

ASSEMBLY COALESCER BAG WATER SEPARATOR DALAM AIR CONDITIONING SYSTEM PADA PESAWAT BOEING 737-300

Noviana Utami C.S.¹⁾, Gunawan Alimudin²⁾

^{1,2)} Program Studi DIII Aeronautika, STTKD, Yogyakarta

¹⁾noviana.utami@gmail.com

Abstrak

Pesawat terbang merupakan salah satu sarana transportasi yang cukup berkembang dewasa ini. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya jumlah konsumen. Seiring sejalan dengan meningkatnya jumlah penumpang, maka semakin meningkat pula kebutuhan konsumen akan pelayanan prima dari maskapai penerbangan. Salah satu bentuk pelayanan prima dari maskapai penerbangan adalah kelayakan dan kenyamanan pesawat terbang sebelum digunakan, misalnya air conditioning system yang berfungsi dengan baik. Air conditioning system pada pesawat terbang jika telah lama digunakan dapat mengalami kerusakan, seperti kemungkinan terjadinya block pada water separator. Water separator merupakan komponen di dalam air conditioning system yang berfungsi untuk menghilangkan cairan (uap air) yang masuk dari uap air jenuh.

Penelitian ini bertujuan untuk 1). mempelajari cara kerja sensor water separator 35°F pada control system, 2). mempelajari sistem operasional water separator, dan 3). mempelajari cara assembly coalescer bag water separator dalam air conditioning system pada pesawat Boeing 737-300.

Hasil penelitian ini adalah 1). cara kerja sensor water separator 35°F pada control system akan berjalan baik jika suhu yang masuk ke dalam sensor water separator 35°F terdeteksi di bawah suhu normal (<2-3°C) dan di atas suhu normal (>2-3°C). Kemudian hasil yang 2). sistem operasional dari water separator pada air conditioning system berjalan pada saat aliran udara panas yang berasal dari engine atau auxiliary power unit (APU) masuk melalui pack valve dan kemudian masuk ke dalam primary heat exchanger. Dalam primary heat exchanger, suhu diturunkan kemudian masuk ke kompresor air cycle machines (ACM) dan secondary heat exchanger. Selanjutnya dalam secondary heat exchanger suhu didinginkan melalui air cycle machines (ACM) turbin dan menuju ke water separator. 3). Cara assembly coalescer bag pada water separator dalam air conditioning system meliputi 3 tahapan utama, yaitu pelepasan, pemasangan, dan pengecekan coalescer bag.

Kata kunci: *Air Conditioning System, Water Separator, Sensor Water Separator 35°F, dan Coalescer Bag.*

Pendahuluan

Pesawat terbang merupakan salah satu sarana transportasi yang cukup berkembang dewasa ini. Hal ini ditunjukkan dengan semakin meningkatnya jumlah konsumen. Seiring sejalan dengan meningkatnya jumlah konsumen, maka semakin meningkat juga kebutuhan konsumen untuk mendapatkan pelayanan prima dari maskapai penerbangan. Salah satu bentuk pelayanan prima dari maskapai penerbangan dapat dilihat dari kelayakan dan kenyamanan pesawat terbang tersebut sebelum digunakan, misalnya sistem pengkondisian udara (*air conditioning system*) yang berfungsi dengan baik.

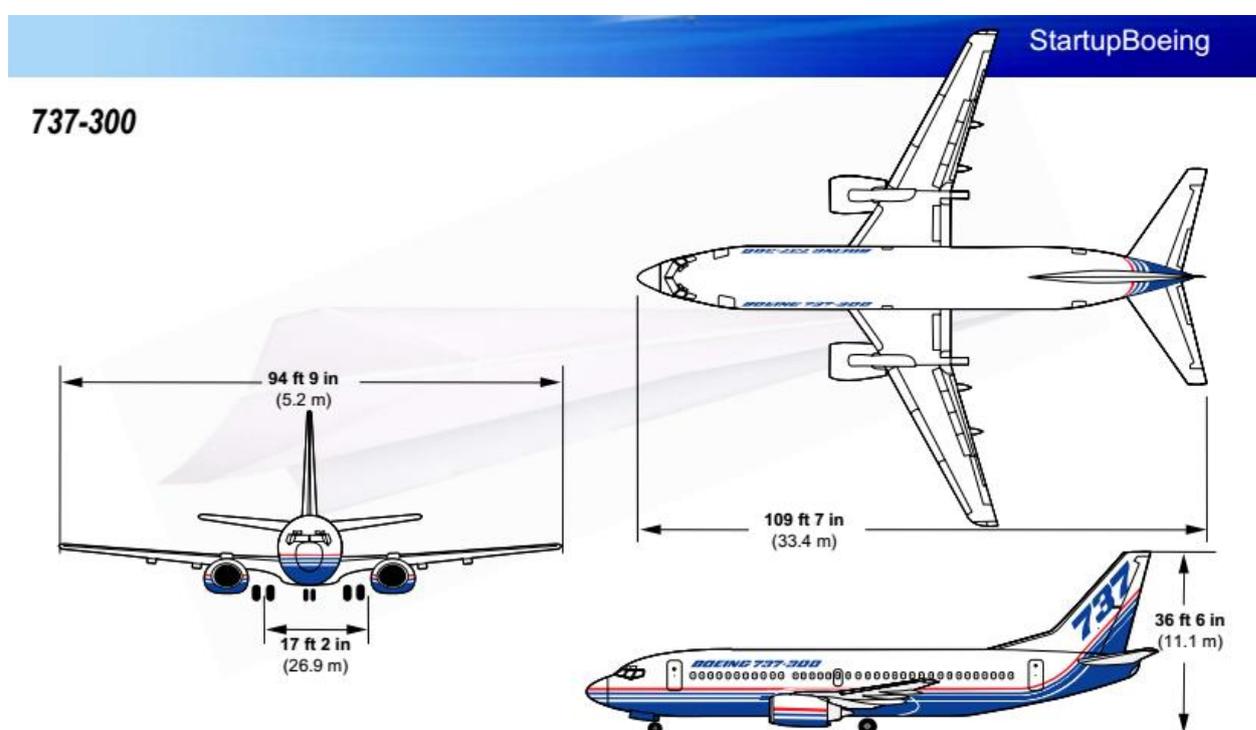
Menurut Novtian [4], Sistem pengkondisian udara atau *Air Conditioning* (AC) adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mendinginkan udara sehingga dapat dicapai suhu dan kelembaban sesuai dengan yang dipersyaratkan atau tempat tertentu. Selain itu sistem pengkondisian udara juga berfungsi untuk mengatur aliran udara dan kebersihannya atau proses mendinginkan dan atau memanaskan udara, sehingga dapat mengatur suhu dan kelembaban sesuai dengan persyaratan yang ada.

