

## MODUL 6

### Human Error Theory – Human Factors Analysis and Classification System

Oleh : Putri Handayani, SKM, MKKK

Dosen Prodi Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan  
Universitas Esa Unggul

#### 1. Pendahuluan

*Human factors analysis and classification system (HFACS)* adalah kerangka kesalahan manusia yang luas yang pada awalnya digunakan oleh angkatan udara AS untuk menyelidiki dan menganalisa faktor manusia dalam aspek penerbangan. Selama bertahun-tahun, aplikasi telah menyebar ke penerbangan sipil dan umum juga. Walaupun merupakan alat yang sangat efektif, model ini tidak meluas seperti yang diinginkan. HFACS ini sangat didasarkan pada model *swiss cheese* James Reason.

Gambaran pada konsep Reason (1990) latent and active failures, HFACS menggambarkan 4 tingkat dari kegagalan (failure), antara lain:

1. *Unsafe Acts*
2. *Preconditions for Unsafe Acts*
3. *Unsafe Supervision*
4. *Organizational Influences*

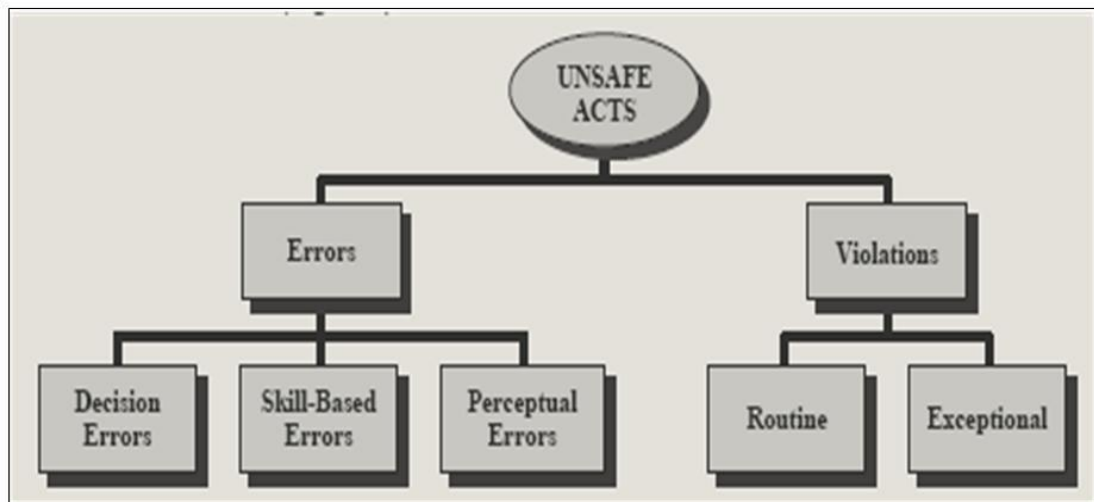
Sebuah deskripsi singkat dari komponen utama dan kategori kausal yang mengikuti, dimulai dengan tingkat yang erat dengan kecelakaan itu, yaitu tindakan tidak aman (*unsafe acts*). Profesional keselamatan telah menggunakan model organisasi dan sistemik selama investigasi kecelakaan pesawat terbang serta pengembangan strategi mitigasi berikutnya sejak 1990-an (Reason, 1997, 1998).

Model faktor manusia seperti “Keju Swiss”, juga dikenal sebagai model Reason (Reason, 1997; 1998), dan model HFACS (Wiegmann & Shappell, 2003) memberikan gambaran yang lebih baik tentang kompleksitas sistem teknis organisasi dan sosial. Oleh karena itu, mereka memungkinkan para profesional keselamatan untuk memiliki pemahaman yang lebih baik tentang faktor-faktor yang dapat berkontribusi terhadap kecelakaan pesawat (Shappell et al., 2007).

Model alasan, yang paling populer kerangka penyebab kecelakaan, menjelaskan interaksi antara kegagalan aktif oleh personil garis depan dan kondisi laten. Menurut Alasan (1997, 1998), itu tidak memadai untuk menghubungkan kecelakaan dengan kinerja operator individu. Kesalahan manusia dan violations adalah hasil akhirnya bukan penyebab kecelakaan, dan hanya titik awal dari safety proses investigasi. Penyelidik kecelakaan harus fokus pada kejadian di luar Kisah Tidak Aman oleh pilot kondisi laten yang sudah ada sebelumnya, yang biasanya disebabkan oleh kesalahan keputusan yang dibuat pada level manajerial.

