The results of the initial identification found that there was a fuel leak on the Main Tank-2. An effective solution to repair the leak is to replace the damaged vent stringer-12 unit with a new unit, the method is to install a new part by connecting a double strap butt joint.

Keywords: *Fuel Tank, Vent Stringer-12, Crack*

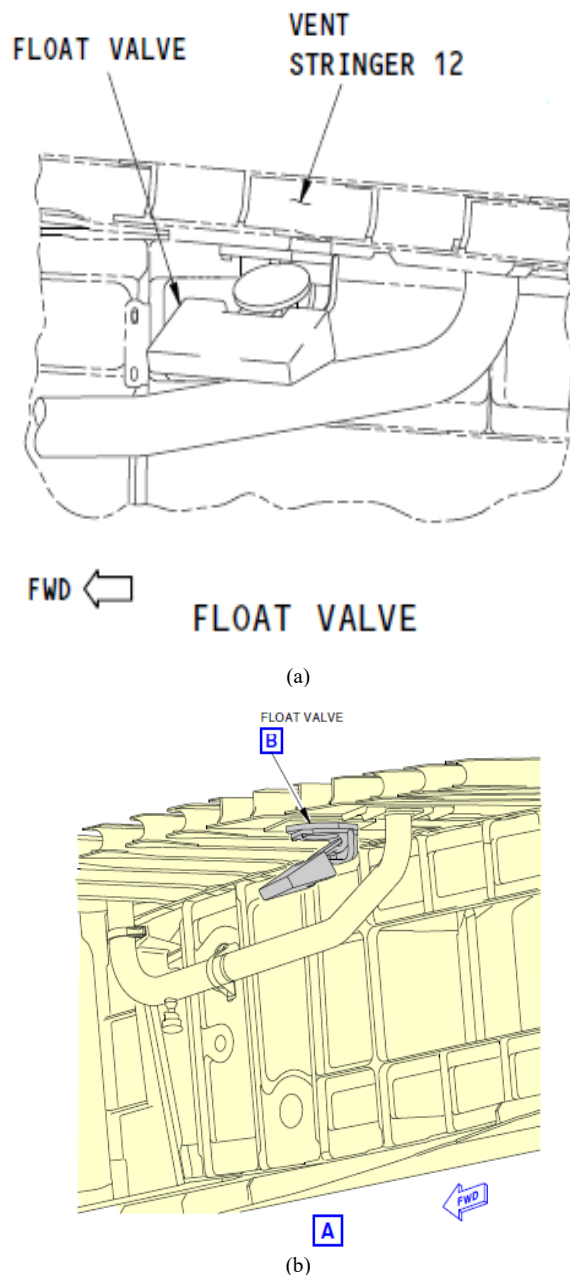
1. Pendahuluan

Boeing 737-900ER salah satu pesawat komersial yang digunakan secara luas di seluruh dunia. Salah satu komponen utama dari pesawat ini adalah *fuel tank* yang dapat dilihat pada Gambar 1, berfungsi menyimpan bahan bakar yang diperlukan untuk penerbangan. *Fuel tank* pada pesawat Boeing 737-800/900ER dibagi menjadi 3, *main tank*, *center tank*, dan *surge tank*. Bahan bakar pada pesawat disimpan pada *main tank-1* terletak di bagian sayap kiri, *main tank-2* di sayap kanan, dan *center tank* yang berada di badan pesawat. *Surge tank* yang terdapat pada bagian luar setiap tangki utama menampung limpahan bahan bakar dan bahan bakar dari sistem ventilasi. Bahan bakar di *surge tank* akan mengalir ke *center tank* ketika pesawat berada pada kecepatan konstan dan *cruise pitch angle*. Jika bahan bakar cukup tinggi di dalam *surge tank*, bahan bakar akan mengalir keluar dari lubang ventilasi. *Main tank* terbuat dari material yang sangat tahan terhadap korosi dan kuat secara struktural, seperti aluminium, baja tahan karat, atau material komposit. Desain *main tank* dirancang dengan cermat untuk memastikan kekuatan struktur dan mengakomodasi beban bahan bakar serta beban struktural lain yang terjadi selama penerbangan. Ini mencakup desain dinding *tank*, bagian atas dan bawah *tank*, serta sistem penyangga dan penguat seperti *stringers*, *ribs*, dan *bulkheads*^[1].