Suatu sistem di dalam pesawat terbang jika telah lama digunakan dapat mengalami kerusakan sehingga perlu dilakukan perawatan. Salah satu bentuk kerusakan pada sistem pengkondisian udara, yaitu kemungkinan terjadinya *block* pada *water separator* yang menyebabkan aliran udara tidak dapat

mengalir ke *cabin*, *avonic compartment*, *cockpit*, dan lain-lain dengan optimal. Sistem pengkondisian udara menyediakan udara dingin seperti ke *passenger cabin*, *cockpit*, dan lain-lain [2].

Bersumber dari media elektronik *Tempo.co Manado* [9], adanya penundaan penerbangan hingga satu jam menyebabkan ratusan penumpang Lion Air rute Manado-Jakarta dengan nomor penerbangan JT 755 pada Senin tanggal 30 September 2013, hampir kehabisan nafas di dalam pesawat yang ditumpangi pada pukul 11.00 WITA. Pada saat terjadi penundaan keberangkatan tersebut seluruh penumpang di kunci dalam pesawat yang tidak ber-AC, sedang para awak pesawat (pilot dan pramugari) menyelamatkan diri dengan mengunci diri di ruangan kokpit pada saat penumpang mulai panik. Hal ini menunjukkan bahwa peran sistem pengkondisian udara dalam suatu sistem pesawat terbang itu sangat penting.

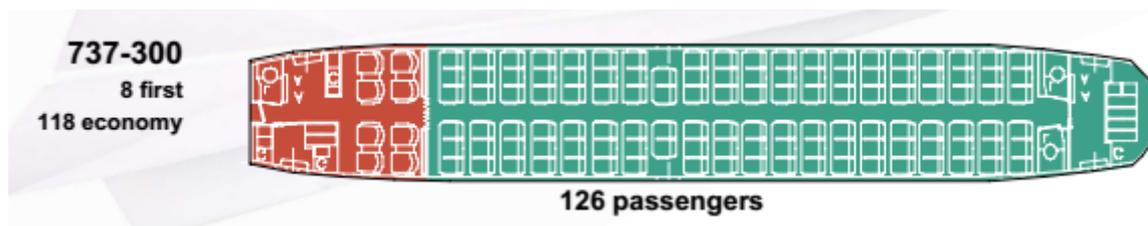
Pesawat terbang yang dipelajari dalam penelitian ini adalah pesawat Boeing seri 737-300 yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. di bawah ini.



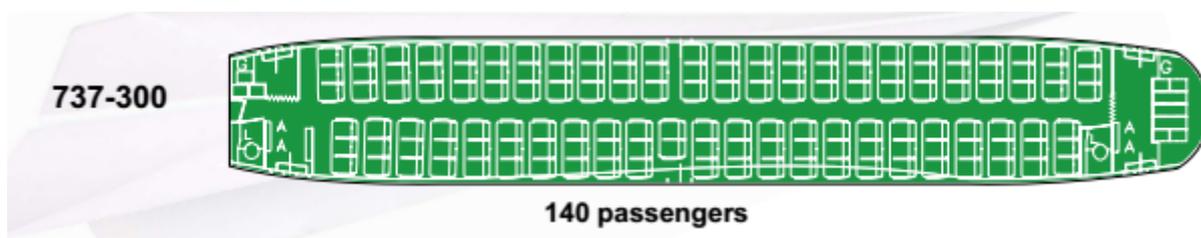
Gambar 1. Pesawat Boeing Seri 737-300 [6]

Pesawat Boeing seri 737-300 merupakan generasi kedua dari keluarga pesawat Boeing 737 dengan panjang 33,4 m seperti ditunjukkan pada **Gambar 1** di atas. Dua bagian dari badan pesawat Boeing seri 737-200 ditambahkan ke dalam seri 737-300, yaitu 44 in pada bagian depan sayap dan 60 in pada bagian sayap belakang, selain itu rentang sayap dan *stabilizer* juga ditingkatkan. Seri 737-300 menggabungkan teknologi aerodinamik dan mesin yang baru untuk meningkatkan jumlah muatan dan jangkauan. Seri 737-300 terdiri dari 2 kelas (yang ditunjukkan pada **Gambar 2.**), yaitu *Two class* dengan 126 penumpang dan *First class* dengan 140-149 penumpang [6,7].