## 2. Tindakan Tidak Aman (*Unsafe Acts*)

Tindakan tidak aman (*unsafe acts*) dari aircrew dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori: kesalahan (*errors*) dan pelanggaran (*violations*) (Reason, 1990). Secara umum, kesalahan (*errors*) merupakan kegiatan mental atau fisik individu yang gagal untuk mencapai hasil yang diinginkan. Tidak mengherankan, mengingat fakta bahwa manusia dengan sifatnya membuat kesalahan (*errors*), tindakan tidak aman ini mendominasi sebagian besar database kecelakaan. Disisi lain, pelanggaran (*violations*), mengacu pada pengabaian yang disengaja untuk aturan dan peraturan yang mengatur keselamatan penerbangan. Namun, membedakan antara kesalahan (*errors*) dan pelanggaran (*violations*) tidak menyediakan tingkat granularity yang dibutuhkan sebagian besar investigasi kecelakaan. Oleh karena itu, kategori kesalahan (*errors*) dan pelanggaran (*violations*) yang diperluas di sini (Gambar 1), seperti di tempat lain (Reason, 1990; Rasmussen, 1982), untuk memasukkan tiga jenis kesalahan dasar (skill-based, keputusan/decision, dan persepsi/perseptual) dan dua bentuk pelanggaran (rutin/routine dan pengecualian/exceptional).



Gambar 1. Kategori tindakan tidak aman yang dilakukan oleh awak pesawat

### 3. Kesalahan (*Errors*)

#### 3.1 Kesalahan Berbasis Keterampilan (*Skill-Based Errors*)

Perilaku berbasis keterampilan (*skill-based behavior*) dalam konteks penerbangan paling tepat digambarkan sebagai "tongkat-dan-kemudi/stick-and-rudder" dan keterampilan dasar penerbangan lain yang terjadi tanpa gagasan pemikiran yang signifikan. Akibatnya, perilaku berbasis keterampilan ini sangat rentan terhadap kegagalan dari perhatian (*attention*) dan atau memori. Bahkan, kegagalan perhatian (*attention failure*) telah dikaitkan dengan banyak kesalahan berbasis keterampilan seperti gangguan dalam pola pemindaian visual, tugas fiksasi, aktivasi control yang tidak sengaja, dan misordering langkah-langkah dalam prosedur.

Berbeda dengan kegagalan perhatian (*attention failures*), kegagalan memori (*memory failure*) sering muncul sebagai item yang dihilangkan dalam daftar periksa. Tipe ketiga, dan terakhir, kesalahan berbasis keterampilan yang diidentifikasi dalam banyak penyelidikan kecelakaan yang melibatkan kesalahan teknik. Terlepas dari pelatihan, pengalaman, dan latar belakang pendidikan seseorang, cara di mana seseorang melakukan urutan peristiwa tertentu mungkin sangat bervariasi.

### 3.2 Kesalahan Keputusan (*Decision Errors*)

Bentuk kesalahan kedua, kesalahan keputusan (*decision errors*), merupakan perilaku disengaja yang keluar sebagaimana dimaksud, namun rencana tersebut terbukti tidak memadai atau tidak sesuai dengan situasi. Sering disebut sebagai "kesalahan yang jujur/honest mistakes", tindakan tidak aman ini merupakan tindakan (*action*) atau kelambanan (*inaction*) dari individu-individu yang "hati berada di tempat yang tepat" tetapi mereka juga tidak memiliki pengetahuan yang tepat atau hanya memilih kurang baik. Mungkin yang paling banyak diselidiki dari segala bentuk kesalahan (*errors*), kesalahan keputusan (*decision errors*) dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori umum:

1. Kesalahan prosedur (*procedural errors*)
2. Pilihan yang buruk (*poor choices*)
3. Pemecahan masalah kesalahan (*problem solving errors*) (Tabel 1)

Kesalahan keputusan prosedur (*procedural decision errors*) (Orasanu, 1993), atau kesalahan berbasis aturan (*rule-based mistakes*), seperti yang dijelaskan oleh Rasmussen (1982), terjadi selama tugas yang sangat terstruktur dari cara, jika X, kemudian lakukan Y.