Gambar 1. *Fuel Tank* pada Pesawat Boeing 737-600/700/800/900 ^[1]

Salah satu komponen penting dalam *fuel tank* adalah *vent stringer-12*, seperti pada Gambar 2(a), *vent stringer-12* memiliki fungsi khusus dalam sistem ventilasi atau sirkulasi udara di sekitar *main tank* pesawat. Fungsi utama yaitu untuk memastikan tekanan udara yang seimbang di dalam *main tank* untuk mencegah pembentukan vakum atau tekanan berlebih yang dapat mempengaruhi kinerja sistem bahan bakar. *Float valve* yang terlihat seperti pada Gambar 2(b), berada di sisi kanan tangki tengah. Katup ini akan menutup ketika tangki tengah penuh dengan bahan bakar. Katup ini terbuka untuk memastikan bahwa *NEA* (*Nitrogen Enriched Air*) berada dalam spesifikasi ketika ada volume udara di *center tank*. *Float valve* terpasang pada *Vent Stringer* nomor 12. Akses ke *main tank* melalui bagian tengah pintu akses tangki di sayap kanan^[2].

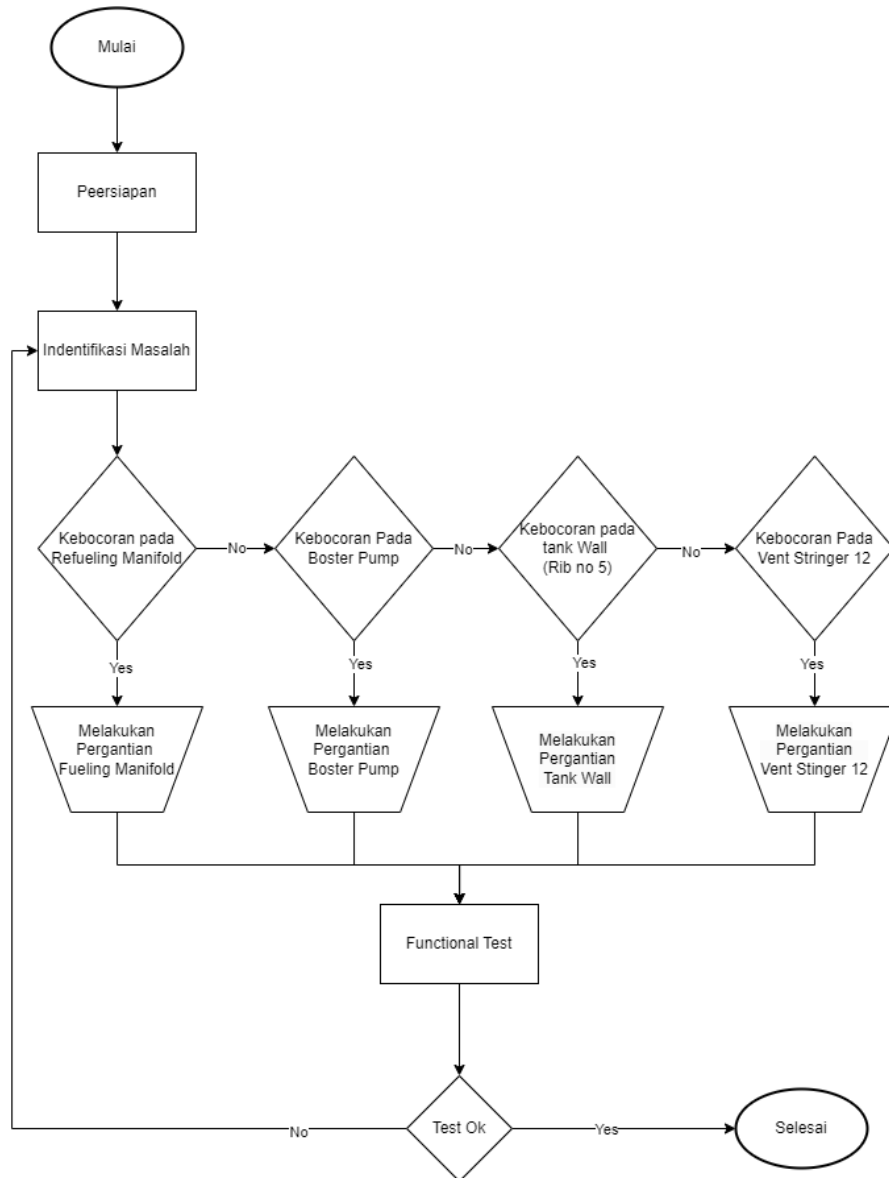


Gambar 2: (a)Vent Stringer 12^[2] (b)Float Valve^[3] pada Pesawat Boeing 737-600/700/800/900

Crack merupakan patahan terhadap material yang biasanya ditunjukkan dengan garis membentang atau memotong permukaan material akibat *stress* yang berlebih pada titik tertentu. Pada saat melakukan perawatan pesawat di Hanggar Batam Aero Technic ditemukan *imbalance fuel indication* di *primary flight display* dari *Main Tank* kanan ke *Center Tank* setelah proses pengisian bahan bakar. *Imbalance fuel indication* merupakan suatu masalah yang tidak boleh terjadi pada pesawat terbang^[8]. Tampilan pesan *IMBAL (imbalance)* akan muncul jika terdapat perbedaan 1.000 lb (453 kg) antara *main tank-1* dan *main tank-2*. Pesan akan hilang ketika perbedaan antara tangki adalah 200 lb (90 kg) atau kurang^[8]. Batasan masalah yang diambil adalah terjadinya *crack* pada *vent stringer-12* di *main tank-2* pesawat Boeing 737-900ER. Tujuan dari studi kasus ini adalah untuk menemukan akar penyebab terjadinya *crack* pada *vent stringer-12* di *main tank-2* dan cara memperbaikinya agar *main tank-2* dapat beroperasi dengan baik sesuai *type design manufacture*. Data didapatkan dengan menggunakan metode observasi langsung dan *Tracing Aircraft Manual* berdasarkan *Training Manual Book*, *Aircraft Maintenance Manual (AMM)*, *Service Recommendation (SR)*, *Fault Isolation Manual (FIM)* dan *Structure Repair Manual (SRM)*.