Two Class



First Class

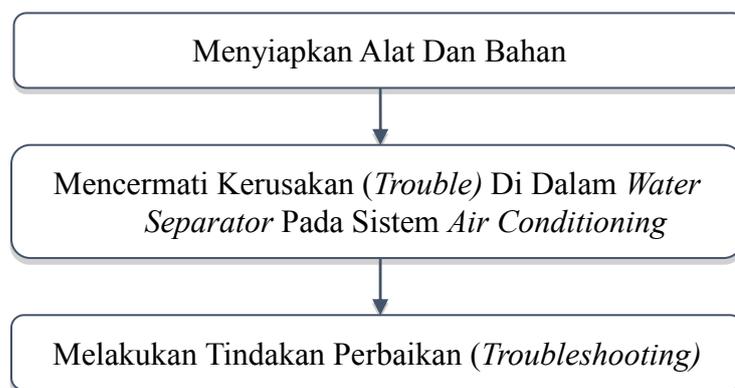


Gambar 2. Jumlah Penumpang Pesawat Boeing seri 737-300 [6]

Penelitian ini fokus pada 3 pokok bahasan, yaitu: 1). cara kerja sensor *water separator* 35°F pada *control system*, 2). sistem operasional *water separator*, dan 3). cara *assembly coalescer bag water separator* dalam *air conditioning system* pada pesawat Boeing 737-300.

Dengan demikian penelitian ini bertujuan untuk 1). mempelajari cara kerja sensor *water separator* 35°F pada *control system*, 2). mempelajari sistem operasional *water separator*, dan 3). mempelajari cara *assembly coalescer bag water separator* dalam *air conditioning system* pada pesawat Boeing 737-300.

Metodologi dalam penelitian ini tersaji pada **Gambar 3.** berikut ini:

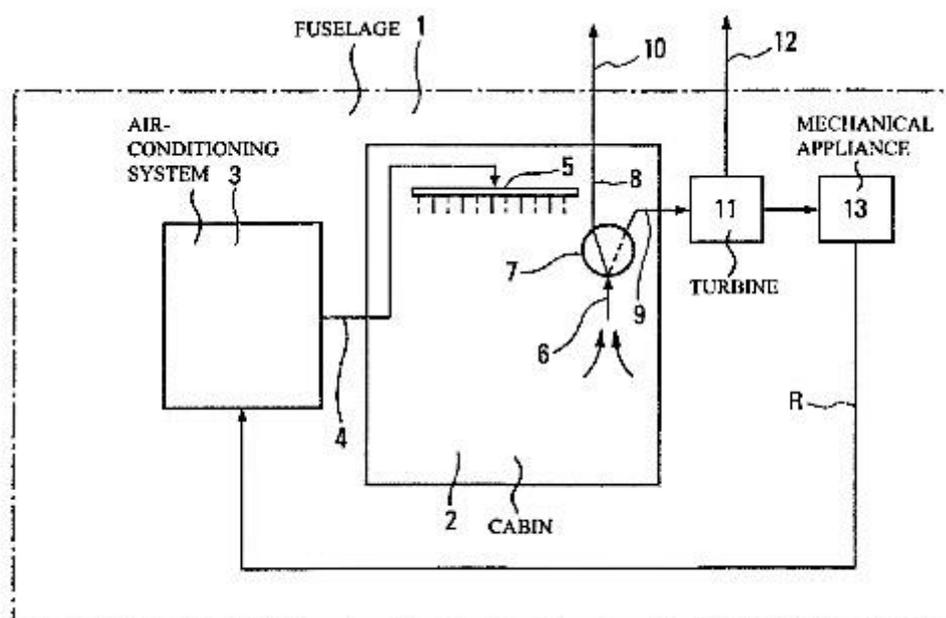


Gambar 3. Langkah-Langkah Penelitian

Tinjauan Pustaka dan Pengembangan Hipotesis

Air Conditioning System

Sistem pengkondisian udara (*air conditioning system*) pada pesawat terbang dalam **Gambar 4.** di bawah ini berjalan dengan mengkompresi aliran udara yang masuk pada proses. Unit pendingin udara terhubung pada sumber udara yang masuk melalui aliran udara proses serta udara disesuaikan menjadi udara dingin dan aliran udara yang telah proses dialirkan ke unit pendingin udara kembali sehingga menghasilkan udara dingin. Pengkondisian udara yang dihasilkan dari unit pengkondisian udara biasanya berkisar pada suhu -20°C dan dengan tekanan 1 bar [3].