Namun, bahkan dalam dunia penerbangan, tidak semua situasi memiliki prosedur yang sesuai untuk menangani mereka. Oleh karena itu, banyak situasi memerlukan pilihan harus dibuat antara beberapa pilihan jawaban. Pertimbangkan pilot terbang pulang setelah seminggu lama jauh dari keluarga yang tiba-tiba menghadapi garis badai langsung di jalan-Nya. Dia bisa memilih untuk terbang di sekitar cuaca, mengalihkan ke bidang lain sampai cuaca berlalu, atau menembus cuaca berharap untuk cepat transisi melalui itu. Dihadapkan dengan situasi seperti ini, kesalahan keputusan pilihan (*choice decision errors*) (Orasanu, 1993), atau kesalahan berbasis pengetahuan (*knowledge-based mistakes*) seperti yang dikenal (Rasmussen, 1986), dapat terjadi. Hal ini terutama berlaku bila ada kurangnya pengalaman, waktu, atau tekanan dari luar lainnya yang dapat menghalangi keputusan yang benar. Sederhananya, kadang-kadang kita memilih dengan baik, dan kadang-kadang kita tidak.

### 3.3 Kesalahan Persepsi (*Perceptual Errors*)

Biasanya, kesalahan persepsi terjadi ketika masukan sensorik terdegradasi atau "tidak biasa", seperti halnya dengan ilusi visual dan spasial disorientation atau ketika aircrew salah menilai ketinggian pesawat, sikap, atau kecepatan udara (Tabel 1). Ilusi

visual, misalnya, terjadi ketika otak mencoba untuk "mengisi kekosongan" dengan apa yang rasanya termasuk dalam lingkungan visual yang terbatas, seperti yang terlihat pada malam hari atau ketika terbang dalam cuaca buruk. Demikian juga, disorientasi spasial terjadi ketika sistem vestibular tidak dapat menyelesaikan orientasi seseorang dalam ruang dan karena itu membuat "tebakan terbaik/best guess" biasanya ketika isyarat visual (horizon) hadir pada malam hari atau ketika terbang dalam cuaca buruk. Dalam hal baik, individu yang tidak curiga sering dibiarkan untuk membuat keputusan yang didasarkan pada informasi yang salah dan potensi untuk melakukan kesalahan yang ditinggikan.

**Tabel 1. Contoh yang dipilih dari tindakan tidak aman dari operator pilot**

<b>ERRORS</b>	<b>VIOLATIONS</b>
<b>Skill-based Errors</b>	Failed to adhere to brief
Breakdown in visual scan	Failed to use the radar altimeter
Failed to prioritize attention	Flew an unauthorized approach
Inadvertent use of flight controls	Violated training rules
Omitted step in procedure	Flew an overaggressive maneuver
Omitted checklist item	Failed to properly prepare for the flight
Poor technique	Briefed unauthorized flight
Over-controlled the aircraft	Not current/qualified for the mission
<b>Decision Errors</b>	Intentionally exceeded the limits of the aircraft
Improper procedure	Continued low-altitude flight in VMC
Misdiagnosed emergency	Unauthorized low-altitude canyon running
Wrong response to emergency	
Exceeded ability	
Inappropriate maneuver	
Poor decision	
<b>Perceptual Errors (due to)</b>	
Misjudged distance/altitude/airspeed	
Spatial disorientation	
Visual illusion	

#### 4. Pelanggaran (*Violations*)

Menurut definisi, kesalahan (errors) terjadi dalam aturan dan peraturan yang didukung oleh sebuah organisasi, biasanya mendominasi sebagian besar database kecelakaan. Sebaliknya,

pelanggaran (*violations*) merupakan pengabaian yang disengaja untuk aturan dan peraturan yang mengatur penerbangan yang aman dan, untungnya, terjadi lebih jarang karena mereka sering melibatkan korban jiwa (Shappell et al., 1999b).

Meskipun ada banyak cara untuk membedakan antara jenis pelanggaran (*violations*), dua bentuk yang berbeda telah diidentifikasi, berdasarkan etiologi mereka, yang akan membantu profesional keamanan saat mengidentifikasi faktor penyebab kecelakaan, antara lain:

1. Pelanggaran rutin (*routine violations*), cenderung kebiasaan oleh alam dan sering ditoleransi oleh pemerintahan otoritas.
2. Pelanggaran pengecualian (*Exceptional violations*), pelanggaran pengecualian muncul berangkat sebagai terisolasi dari otoritas, bukan merupakan pola perilaku khas individu atau dibiarkan oleh manajemen (Reason, 1990).