2. Metodologi Penelitian

Gambar 3 merupakan langkah-langkah dalam menyelesaikan tugas akhir yang disajikan dalam bentuk flowchart.



Gambar 3. Flowchart Penelitian

2.1 Persiapan

Melakukan persiapan dengan menyuplai elektrik menggunakan APU (*Auxiliary Power Unit*) atau GPU (*Ground Power Unit*) untuk melakukan *daily check*.

2.2 Identifikasi masalah

Identifikasi masalah ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data. Data ini didapatkan dari manual yang dikeluarkan oleh manufaktur seperti *Fault Isolation Manual* (FIM) yang berkaitan dengan *Fuel* dan *Inert Gas System* serta data-data referensi yang digunakan untuk mengetahui penyebab dan cara memperbaiki kerusakan tersebut. Seperti memeriksa kebocoran pada *fueling manifold*, *booster pump*, *tank wall* (*Rib 5*) dan kemungkinan tersebut tidak ditemukan kebocoran atau kerusakan, setelah itu pihak produksi bekerja sama dengan tim *engineering* untuk berkonsultasi kepada pihak manufaktur mengenai masalah tersebut, yang mendapatkan respon untuk memeriksa

riwayat *hard landing* pada pesawat Boeing 737-900ER dengan registrasi PK-LGM, setelah dilakukan pemeriksaan riwayat dari pesawat tersebut (Pesawat Boeing 737-900ER dengan registrasi PK-LGM) pernah mengalami *hard landing* sebanyak tiga kali dan pihak manufaktur memberikan rekomendasi kembali untuk memeriksa kebocoran pada *vent stringer-12* yang terletak pada *main tank-2*^[5]

2.3 Troubleshooting

Setelah Identifikasi masalah, tim produksi memeriksa kebocoran pada *vent stringer-12* yang terletak pada *main tank-2*^[5] dengan menggunakan *borescope* dan ditemukan *crack* sepanjang 12 cm. Selesai identifikasi masalah, maka dilakukan *action taken* seperti perbaikan komponen *vent stringer-12*, cara-cara tersebut didapatkan dari *Aircraft Maintenance Manual* (AMM), *Service Recommendation* dari manufaktur dan *Structure Repair Manual* (SRM).