Gambar 4. Diagram Blok Perangkat *Air Conditioning* Pada Pesawat Terbang [2]

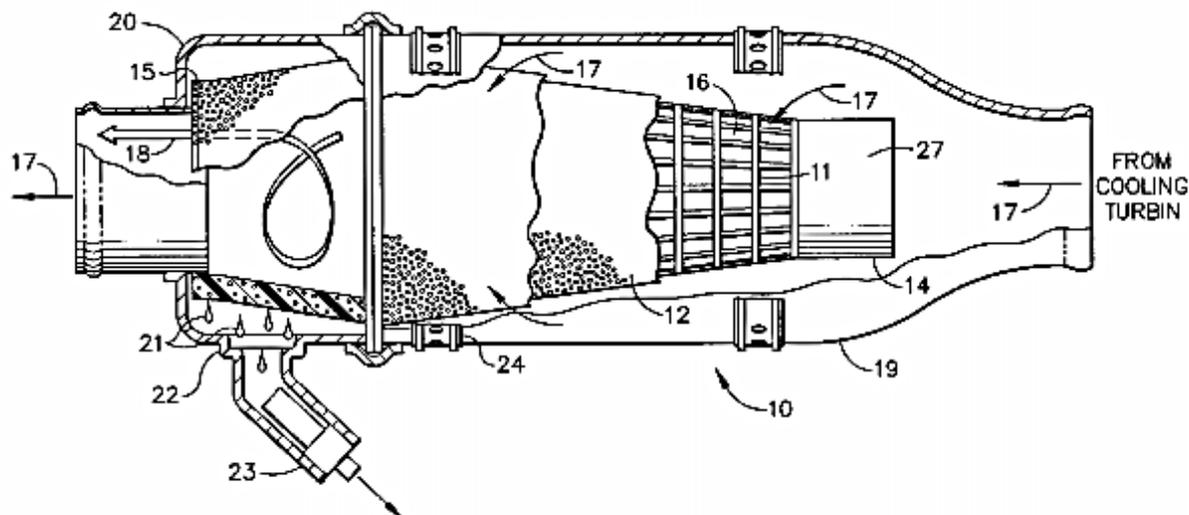
Berikut ini tersaji keterangan untuk **Gambar 4.** di atas adalah:

- | | |
|--|---|
| 1. Badan Pesawat Terbang (<i>Fuselage</i>); | 8. Saluran Keluar Dari <i>Fuselage</i> (<i>Outlet</i>); |
| 2. <i>Cabin</i> ; | 9. Saluran Keluar Dari <i>Fuselage</i> Yang Dihubungkan Melalui Turbin (<i>Outlet</i>); |
| 3. <i>Air Conditioning System</i> (<i>ACS</i>); | 10. Saluran Keluar (<i>Duct</i>); |
| 4. Saluran penghubung <i>ACS</i> ke Distribusi <i>ACS</i> (<i>Outlet</i>); | 11. <i>Turbine</i> ; |
| 5. Distribusi Sistem Pengkondisian Udara; | 12. Saluran Keluar Dari <i>Fuselage</i> (<i>Outlet</i>); |
| 6. Saluran Masuk (<i>Inlet</i>); | 13. Generator arus (<i>Mechanical Appliance</i>). |
| 7. Katup Pengerak; | |

Gambar 4. di atas menjelaskan bahwa energi yang dialirkan oleh turbin pada saluran (11) dan generator arus pada saluran (13) ditujukan ke sistem pengkondisian udara (3) yang dilambangkan dengan simbol R untuk mengoperasikan sistem pengkondisian udara. Udara hasil dari sistem pengkondisian udara (3) kemudian disalurkan pada saluran penghubung (4) ke saluran distribusi (5) dan selanjutnya didistribusikan ke *cabin* (2) [2].

Water Separator

Menurut Unger *et al.*, [5], *Water separator* (pemisah air) berfungsi untuk menghilangkan cairan (uap air) yang masuk dari uap air jenuh. Prinsip kerja dari *water separator* meliputi 3 tahapan, yaitu tahap pertama, pengumpulan tetesan air dalam *coalescer bag*. Kemudian tahap kedua, *centrifugal separation step* yang dilakukan dengan memutar tetesan air menjauh dari aliran udara menuju ke daerah pengumpul air atau tempat pemisah dan tahap ketiga, air dikeluarkan melalui ventilasi ke udara luar. Gambar tampilan samping dari *water separator* dan *filter* tersaji pada **Gambar 5.** berikut ini.