#### **5. Prasyarat Untuk Tindakan Tidak Aman (Preconditions For Unsafe Acts)**

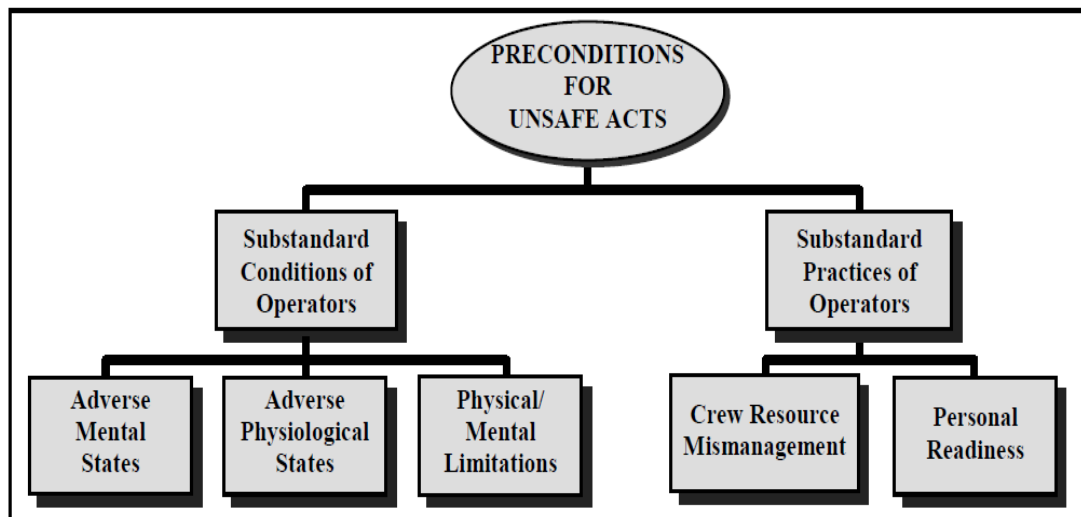
Setelah kecelakaan atau kecelakaan itu telah dikategorikan ke dalam kesalahan (*errors*) atau pelanggaran (*violations*), kondisi tersebut dapat diklasifikasikan ke dalam:

- a. Faktor lingkungan (*environmental factors*) mengacu pada kecukupan lingkungan fisik dan teknologi. Lingkungan fisik mengacu pada faktor-faktor seperti kebisingan, suhu, ruang kerja dll Faktor-faktor ini mencakup lingkungan fisik awak pesawat. Lingkungan teknologi mengacu pada peralatan dan teknologi yang digunakan oleh awak pesawat. Ini mungkin termasuk kerusakan peralatan, desain ergonomis, kompleksitas teknologi dll.
- b. Kondisi operasi (*conditions of operations*) mengacu pada keadaan mental (*adverse mental states*), kondisi psikologis dan atau mental akut yang negatif yang mempengaruhi kinerja, seperti kelelahan mental, sikap merusak, dan motivasi yang salah; keadaan fisiologis (*adverse physiological states*), kondisi medis dan atau fisiologis akut yang menghalangi operasi yang aman, seperti sakit, keracunan, dan segudang kelainan farmakologi dan medis yang diketahui mempengaruhi kinerja; dan keterbatasan fisik atau mental awak pesawat (*physical/mental limitations*), cacat permanen fisik atau mental yang buruk yang dapat mempengaruhi dampak kinerja, seperti penglihatan yang buruk, kurangnya kekuatan fisik, bakat mental, pengetahuan umum, dan berbagai penyakit mental kronis lainnya. Hal tersebut mungkin termasuk kelelahan, sakit, stres, kapasitas memori dll.

**Tabel 2. Contoh yang dipilih dari kondisi awak pesawat tidak aman**

SUBSTANDARD CONDITIONS OF OPERATORS	SUBSTANDARD PRACTICE OF OPERATORS
<b>Adverse Mental States</b>	<b>Crew Resource Management</b>
Channelized attention	Failed to back-up
Complacency	Failed to communicate/coordinate
Distraction	Failed to conduct adequate brief
Mental fatigue	Failed to use all available resources
Get-home-itis	Failure of leadership
Haste	Misinterpretation of traffic calls
Loss of situational awareness	<b>Personal Readiness</b>
Misplaced motivation	Excessive physical training
Task saturation	Self-medicating
<b>Adverse Physiological States</b>	Violation of crew rest requirement
Impaired physiological state	Violation of bottle-to-throttle requirement
Medical illness	
Physiological incapacitation	
Physical fatigue	
<b>Physical/Mental Limitation</b>	
Insufficient reaction time	
Visual limitation	
Incompatible intelligence/aptitude	
Incompatible physical capability	

- c. Faktor personal (personnel factors) meliputi manajemen sumber daya kru (*crew resource management*), termasuk berbagai komunikasi, koordinasi, dan masalah kerja sama tim yang mempengaruhi kinerja; dan kesiapan pribadi (*personal readiness*), kegiatan saat bebas tugas yang dibutuhkan untuk tampil maksimal pada pekerjaan, seperti mengikuti persyaratan istirahat awak, pembatasan alkohol, dan mandat bebas tugas lainnya. Ini kembali ke pelatihan awak pesawat dalam bidang manajemen sumber daya kru dan bagaimana kurangnya pelatihan atau kurangnya motivasi mungkin telah menyebabkan kecelakaan tersebut (Wiegmann, D.A. & Shappell, S.A. 2001).