2.4 Melakukan Functional Test

Melakukan *functional test* pada tangki bahan bakar pada pesawat (*main tank 2*) berdasarkan referensi dari *Aircraft Maintenance Manual*.

3. Analisa Data dan Pembahasan

Pada saat melakukan perawatan *daily check* ditemukan *imbalance fuel indication* di *primary flight display* pada *main tank-2* sebesar 1.80 lb seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Fuel imbalance in primary flight display

Menurut referensi pada *Aircraft Maintenance Manual ATA Chapter 28-41-00*, *imbalance fuel indication* suatu masalah yang tidak boleh terjadi pada pesawat terbang^[8], yang menyebabkan pesawat tidak laik terbang. Mengetahui pesan *IMBAL* pada *main tank-2* dilakukan *transfer fuel* untuk meyakinkan apakah benar terjadi kebocoran atau tidak pada *main tank-2* tersebut, setelah dilakukan *transfer fuel* dan ditunggu selama 12 jam, hasil dari pemeriksaan *main tank-2* ternyata *fuel tank* tersebut mengalami kebocoran dan *Action* yang dilakukan untuk mengetahui kebocoran tersebut dengan cara melakukan *tracing manual* menggunakan FIM, berdasarkan FIM tersebut harus dilakukan beberapa inspeksi pada area *main tank-2*. *Possible cause* dan hasil didapatkan sebagaimana yang tersaji pada Tabel 1^[4].

Tabel 1. Possible Cause kebocoran pada main tank And Results

No	Possible Cause	Results
1.	<i>Unwanted particles (debris) in the fuel tank</i>	<i>No found particles (debris)</i>
2.	<i>Leakage in one of the boost pumps</i>	<i>No found leak</i>
3.	<i>Leakage in the engine fuel-feed manifold</i>	<i>No found leak</i>
4.	<i>Leakage in the fueling manifold</i>	<i>No found leak</i>
5.	<i>Leakage in the tank wall (Rib No. 5)</i>	<i>No found leak</i>

Dengan melakukan identifikasi *possible cause* seperti Tabel 1 diatas tidak ditemukan adanya kebocoran atau kerusakan pada komponen yang terdapat pada FIM. Setelah itu dilakukan *visual inspection* secara menyeluruh untuk mengetahui sumber kebocoran di area *center tank* dengan cara memindahkan *fuel* yang ada di *center tank* ke *main tank*, setelah *fuel* dipindahkan kemudian membuka *center tank* panel^[5] dan terlihat kebocoran pada *floating valve* seperti terlihat pada Gambar 5.