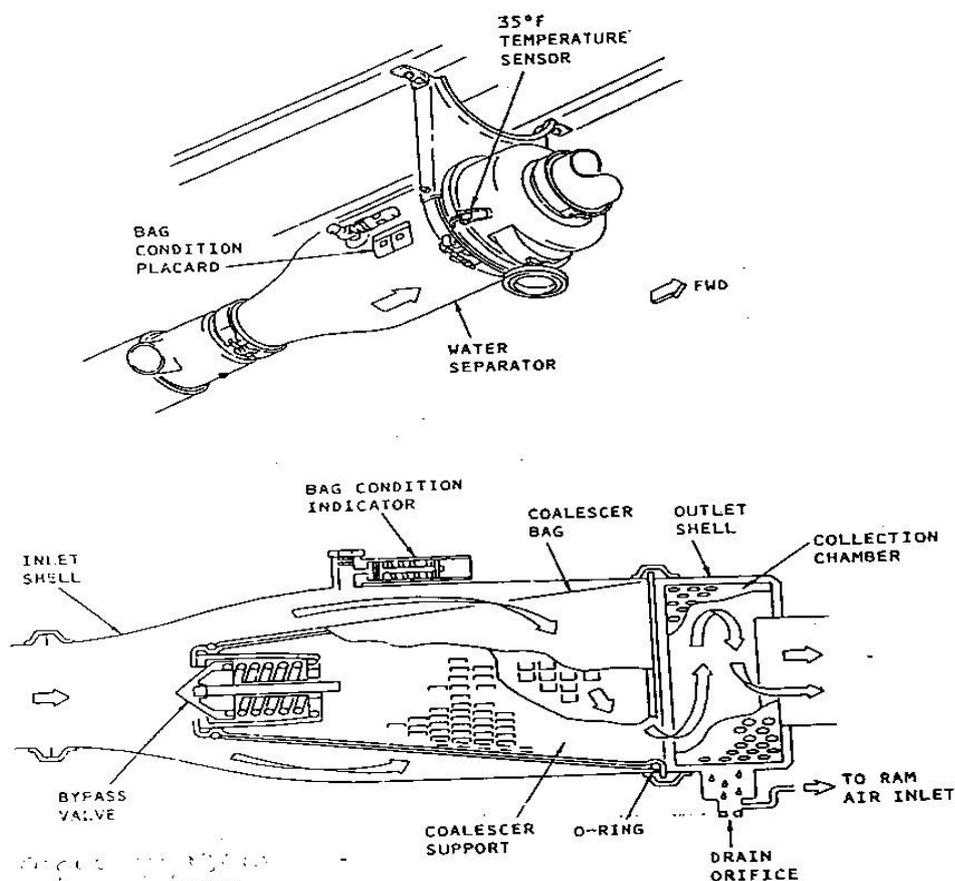
Gambar 5. Tampilan Samping dari *Water Separator* dan *Filter* [5]

Keterangan untuk **Gambar 5.** di atas adalah sebagai berikut:

- | | |
|--|-------------------------------|
| 10. <i>Filter</i> ; | 19. <i>Inlet Shell</i> ; |
| 11. <i>Frame of Filter</i> ; | 20. <i>Outler Shell</i> ; |
| 12. <i>Coalescer Bag/Coalesces Water</i> ; | 21. <i>Water Droplet</i> ; |
| 13. <i>Odor Removal Layer</i> ; | 22. <i>Sump</i> ; |
| 14. <i>Flow Though The Inlet</i> ; | 23. <i>Drain</i> ; |
| 15. <i>The Outlet</i> ; | 24. <i>A Clamp and Seal</i> ; |
| 16. <i>Air Slots</i> ; | 25. <i>Support Layer</i> ; |
| 17. <i>The Inlet Air</i> ; | 26. <i>Odor Molecules</i> ; |
| 18. <i>The Outler Air</i> ; | 27. <i>Relief valve</i> . |

Gambar 5. di atas menjelaskan bahwa aliran udara dari *cooling turbin* masuk dari saluran (17), di mana aliran udara yang masih kotor serta bau dari saluran (17) kemudian disaring oleh filter (11) dan sisa air yang masuk ditampung pada *coalescer bag/coalesces water* (12). Selanjutnya udara bersih dikeluarkan melalui saluran (18) dan sisa butiran-butiran air dikeluarkan melalui saluran (21). Bahan yang sesuai untuk *coalescer bag* pada umumnya, meliputi *sythetic fibers* atau *polyesters* seperti *Dacron* [5].

Water separator yang ditunjukkan oleh **Gambar 5 dan 6**. terdiri dari beberapa komponen di dalamnya, yaitu *inlet shell*, *bag indicator*, *coalescer bag*, *outlet shell*, *collector chamber*, *bypass valve*, *coalesce support*, *water spray extractor*, *o-ring* dan *drain orifice*.



Gambar 6. *Water Separator* pada Pesawat Terbang [1]

Setiap komponen di dalam *water separator* mempunyai fungsi yang saling mendukung satu sama lain. Fungsi dari setiap komponen dalam *water separator* tersebut adalah sebagai berikut:

- **Inlet Shell.** *Inlet shell* terletak di bagian depan dari *water separator* yang berfungsi sebagai jalur masuknya aliran udara yang berasal dari *air cycle machine* (ACM).
- **Bag Indicator.** *Bag indicator* berfungsi untuk menunjukkan kondisi dari *coalescer bag* sedang dalam kondisi baik atau memerlukan pengantian.
- **Coalescer Bag.** *Coalescer bag* merupakan kantung di dalam *water separator* yang berfungsi untuk memisahkan udara dengan air sebelum disalurkan ke *mixing manifold*. Jika telah lama beroperasi *coalescer bag* akan terkontaminasi dengan debu sehingga kotor dan dapat menyebabkan sumbatan (*block*). Adanya *block* ini menyebabkan aliran udara yang masuk ke *mix chamber* menjadi kecil dan mengandung air.
- **Outlet Shell.** *Outlet shell* merupakan bagian belakang dari *water separator* yang berfungsi sebagai saluran udara keluar menuju *mix chamber*.
- **Collector Chamber.** *Collector chamber* merupakan bagian belakang dari *water separator*.
- **Bypass Valve.** *Bypass valve* merupakan katup yang berfungsi sebagai *bypass* aliran udara jika *coalescer bag* tidak dapat menyaring udara lagi.

