



# TECHIES

Official Bulletin 30th Edition - KDN: PQ1780/J/187 [www.mbot.org.my](http://www.mbot.org.my)

## Soaring Towards Sustainability: **AVIATION'S GREEN HORIZON**

By Ts. Norhazli Abu Hassan, Sky-Futures Malaysia

The aviation industry, long perceived as a symbol of speed and technological advancement, now finds itself at the crossroads of innovation and environmental responsibility. As the climate concerns intensify and carbon reduction targets become more urgent, aviation's transition toward sustainability has become not just a strategic goal but a necessary evolution.

This transformative journey is increasingly shaped by emerging technologies, including electric aircraft, electric Vertical Takeoff and Landing (eVTOL) vehicles, Advanced Air Mobility (AAM) systems, and drone integration. Each of these innovations contributes to a greener aviation ecosystem by reducing reliance on fossil fuels and significantly reducing carbon emissions. **CONTINUED ON PAGE 02 >>**

**/what's  
inside**

**04**

**Faktor  
Manusia Dalam  
Pengurusan Lalu  
Lintas Udara**

**Menuntut Ilmu  
Tanpa Jemu:**

Wawancara Bersama  
**Ts. Mohd Jalaluddin  
bin Ahmad**  
Pegawai Teknologi  
Maklumat, ASWARA



**06**

**Reducing Carbon  
in the Skies:  
Malaysia's SAF  
Pathway and  
Global  
Impact**

**09**

### **/editorial committee**

**Editorial Advisor:** Prof. Dato' Ts. Dr. Mohamed Ibrahim Abdul Mutalib FASc, FIChemE, P.Tech, C.Eng. (**Head of Publication Committee**)

**Publication Committee:** Assoc. Prof. Dr. Mohamad Asmidzam Ahamat (**Chief Editor**) and Ts. Harshielawati Hanim Muhamad Johar (**Editor**)

**Columnists:** Ts. Norhazli Abu Hassan, Ts. Dr. Mohd Zubairy Shamsudin and Ng Hock Seng

**Secretariat:** Dr. Md Fauzi Md Ismail, Nabila Tulos and Shahrul Hairazi Khudzari

ISSN 0128-1313





## TECHIES-30

Oleh Ts. Dr. Mohd Zubairy Shamsudin, Persatuan Faktor Manusia dan Ergonomik Malaysia (HFEM) / Universiti Islam Antarabangsa Malaysia (UIAM)

# FAKTOR MANUSIA DALAM PENGURUSAN LALU LINTAS UDARA

Keselamatan merupakan aspek yang amat dititikberatkan dalam industri penerbangan. Walaupun teknologi canggih banyak membantu untuk meningkatkan tahap keselamatan dalam industri penerbangan, pengurusan lalu lintas udara tetap bergantung dengan keupayaan manusia membuat tindakan tepat. Salah satu insiden kritikal yang sering berlaku adalah pencerobohan landasan yang melibatkan pesawat, kenderaan, atau individu memasuki landasan aktif tanpa kebenaran. Tindakan ini berpotensi menjadi punca kemalangan serius. Untuk mencegah kemalangan, pengurusan lalu lintas udara harus menggabungkan teknologi terkini dengan pemahaman mendalam tentang faktor manusia.

## Faktor Manusia dalam Pengurusan Lalu Lintas Udara

Faktor manusia memainkan peranan yang sangat besar dalam memastikan keselamatan dan kelancaran operasi lalu lintas udara. Walaupun kemajuan teknologi dan sistem automatik semakin canggih, masih terdapat elemen-elemen kemanusiaan yang berperanan sebagai penentu keputusan akhir semasa situasi kritikal. Oleh itu, memahami interaksi antara manusia, sistem, peralatan, dan persekitaran kerja adalah asas untuk mengurangkan risiko kesilapan yang boleh mengancam keselamatan penerbangan.

Model SHEL menggabungkan empat elemen iaitu Software (perisian), Hardware (peralatan), Environment (persekitaran kerja) dan Liveware (manusia). Model ini memberi gambaran komprehensif tentang bagaimana faktor manusia berinteraksi dengan tiga elemen yang lain dalam sistem pengurusan lalu lintas udara. Model ini membawa maksud bahawa semua elemen saling berkait. Sebagai contoh, jika sistem pengurusan trafik udara (Software) gagal menyampaikan maklumat dengan jelas kepada Pengawal Trafik Udara, atau jika peralatan radar (Hardware) tidak berfungsi dengan baik, kemampuan manusia (Liveware) untuk membuat keputusan yang tepat mungkin terjejas. Ini

boleh menyebabkan kesilapan, termasuk pencerobohan landasan yang menimbulkan risiko perlanggaran.