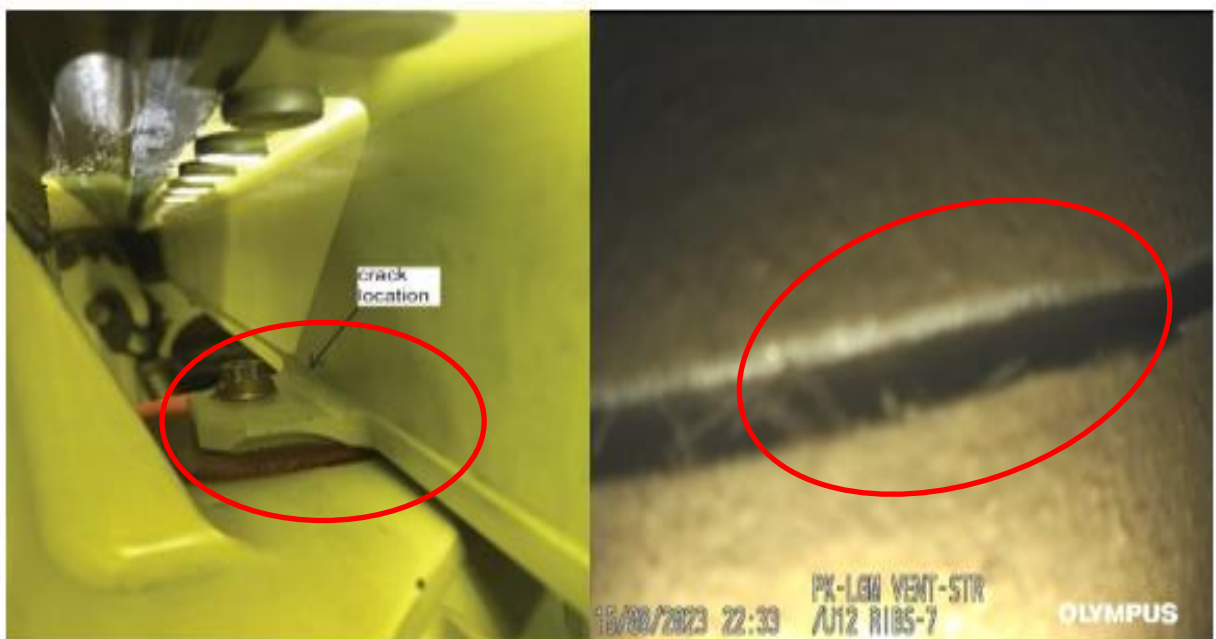
Gambar 5. Kebocoran pada Floating Valve

Floating valve ini terbuka untuk memastikan bahwa *NEA (Nitrogen Enriched Air)* berada dalam spesifikasi ketika ada volume udara di *center tank*, dan *floating valve* juga bukan merupakan jalur aliran *fuel*. Setelah mengetahui *fuel* yang keluar dari area *floating valve* dilakukan *visual inspection* pada jalur *floating valve* tersebut dengan cara memindahkan semua *fuel* ke *center tank* dan membuka semua *main tank-2 panel*^[5] kemudian memeriksa jalur *floating valve* tersebut yaitu *vent stringer-12*. Berdasarkan *visual inspection* ternyata tidak ditemukan adanya *damage* yang menyebabkan adanya kebocoran pada jalur tersebut, lalu *action* yang dilakukan untuk meminimalisir kebocoran tersebut adalah melakukan proses *resealant* kembali di bagian *vent stringer-12*. Setelah dilakukan tes kembali dengan cara memindahkan *fuel* ke *main tank* ternyata *floating valve* tersebut masih mengalami kebocoran. Langkah selanjutnya tim produksi melakukan koordinasi dengan tim *engineering* untuk melaporkan kejadian tersebut kepada manufaktur agar dapat dilakukan kajian lebih dalam, dikarenakan hal ini tidak pernah terjadi sebelumnya dan tidak ada di dalam FIM. Respon yang didapatkan dari manufaktur berupa *service recommendation* yang berisi tentang *history* pada pesawat apakah pernah mengalami masalah-masalah yang tertera pada Tabel 2, hasil pemeriksaan pesawat Lion Air dengan registrasi PK-LGM, pesawat pernah mengalami *hard landing* sebanyak 3 kali, yang dapat dilihat pada Tabel 2^[6].