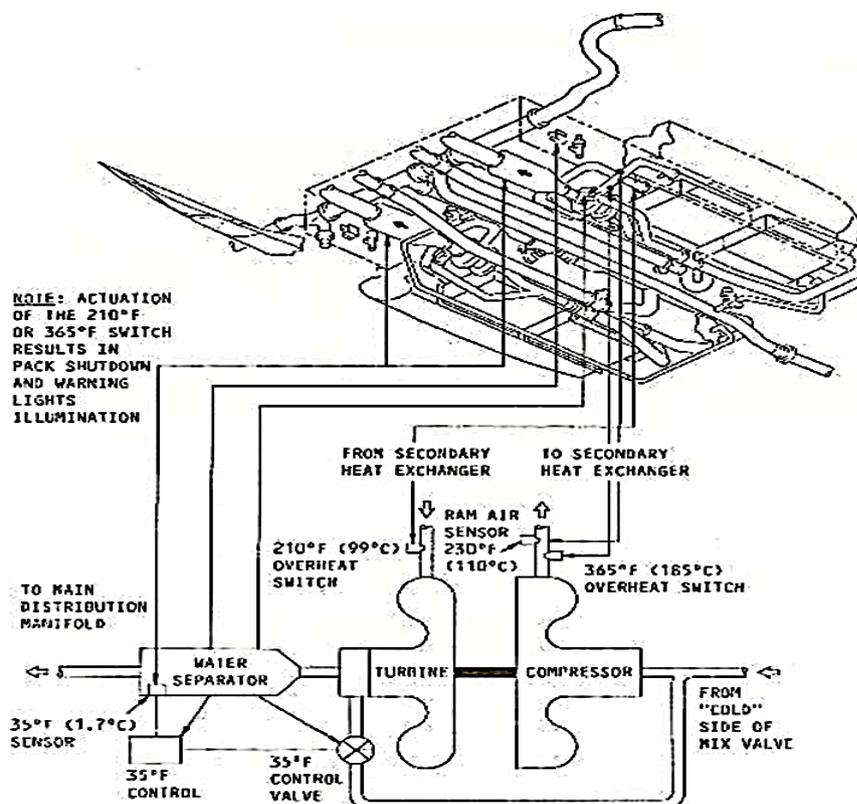
- **Coalescer Support.** *Coalescer support* merupakan tempat di mana *coalescer bag* diletakkan yang terbuat dari logam.
- **Water Spray Extractor.** *Water spray extractor* berfungsi untuk menyalurkan udara dingin menuju *ram air inlet* untuk membantu proses penurunan suhu di *heat exchanger*.
- **O-Ring.** *O-ring* merupakan *seal* yang terbuat dari karet sintesis untuk mencegah kebocoran udara yang masuk ke *water separator*.
- **Drain Orifice.** *Drain orifice* merupakan saluran pembuangan air [1].

Hasil dan Pembahasan

1. Cara Kerja Sensor *Water Separator* 35°F Pada *Control System*

Suhu normal di dalam *water separator* itu berkisar antara 34-36°F atau 2-3°C. Jika suhu yang masuk ke dalam *water separator* adalah suhu normal, maka *control system* tidak akan bekerja. Namun jika suhu yang masuk ke dalam *water separator* terdeteksi di bawah suhu 2°C ($< 2 - 3^{\circ}\text{C}$) misal: 1°C, maka sistem pemanas akan memberikan sinyal ke *control unit* dan dilanjutkan ke *control valve* sehingga *valve* terbuka. Selanjutnya jika suhu yang terdeteksi di atas suhu normal ($> 2 - 3^{\circ}\text{C}$), misal: 5°C, maka sistem pendingin akan memberikan sinyal ke *control unit* dan dilanjutkan ke *control valve* untuk menutup *valve*.

Sensor *water separator* 35°F pada *control system* yang ditunjukkan pada **Gambar 7**. akan bekerja jika suhu yang masuk ke dalam *water separator* kurang dari ($< 2 - 3^{\circ}\text{C}$) atau lebih dari ($> 2 - 3^{\circ}\text{C}$). Perubahan suhu ini akan mengubah tegangan yang pada akhirnya akan menggerakkan sensor. *Control unit* bertugas untuk menerjemahkan sinyal yang masuk atau diterima oleh sensor dan selanjutnya meneruskan ke *control valve* untuk proses buka tutup *valve*.