Salah satu cabaran utama dalam pengurusan lalu lintas udara adalah kebergantungan kepada keputusan manusia semasa bekerja di bawah tekanan. Tekanan kognitif dan kelesuan boleh menyebabkan Pengawal Trafik Udara gagal membuat keputusan dengan tepat. Sebagai contoh, apabila Pengawal Trafik Udara terpaksa mengendalikan banyak pesawat dalam satu masa atau apabila mereka bekerja dalam tempoh yang panjang tanpa rehat yang cukup, kesilapan dalam mengawal laluan pesawat atau dalam memberikan arahan boleh berlaku. Dalam situasi seperti ini, faktor manusia menjadi punca kepada kesilapan yang boleh mengakibatkan kejadian tragis. Oleh itu, meningkatkan pengetahuan mengenai faktor manusia dalam kalangan Pengawal Trafik Udara dan juruterbang adalah langkah pertama dalam memastikan operasi yang lebih selamat.

## Teknologi dan Faktor Manusia: Integrasi dalam Sistem Pengurusan Lalu Lintas Udara

Pengurusan lalu lintas udara moden sangat bergantung kepada teknologi canggih dan automatik seperti sistem pemantauan radar dan sistem pengurusan trafik udara. Teknologi-teknologi ini bertujuan untuk mengurangkan beban kerja Pengawal Trafik Udara dan meminimumkan kesilapan manusia. Data yang lebih tepat dan terkini serta automasi dalam pengurusan laluan pesawat membantu Pengawal Trafik Udara membuat keputusan yang terbaik.

Kebergantungan yang berlebihan terhadap teknologi tanpa mengambil kira aspek manusia boleh menyebabkan masalah keselamatan yang lebih besar, seperti yang digambarkan dalam Model Swiss Cheese (1990). Model ini menunjukkan bagaimana kegagalan dalam beberapa lapisan keselamatan, yang terdiri daripada elemen-elemen teknologi, manusia, dan sistem boleh menyebabkan kecelakaan. Sebagai contoh,



pencerobohan landasan sering berlaku apabila teknologi yang ada tidak dioperasikan dengan betul atau apabila Pengawal Trafik Udara gagal bertindak dengan cekap dalam situasi kecemasan. Oleh itu, walaupun teknologi membantu dalam memperbaiki operasi, latihan berterusan dan peningkatan kesedaran situasi di kalangan Pengawal Trafik Udara adalah penyelesaian utama untuk mengurangkan risiko keselamatan.

Kesedaran situasi berkait rapat dengan kemampuan Pengawal Trafik Udara untuk memahami dan bertindak mengikut keadaan yang sedang berlaku di ruang udara. Menurut model Endsley(1995), kesedaran situasi melibatkan tiga tahap utama: pengesanan maklumat, pemahaman maklumat, dan ramalan maklumat. Pengawal Trafik Udara perlu mampu mengenal pasti perubahan keadaan dan potensi risiko dengan cepat untuk membuat keputusan yang tepat. Kegagalan mengamalkan kesedaran situasi, seperti tidak mengenal pasti pesawat yang hampir mendarat atau pesawat yang berada dekat dengan landasan aktif, boleh menyebabkan keputusan yang salah dan akhirnya mengakibatkan pencerobohan landasan. Oleh itu, pengembangan dan pementakan kesedaran situasi dalam kalangan Pengawal Trafik Udara melalui latihan yang menekankan pengenalanpastian risiko secara cepat dan tepat adalah kunci untuk memastikan keselamatan. Latihan yang menumpukan pada aspek kesedaran situasi bukan sahaja melibatkan pengesanan maklumat, tetapi juga pemahaman terhadap maklumat tersebut dalam konteks yang lebih besar, serta kemampuan untuk meramalkan potensi perubahan yang boleh mempengaruhi keselamatan penerbangan.