Table 2. Service Recommendation dari manufaktur

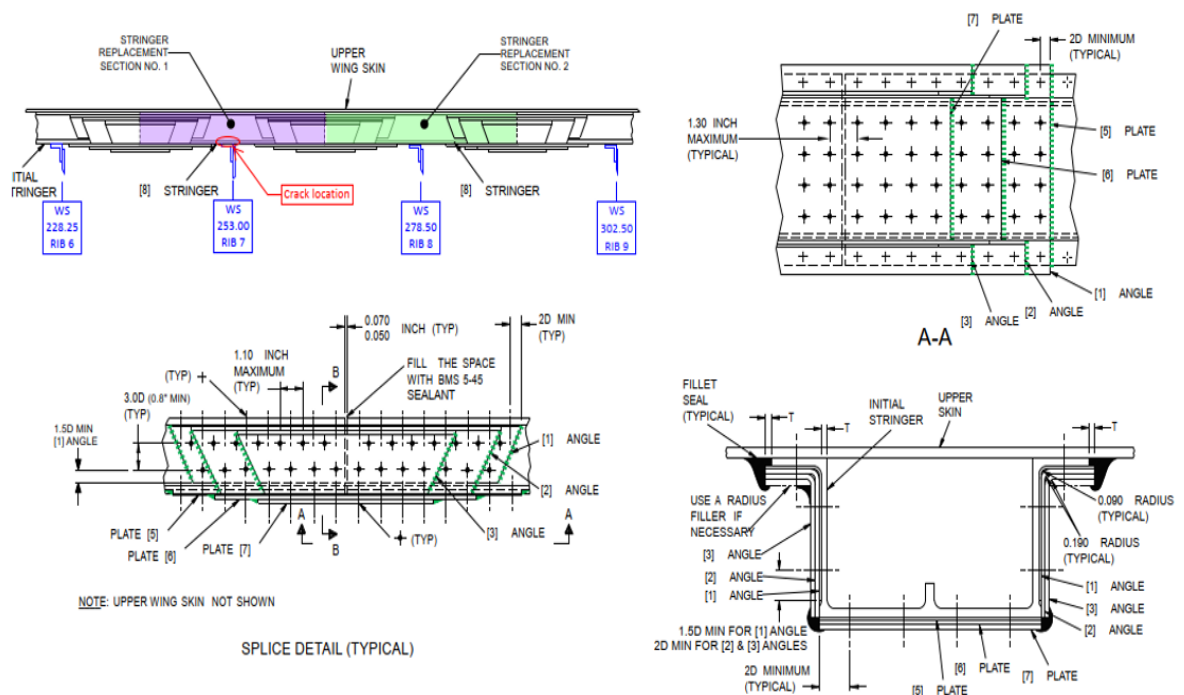
Troubleshoot	Answer
Confirm the phrase, "when the quantity dropped to approx. 1700 kg", refers to the main tank 2 quantity.	MLI confirms the main tank 2 quantity is 1774 kg refer to ref/A/
Confirm right-hand rib 5 was examined per FIM 28-21 Task 813 step D.(5).	MLI confirmed the fuel tank sealant on rib no. 5 was in good condition and had no found damage discrepancy
Confirm if there has been a recent hard landing.	MLI confirm last time hard landing with dates, 13 March 2021 (1.79 G), 14 April 2021, (1.80 G), and 13 October 2021 (2.11 G)

Hard landing dapat menyebabkan ketidaknyamanan pada penumpang (insiden) dan kerusakan pada pesawat (kecelakaan). Berdasarkan Tabel 2 pesawat Boeing 737-800/900ER dengan registrasi PK-LGM mengalami tiga kali *hard landing*. *Hard landing* yang terjadi pada tanggal 13 Oktober 2021 berdampak besar sehingga tim dari manufaktur merekomendasikan untuk melakukan *Detail Visual Inspection* pada *vent stringer-12* di rib no. 5 sampai dengan rib no. 8 dengan menggunakan *borescope* dan hasil dari inspeksi tersebut ditemukan *crack* pada *vent stringer-12* di rib no. 7 sebesar 12 cm seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Crack pada Vent Stringer 12 di Rib no.7

Setelah ditemukan adanya keretakan yang terletak di *Upper Vent Stringer-12* dan *Rib 7 R/H Wing* PK-LGM. Kerusakan tersebut dilaporkan ke manufaktur dan sesuai dengan permintaan manufaktur, kerusakan diperbaiki oleh tim *repair* dengan referensi B737-900ER SRM 57-20-03 Rev. 50, dengan Perbaikan Pesan Boeing MLI-MLI-23-0334-06R1(3 bay vent stringer splice) dengan contoh visualisasi yang dapat dilihat pada Gambar 7^[7], metode yang dilakukan merupakan pemasangan part baru dengan penyambungan *double strap butt joint*. Metode ini memerlukan suatu part tersendiri (*strap*) untuk menggabungkan kedua ujung part yang terpisah. Petunjuk untuk melaksanakan repair sudah tercantum dalam *Structure Repair Manual* (SRM). Untuk melihat penerapan *doubler* pada struktur *Vent Stringer-12* yang retak perlu dilakukan analisis untuk memastikan struktur tersebut aman sekaligus untuk mengetahui tingkat kekerasan *doubler* terhadap kekuatan struktur *repair* tersebut.