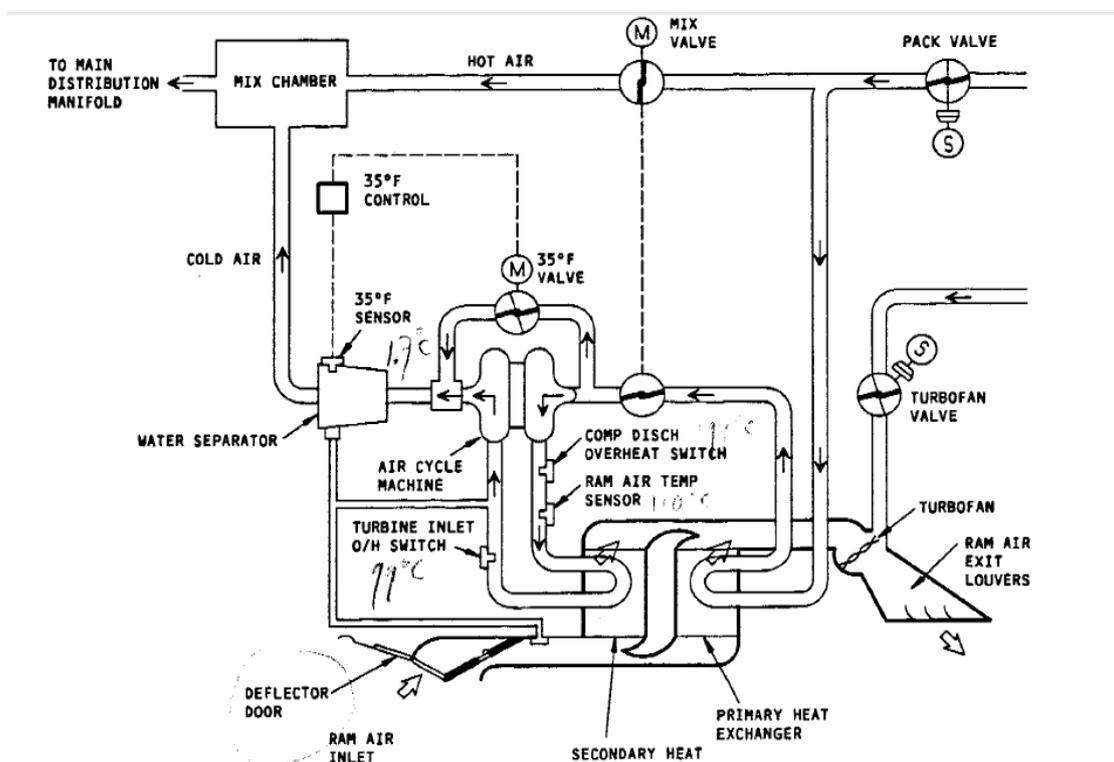
Gambar 7. 35°F System Interface [9]

2. Sistem Operasional *Water Separator* pada *Air Conditioning System* Pesawat Boeing 737-300

Sistem operasional *water separator* pada *air conditioning* tersaji pada **Gambar 8**. Berdasarkan pada **Gambar 8**, terlihat bahwa sistem operasional dari *water separator* melalui 3 komponen utama, yaitu *primary* dan *secondary heat exchanger* serta *air cycle machine* (ACM). Aliran udara yang masuk ke dalam *water separator* berasal dari *engine* (*engine bleed air* atau *auxiliary power unit* (APU) *bleed air*).

Menurut Klimpel *et al.*, [3], menjelaskan bahwa selama pesawat terbang beroperasi (*flight operation*), biasanya udara diperoleh dari *engine bleed* yang digunakan untuk mensuplai unit pengkondisian udara di dalam sistem pengkondisian udara hasil proses kompresi udara. Sedang pada saat pesawat terbang berada di darat (*ground operation*), udara diperoleh dari hasil proses kompresi udara *auxiliary power unit* (APU). Dalam unit pengkondisian udara, udara diproses dan dialirkan setidaknya melalui satu atau lebih *heat exchanger* melalui berbagai macam kompresi dan unit pelepasan menjadi udara dingin.

Proses aliran udara yang ditunjukkan oleh **Gambar 8**, di mulai dari *pack valve* yang terbuka, sehingga udara panas yang berasal dari *engine* masuk ke dalam *primary heat exchanger*. Dalam *primary heat exchanger* ini aliran udara panas diturunkan suhunya dengan memanfaatkan udara yang berasal dari atmosfer yang diperoleh dari *ram air inlet door* atau berasal dari putaran *turbon fan*. Proses pencampuran udara panas dari *engine* dengan udara dari atmosfer akan menyebabkan udara menjadi hangat. Kemudian udara masuk ke ACM dan setelah melewati ACM, maka aliran udara akan menuju ke *secondary heat exchanger* untuk menghilangkan udara panas hasil dari kompresi *air cycle machines* (ACM). Udara hasil dari *secondary heat exchanger* yang semakin dingin kemudian masuk menuju ACM *turbine* dan akhirnya dialirkan menuju *water separator*.



Gambar 8. Cooling Pack Air System Schematic [1]

Heat exchangers dalam unit pengkondisian udara menyediakan udara dingin melalui udara ambient yang masuk ke *heat exchangers* melalui *ram air channel*. Selama pesawat terbang beroperasi, ambient

udara dialirkan ke *ram air channel* untuk memberi perbedaan tekanan antara *ram air channel inlet* dan *ram air channel outlet*. Selama pesawat terbang di darat (*ground operation*), fan dioperasikan untuk menyediakan massa aliran udara ambien melalui *ram air channel*. Proses mengalirkan udara dingin pada unit pengkondisian udara berakhir di *mixing chamber*, di mana udara dicampur dengan udara yang mengalir dari bagian pesawat terbang untuk pengkondisian udara. Udara yang telah dicampur dari *mixing chamber* melalui aliran udara *mix* kemudian disuplai ke bagian pesawat terbang untuk pengkondisian udara, misalnya *passenger cabin* di mana mungkin suhu udaranya akan berbeda dengan udara yang dialirkan di *cargo compartment* [3].