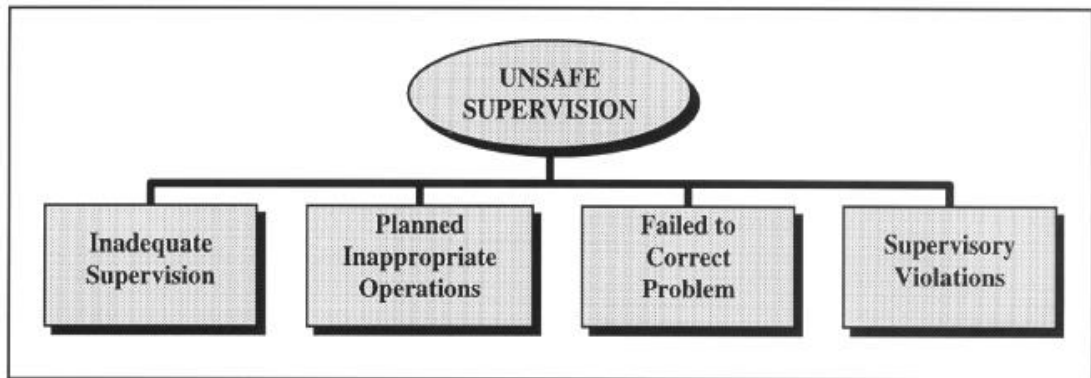
Gambar 2. Kategori prasyarat dari tindakan tidak aman

## 6. Pengawasan Yang Tidak Aman (*Unsafe Supervision*)

Pengawasan adalah tindakan mengarahkan atau mengawasi tindakan atau proyek. Pengawasan yang tidak aman dapat menjadi faktor kunci yang dapat mengarah ke kecelakaan. Pengawasan kegiatan yang tidak aman ketika faktor-faktor seperti pengawasan tidak memadai, perencanaan operasional yang tidak tepat, kegagalan untuk memperbaiki masalah dan pelanggaran komitmen didominasi oleh supervisor.

- a. Pengawasan yang tidak memadai (*inadequate supervision*): pengawasan dan manajemen personil dan sumber daya, termasuk pelatihan, bimbingan profesional, dan kepemimpinan operasional, diantara aspek lainnya.
- b. Perencanaan operasional yang tidak tepat (*planned inappropriate operations*): manajemen dan penugasan kerja, termasuk aspek manajemen risiko, pemasangan kru, kecepatan operasional, dll
- c. Gagal untuk memperbaiki masalah yang diketahui (*failed to correct known problems*): pada kasus-kasus di mana terdapat defisiensi antara individu, peralatan, pelatihan, atau area keamanan terkait lainnya yang "dikenal" untuk supervisor belum diperbolehkan untuk terus dikoreksi.
- d. Pelanggaran pengawas (*supervisory violations*): pengabaian yang disengaja untuk aturan yang ada, peraturan, instruksi, atau prosedur operasi standar (SOP) oleh para manajer selama tugasnya.



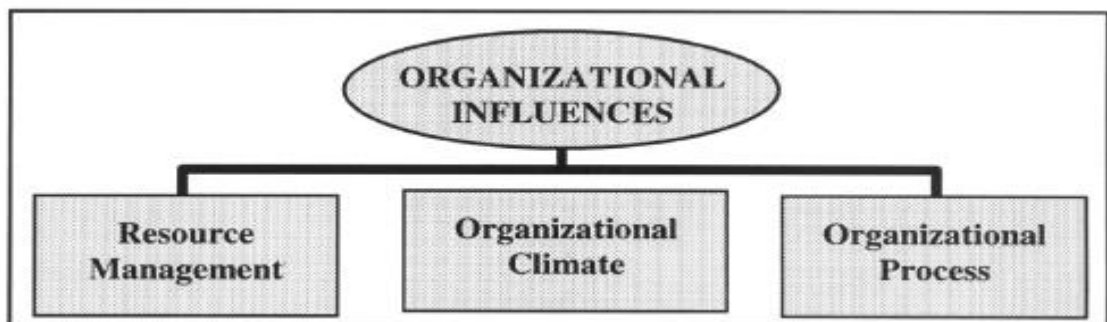


Gambar 3. Kategori pengawasan tidak aman

## 7. Pengaruh Organisasi (*Organisational Influences*)

Setelah semua faktor tersebut diperhitungkan, tingkat atas dari pengaruh organisasi diperiksa untuk mencari tahu akar penyebab akhir dari kecelakaan. Pengaruh organisasi yang disected ke dalam manajemen sumber daya, iklim organisasi dan proses organisasi.