Gambar 7(a). Standard Sketch for 3-bay Vent Stringer Splice

Tahapan selanjutnya melakukan perbaikan berdasarkan referensi Gambar 8, merupakan visualisasi dari hasil perbaikan berdasar pada referensi manufaktur melalui tim repair menggunakan referensi dari yaitu dengan manual B737-900ER SRM 57-20-03 Rev. 50^[7].



Gambar 8. Hasil Repair pada Vent Stinger-12

Kemudian melakukan pengujian dengan cara mengisi *fuel* pada *main tank*, yang ditunggu selama 12 jam dan menunjukkan ada pengurangan pada *fuel tank* yang bisa dilihat di *primary flight display*, hasil dari melakukan perbaikan *vent stringer-12* pada *rib-7* dan melakukan aktivitas *functional test* di atas menunjukkan bahwa *main tank-2* tidak mengalami kebocoran dan dapat beroperasi kembali normal yang dapat dilihat tidak adanya pesan *IMBAL* pada Gambar 9.



Gambar 9. Primary Flight Display

4. Kesimpulan

Dalam studi kasus ini ditemukan kebocoran pada *main tank-2* setelah di cek pada *primary flight display* memang benar adanya pesan *IMBAL* pada *main tank-2* sebesar 1.80 lb. Hasil dari *troubleshoot* berdasarkan FIM tidak ditemukan kebocoran atau kerusakan pada komponen tersebut, kemudian dilakukan pengecekan secara langsung di *center tank* ditemukan kebocoran pada area *floating valve* yang mana komponen tersebut bukanlah area jalur *fuel*. Berdasarkan *rectification service recommendation* dari manufaktur ditemukan kebocoran pada *vent stringer-12* di *main tank-2*. Kebocoran pada pesawat Boeing 737-800/900ER dengan registrasi PK-LGM karena pesawat pernah mengalami tiga kali *hard landing* pada tanggal 13 Maret 2021, 14 April 2021, dan 13 Oktober 2021. *Hard landing* yang terjadi pada tanggal 13 Oktober 2021 berdampak sangat besar sehingga dapat mengakibatkan *crack* pada *vent stringer-12* sepanjang 12 cm yang mengakibatkan kebocoran pada *main tank-2* sehingga pesan *Imbalance* muncul di PFD pada pesawat yang tidak boleh terjadi pada pesawat karena pesawat menjadi tidak laik terbang. *Maintenance action* yang efektif adalah memperbaiki *vent stringer-12* rusak dengan yang baru. Setelah dilakukan perbaikan pada *vent stringer-12*, metode yang dilakukan merupakan pemasangan part baru dengan penyambungan *double strap butt joint*. *Main tank-2* tidak lagi mengalami kebocoran seperti sebelumnya dan tidak terdapat pesan *IMBAL* pada *primary flight display* dengan begitu pesawat dapat beroperasi kembali dengan normal.

5. Daftar Pustaka

- [1] Boeing 737-6/7/8/900ER Aircraft Maintenance Manual (AMM) SDS ATA Chapter 28-10-00 FUEL STORAGE - GENERAL DESCRIPTION
- [2] Boeing 737-6/7/8/900ER Aircraft Maintenance Manual (AMM) SDS ATA Chapter 47-20-00 NEADS - GENERAL DESCRIPTION
- [3] Boeing 737-6/7/8/900ER Aircraft Maintenance Manual (AMM) PP ATA Chapter 47-21-02 FLOAT VALVE - REMOVAL/INSTALLATION

- [4] Boeing 737-6/7/8/900ER *Fault Isolation Manual (FIM) ATA Chapter 28-21 TASKS 812-813 Unwanted Fuel Transfer from the No. 2 Tank to the Center Tank - Fault Isolation*
- [5] Boeing 737-6/7/8/900ER *Aircraft Maintenance Manual (AMM) PP ATA Chapter TASK 28-11-31-000-8012. Center Tank Access Door Removal*
- [6] Boeing Company “*Service Recommendation (SR 4-5881910978) Boeing 737-900ER*”
- [7] *Boeing Repair Sketch R0 MLI-MLI-23-0334*
- [8] Boeing 737-6/7/8/900ER *Aircraft Maintenance Manual (AMM) SDS ATA Chapter 28-41-00 FUEL INDICATING – FUEL QUANTITY INDICATING*