Walaupun latihan yang berterusan sangat penting, tekanan dan kelesuan adalah dua faktor lain berkaitan manusia yang boleh memberi impak besar terhadap prestasi dalam pengurusan lalu lintas udara. Teori Yerkes-Dodson (1908) menjelaskan

bahawa tahap tekanan yang berlebihan berpotensi menurunkan prestasi kognitif manusia. Dalam konteks pengurusan lalu lintas udara, Pengawal Trafik Udara sering kali berdepan dengan tekanan untuk menepati jadual penerbangan atau membuat keputusan dengan pantas dalam situasi yang penuh ketidakpastian. Tekanan yang berlebihan bukan sahaja menurunkan kemampuan kognitif mereka tetapi juga meningkatkan risiko kesilapan dalam menentukan keputusan. Kelesuan, terutamanya apabila Pengawal Trafik Udara bekerja dalam tempoh yang panjang tanpa rehat yang cukup, juga boleh mengurangkan kebolehan mereka dalam menilai situasi dan membuat keputusan yang tepat.

Oleh itu, pengurusan tekanan dan kelesuan harus diberi keutamaan dalam pengurusan lalu lintas udara, dengan memastikan waktu rehat yang cukup, jadual tugas yang adil, serta program pengurangan tekanan yang berfokus pada kesejahteraan mental dan fizikal Pengawal Trafik Udara. Dengan memberikan perhatian kepada faktor manusia seperti kesedaran situasi, tekanan, dan kelesuan, sistem pengurusan lalu lintas udara akan dapat beroperasi dengan lebih berkesan, mengurangkan risiko kesilapan manusia, dan seterusnya meningkatkan keselamatan penerbangan secara keseluruhan.

### **Penggunaan Teknologi untuk Mengurangkan Kesilapan Manusia**

Dalam pengurusan lalu lintas udara, penggunaan teknologi automatik seperti Runway Status Lights (RWSL) dan Automated Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) telah terbukti mengurangkan kesilapan manusia. RWSL memberikan isyarat visual kepada juruterbang tentang status keselamatan landasan seterusnya mengurangkan kebergantungan kepada komunikasi lisan. ADS-B membolehkan Pengawal Trafik Udara memantau kedudukan pesawat dengan lebih tepat melalui komunikasi satelit seterusnya mengurangkan risiko pencerobohan landasan. Kesepaduan dalam sistem

pengurusan lalu lintas udara adalah langkah penting dalam memastikan kelancaran operasi lapangan terbang dan mengurangkan beban kerja Pengawal Trafik Udara. Walaupun teknologi ini amat penting, ia perlu disokong dengan latihan dan kemahiran manusia yang mantap.

Latihan berkesan adalah aspek yang tidak boleh dikesampingkan dalam mengurangkan insiden yang melibatkan faktor manusia dalam pengurusan lalu lintas udara. Crew Resource Management adalah program latihan yang memberi fokus kepada pengurusan sumber manusia yang berkesan dalam situasi krisis. Latihan memberi fokus kepada komunikasi yang jelas, pengurusan tekanan, dan kerja berpasukan, yang mana semua elemen penting tersebut mengurangkan kesilapan dalam operasi lapangan terbang. Di samping itu, Cognitive Task Analysis digunakan untuk memahami keputusan kritikal yang perlu diambil dalam situasi yang penuh tekanan dan bagaimana membuat keputusan tersebut dengan tepat.

Dalam menghadapi cabaran pengurusan lalu lintas udara yang semakin kompleks, penyelesaian yang berkesan perlu melibatkan gabungan teknologi canggih dan pemahaman mendalam tentang faktor manusia. Dengan menggunakan model seperti SHEL dan Swiss Cheese, serta meningkatkan kesedaran situasi dan pengurusan tekanan, lapangan terbang dapat beroperasi dengan lebih selamat dan berkesan. Program latihan yang berterusan dan peningkatan kompetensi dalam Crew Resource Management dan Cognitive Task Analysis adalah langkah-langkah penting untuk memastikan keselamatan udara yang lebih baik. Teknologi yang mengurangkan kesilapan manusia, seperti Runway Status Lights dan Automated Surveillance Systems, perlu digabungkan dengan kebijaksanaan manusia dalam proses pengurusan lalu lintas udara untuk menghasilkan sebuah sistem yang lebih selamat dan berdaya tahan.