- a. Iklim organisasi (*organizational climate*): suasana/visi yang berlaku di dalam organisasi, termasuk hal-hal seperti kebijakan, struktur komando, dan budaya.
- b. Proses operasional (*operational process*): proses formal di mana visi suatu organisasi dilakukan diantaranya termasuk operasi, prosedur, dan pengawasan.
- c. Pengelolaan sumber daya (*resource management*): bagaimana sumber daya manusia, keuangan, dan peralatan yang diperlukan untuk melaksanakan visi dikelola.
- d.



Gambar 4. Faktor organisasi yang mempengaruhi kecelakaan

Pengelolaan sumber daya mengacu pada sumber daya manusia dari organisasi yang bersangkutan, sumber daya moneter atau sumber daya yang ditujukan untuk peralatan atau teknologi. Iklim organisasi (*organizational climate*) mengacu pada struktur, kebijakan atau budaya

organisasi. Proses organisasi (*operational process*) mengacu pada operasi yang sebenarnya, prosedur dan peraturan pengawasan organisasi (U.S. Departement of Transportation, 2000).

### **Kesimpulan**

1. HFACS menjelaskan kegagalan manusia dalam dua kategori (lihat gambar), yaitu: kesalahan (*error*) dan pelanggaran (*violation*). Kesalahan biasanya terjadi karena ketidakmampuan atau ketidaksengajaan karena kelalaian atau kealpaan seseorang yang berakibat pada kegagalan. Sedangkan pelanggaran adalah adanya faktor kesengajaan untuk mengabaikan peraturan sehingga terjadi kegagalan atau kecelakaan.
2. Sebuah metode analisis HFACS idealnya akan menyebabkan perubahan dalam pengaruh organisasi dengan menganalisis rantai peristiwa mulai dari tindakan yang tidak aman awal.

## CONTOH KASUS HFACS 1

Contoh kasus pada kecelakaan Adam Air DHI 574 dengan menggunakan HFACS.

### a. Kronologi Kecelakaan

Pada 1 Januari 2007, pesawat Boing 737-4Q8 Adam Air nomor penerbangan DHI 574 dengan registrasi PK-KKW terbang dari Surabaya, Jawa Timur menuju Manado, Sulawesi Utara. Pesawat yang dibuat pada tahun 1989 ini lepas landas dari Bandar udara Juanda pada pukul 12:59 WIB pada siang hari dan diperkirakan akan sampai di Manado pada pukul 16.14 WITA dengan penerbangan pada ketinggian jelajah 35.000 kaki atau sekitar 10.600 meter di atas permukaan laut. Dengan kapasitas 170 penumpang, di dalam pesawat ini terdapat 102 orang yang terdiri dari 2 orang penerbang, 4 awak kabin, dan 96 orang penumpang yang terdiri dari 85 orang dewasa, 7 anak-anak, dan 4 bayi.

Selama penerbangan, autopilot menerbangkan pesawat dengan memberi koreksi kemiringan ke kiri karena ada angin dari sebelah kiri agar pesawat kembali datar. 9 detik setelah autopilot mati, penerbang mengoreksi kemiringan, tapi hanya dilakukan sebentar. Sekitar satu menit kemudian, muncul peringatan BANK ANGEL (peringatan kemiringan melebihi normal atau lebih dari 35 derajat) hingga kemiringannya mencapai 60 derajat dan turun dari ketinggian jelajah dengan hidung pesawat 5 derajat ke bawah. Kemiringan terus bertambah hingga 100 derajat. Akibatnya, pesawat dari ketinggian 35.008 kaki turun ke 9.920 kaki hanya dalam waktu 75 detik (20.070 kaki per menit (fpm)). Padahal normalnya adalah 1.500 – 3.000 fpm.