3. Cara Assembly Coalescer Bag Water Separator pada Air Conditioning System

Cara *assembly coalescer bag water separator* meliputi 3 tahap, yaitu pelepasan, pemasangan dan pengecekan *coalescer bag*. Langkah-langkah dalam 3 tahap adalah sebagai berikut:

1. Pelepasan Coalescer Bag

Langkah-langkah pelepasan dari *coalescer bag* adalah sebagai berikut:

- a. Melepas *duck clamps* di ujung *inlet shell*;
- b. Melepas *clamps* yang menahan *inlet shell* yang menuju ke *collector chambers*;
- c. Melepas *support bracket clamp*;
- d. Mendorong *inlet shell* ke arah bawah keluar dari posisi terpasang;
- e. Mendorong *bag* dan *support bag* keluar dari *inlet shell*;
- f. Melepas *bag*.

2. Pemasangan Coalescer Bag

Langkah-langkah pemasangan dari *coalescer bag* adalah:

- a. Memasang *coalescer bag* pada *coalescer bag support*;
- b. Memasang *spring* di ujung *coalescer bag support*;
- c. Mengikat *coalescer bag* dengan tali *coalescer bag* ke bagian ujung bagian kecil *coalescer bag support*;
- d. Memasang *shell* ke *inlet shell*;
- e. Memasang *shell* ke *inlet shell*;
- f. Memasukkan *coalescer bag* ke dalam *inlet shell*.

3. Pengecekan Coalescer Bag

Langkah-langkah pengecekan setelah pemasangan *coalescer bag* adalah sebagai berikut:

- a. Menghidupkan *auxiliary power unit* (APU);
- b. *Pack valve* dalam posisi *open*;
- c. Mengatur *mix valve* pada posisi *full cold*;
- d. Mengamati *disk indicator bag*.

Kesimpulan

Cara kerja sensor *water separator* 35°F pada *control system* berjalan jika suhu yang masuk ke dalam sensor *water separator* terdeteksi di bawah suhu normal ($< 2 - 3^{\circ}\text{C}$) dan di atas suhu normal ($> 2 - 3^{\circ}\text{C}$) maka sistem pemanas akan memberikan sinyal ke *control unit* dan dilanjutkan ke *control valve* sehingga *valve* menjadi terbuka atau tertutup.

Sistem operasional dari *water separator* pada *air conditioning* berjalan saat aliran udara panas yang berasal dari *engine* atau *auxiliary power unit* (APU) masuk melalui *pack valve* kemudian masuk ke dalam *primary heat exchanger*. Setelah itu udara panas dalam *primary heat exchanger* diturunkan suhunya dan masuk ke *compresor ACM* dan *secondary heat exchanger*. Dalam *secondary heat exchanger* suhu yang telah dingin kemudian masuk ke *air cycle machines* (ACM) turbin dan akhirnya menuju ke *water separator*.

Cara *assembly coalescer bag water separator* pada *air conditioning* meliputi 3 tahapan, yaitu pelepasan, pemasangan, dan pengecekan *coalescer bag*.

Daftar Pustaka

- [1] *Aircraft Maintenance Manual Boeing 737-series ATA, Chapter 21*, 1902.
- [2] Barbara *et al.*, 2011, Aircraft Including An Air Conditioning System, *U.S. Pat. No. 7,866,604 B2*, Jan 11, 2011.
- [3] Klimple *et al.*, 2017, Aircraft Air Conditioning System And Method Of Operating An Aircraft Air Conditioning System, *U.S. Pat. No. 9,821,914 B2*, Nov 21, 2017.
- [4] Novtian W. S., Suyitno B. M., Hermawan R., 2017, Optimasi Sistem Pengkondisian Udara Pada Kereta Rel Listrik, *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, Vol. 06, No.4, Oktober 2017
- [5] Unger *et al.*, 2001, Combined Water Coalescer Odor Removal Filter For Use In Water Separation Systems, *U.S. Pat. No. 6,302,932 B1*, Oktober 16, 2001.
- [6] http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/company/about_bca/startup/pdf/histor, *The 737-300/-400/-500 Offers Flexibility to Meet Market-Boeing*, 2007.
- [7] <http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/airports/acaps/737.pdf>, *737 Airplane Characteristics for Airport Planning-Boeing*, Boeing Commercial Airplanes, September 2013.
- [8] http://davidson-der.com/B737_ac_articles.asp, Davidson J., 2006, *Boeing 737-200/-300 Air Conditioning*, Davidson Engineering Resources, Inc., Tuscon, AZ.
- [9] <https://nasional.tempo.co/read/517801/delay-penumpang-lion-air-terkunci-dalam-pesawat>, *Delay, Penumpang Lion Air Terkunci Dalam Pesawat*, Senin, 30 September 2013 14.58 WIB.