Pada pukul 15.09 WITA, petugas ATC (Air Traffic Controller) mencoba memanggil DHI 574, tapi tidak ada jawaban dan pesawat hilang dari tampilan radar di sekitar Selat Makassar. Pada pukul 17.24 WITA, ATC akhirnya menyirakan status DETRESFA, yaitu status dimana sudah diyakini bahwa pesawat dan penumpangnya berada dalam keadaan bahaya (Komite Nasional Keselamatan Transportasi, 2008)

### b. Analisis

Pada kecelakaan penerbangan ini, terdapat beberapa faktor yang berperan. Mulai dari faktor perilaku penerbang hingga masalah system penerbangan. Dalam hubungannya dengan *Swiss Cheese Model*, jatuhnya Adam Air DHI 574 dapat dijelaskan berdasarkan layer-layer sebagai berikut:

- 1) Layer 1: *Organizational Influences*
  - a) Perusahaan melakukan penghematan dengan meminimisasi penggantian suku cadang
  - b) Kurangnya kesadaran perusahaan tentang keselamatan penerbangan

- 2) Layer II: *Unsafe Supervision*
  - a) Kurangnya pengawasan pada kerusakan IRS (*Inertial Reference System*) yang merupakan alat pengindikasi posisi pesawat
  - b) Kurangnya perhatian pada pemeliharaan perangkat pesawat
  - c) Penggantian suku cadang tidak diawasi dengan baik
  - d) Koreksi kemiringan pesawat akibat adanya angin hanya dilakukan sebentar.
  - e) Tidak ada satupun pilot atau co-pilot yang mengawasi arah pesawat selama 30 detik.
- 3) Layer III: *Precondition For Unsafe Act*
  - a) Pilot dan co-pilot dalam kondisi panic
  - b) Cuaca buruk
  - c) Kehilangan situational awareness saat kemiringan pesawat melebihi batas maksimum
  - d) Kerusakan salah satu IRS
  - e) Awak pesawat tidak mengetahui secara pasti IRS mana yang masih berfungsi dengan baik (*left IRS* atau *right IRS*)
- 4) Layer IV: *Unsafe Act*
  - a) Kurang menanggapi dengan serius peringatan bahaya dari petugas Air Traffic Controller (ATC)
  - b) Pilot dan Co-Pilot lebih fokus pada kerusakan IRS daripada tingkat kemiringan pesawat yang bermasalah.
  - c) Salah mengambil keputusan (decision error) saat kemiringan melebihi batas normal.

Pada setiap layer di atas, terdapat kesalahan-kesalahan yang digambarkan sebagai lubang pada potongan keju swiss. Kesalahan ini berasal dari manajemen keselamatan penerbangan dan/atau dari awak pesawat itu sendiri. Kecelakaan ini dapat terjadi karena lubang (kesalahan atau kegagalan) tersebut dapat menembus hingga mencapai layer *unsafe act* yang dilakukan pilot maupun co-pilot, padahal mereka memiliki peran penting dalam sebuah penerbangan. Perilaku-perilaku tidak aman inilah yang paling dekat dengan kecelakaan dan akibatnya langsung dapat dirasakan. Berdasarkan laporan yang ada, diketahui bahwa beberapa perangkat pesawat pada lebih dari satu pesawat berada dalam kondisi yang tidak layak untuk dioperasikan. Kerusakan-kerusakan yang tidak segera diperbaiki ini akan terus bertambah hingga dapat menimbulkan masalah selama penerbangan dan berkontribusi pada terjadinya kecelakaan.

## Contoh Kasus 2

Studi Kasus dengan Penggunaan Metode HFACS: Penerbangan Korean Air Cargo 8509 Penerbangan 8509 jatuh tak lama setelah lepas landas dari Bandara London Stansted.

### **Analisis:**

Pengaruh Organisasi Iklim organisasi - Rantai komando yang ketat antara kapten Korea dan petugas pertama.

Pengawasan yang Tidak Aman Kegagalan untuk memperbaiki masalah - Setelah melihat kapten melakukan operasi di sisi kiri yang curam, petugas pertama tidak memperbaiki kapten.

Prekondisi untuk Tindakan yang Tidak Aman Manajemen Sumber Daya Kru - Insinyur penerbangan gagal berkomunikasi dengan kapten sebelumnya meskipun memiliki 'senioritas' yang sama dengan sang kapten.

Perilaku Tidak Aman (Level Kegagalan Aktif) Kapten terus membelokkan pesawat ke arah kiri dan pesawat akhirnya menabrak dan menewaskan semua awak kapal. Setelah kecelakaan itu, Korean Air merevisi budaya pelatihannya dan tidak mengalami kecelakaan sejak itu.

Kesimpulan Untuk berbuat salah adalah manusia, manusia semua melakukan kesalahan. Metode HFACS berguna secara reaktif untuk menentukan penyebab yang mungkin. Selain itu selama proses, temuan dapat digunakan secara proaktif untuk lebih meningkatkan perjalanan udara.

## Daftar Pustaka

- Ahmad M., Pontiggia M., Demichela M., 2014, Human and organizational factor risk assessment in process industry and as risk assessment methodology (media) to incorporate human and organizational factors, *Chemical Engineering Transactions*, 36, 565-570 DOI: 10.3303/CET1436095.
- Al-shanini A., Ahmad A., Khan F., 2014, Accident modelling and analysis in process industries, *Journal of Loss Prevention in Process Industries*, 32, 319-334
- Colombo, S. , Demichela, M. 2008. The systematic integration of human factors into safety analyses: An integrated engineering approach. *Reliability Engineering and System Safety*, 93 (12), 1911-1921.
- CCPS (Centre of Chemical Process Safety), 2012, *Guidelines for Engineering Design for process safety*, Second Edition, John Wiley
- Demichela, M. , Pirani, R. , Leva, M.C. 2014. Human factor analysis embedded in risk assessment of industrial machines: Effects on the safety integrity level. *International Journal of Performability Engineering*, 10 (5), 487-496.
- EMARS (Major Accidental Reporting System), Major Accident Hazards Bureau, European commission, [https://emars.jrc.ec.europa.eu/fileadmin/eMARS\\_Site/PhpPages/ViewAccident/ViewAccidentPublic.php?accident\\_code=645](https://emars.jrc.ec.europa.eu/fileadmin/eMARS_Site/PhpPages/ViewAccident/ViewAccidentPublic.php?accident_code=645), accessed 20.11.2014.
- Lees' (2012), *Loss Prevention in the Process Industries: Hazard identification, Assessment and Control*, Volume 1, Fourth edition, Butterworth-Heinemann.
- Leva C., Bermudez Angel C., Plot, E., Gattuso, M., 2013, When the human factor is at the core of the safety barrier, *Chemical Engineering Transactions*, 33, 439-444 DOI: 10.3303/CET1333074.
- Monferini, A., Konstandinidou, M., Nivolianitou, Z., Weber, S. , Kontogiannis, T. , Kafka, P. , Kay, A.M, Leva, M.C. , Demichela, M., 2013, A compound methodology to assess the impact of human and organizational factors impact on the risk level of hazardous industrial plants. *Reliability Engineering and System Safety*, 119, 280-289.
- NORSOK Z-013, 2001, *Risk and emergency preparedness analysis*, Rev, 2, Norwegian Technology Centre, Oslo, Norway.

- OGP (International Association of Oil and Gas Producers), 2010, Risk assessment data directory: human factors in QRA.. Report no. 434-5, March 2010.
- Reason J., 2008, *The human contribution: Unsafe acts , accidents and heroic recoveries*, Ashgate: Farnham.
- Reason, James. 1997. *Managing the Risk of Organizational Accidents*. USA: Ashgate Publishing Company.
- Reason, James. 1990. *Human Error*. USA: Cambridge University Press.
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi, 2008.
- Wiegmann, D.A. & Shappell, S.A. 2000, *The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS): Repot No. DOT/FAA/AM-00/7*. U.S. Departement of Transportation, Federal Aviation Administration. Available from: [http://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo\\_documents/humanfactors\\_class\\_Anly.pdf](http://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_documents/humanfactors_class_Anly.pdf)
- Wiegmann, D.A. & Shappell, S.A. 2001. *Applying Reason: the human factors analysis and classification system (HFACS)*. Human Factors and Aerospace Safety I(I). Civil Aeromedical Institute. USA.
- NTSB. (2015). Aircraft Accident Report: Steep Climb and Uncontrolled Descent During Takeoff. National Air Cargo, Inc., dba National Airlines, Boeing 747 400 BCF, N949CA, Bagram, Afghanistan, April 29,2013. Retrieved 2 November, 2015, from
- Reason, J. (18 March, 2000). Human error: models and management. *British Medical Journal*, Volume 320(7237) , 768–770. Retrieved 1 November, 2015, from
- Rodrigues, C., & Cusick, S. (2011). *Commercial Aviation Safety (Fifth ed.)*. McGraw-Hill Education. SKYbrary. (3 May, 2013). Human Error Types . Retrieved 1 November, 2015, from SKYbrary:
- Wiegmann, D. A., & Shappell, S. A. (2001). *Applying The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) to The Analysis of Commercial Aviation Accident Data*. Retrieved 31 October, 2015, from . pdf
- Wiegmann, D. A., & Shappell, S. A. (2003). *A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis: The Human Factors Analysis and Classification System*. England: Ashgate. Retrieved 31 October, 2015, from ? docID=10211330