

# Kotak Hitam

## Siasat Kemalangan Udara

Setiap pesawat komersial pada masa ini dilengkapi dengan kotak hitam. Undang-undang penerbangan antarabangsa pula mewajibkan penggunaan kotak hitam pada pesawat penumpang dan kargo. Hal ini sedikit sebanyak menunjukkan kepentingan kotak hitam dalam industri penerbangan.

Kotak hitam merupakan kotak yang berfungsi bagi menyimpan pelbagai jenis data penerbangan. Walaupun dipanggil kotak hitam, namun kotak hitam berwarna oren terang. Warna oren diaplikasikan pada setiap kotak hitam kerana menurut kajian warna oren ialah warna yang kelihatan amat jelas ketika pencarian kotak hitam.

Kotak hitam dikenali dengan nama itu kerana dalam bidang sains suatu objek atau bongkah yang menyimpan maklumat yang dapat menghuraikan suatu misteri dikenali sebagai kotak hitam. Kotak hitam pesawat mempunyai ciri itu, iaitu maklumat di dalam kotak hitam pesawat mampu memberikan jawapan terhadap pelbagai soalan apabila sebuah pesawat terhempas atau kemalangan.

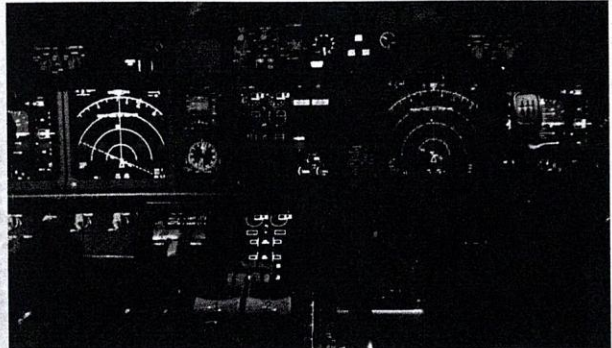
Kotak hitam sebenarnya terdiri daripada perakam data penerbangan dan perakam suara kokpit. Perakam ini digabung di dalam satu kotak yang sama. Gabungan ini dikenali sebagai kotak hitam. Biasanya, sebuah kapal terbang mempunyai sebuah kotak hitam, iaitu gabungan perakam data penerbangan dan perakam suara kokpit.

Akan tetapi, tidak salah jika menyatakan bahawa sebuah pesawat mempunyai dua buah kotak hitam, iaitu perakam data penerbangan merupakan

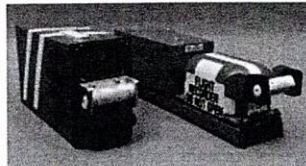
kotak hitam pertama dan perakam suara kokpit merupakan kotak hitam kedua.

Perakam Data Penerbangan lazimnya merekodkan bacaan instrumen, posisi dan orientasi pesawat dan daya tujahan enjin (lebih 200 parameter penerbangan direkodkan) sepanjang penerbangan.

Perakam suara kokpit pula merekodkan perbualan di kokpit bagi dua jam terakhir penerbangan. Malah, bunyi letupan di dalam pesawat juga mampu direkodkan. Apabila berlaku insiden seperti kehilangan pesawat



Bacaan instrumen penerbangan yang direkodkan oleh kotak hitam.



Perakam data penerbangan dan perakam suara kokpit.

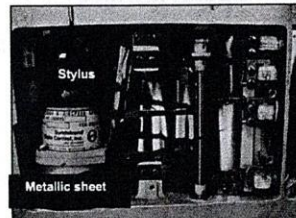
penerbangan MH370, kotak hitam memainkan peranan yang amat penting bagi menghuraikan misteri kejadian dan menjawab segala persoalan.

Dalam insiden kemalangan Air India Express pada tahun 2010, selain operasi menyelamatkan penumpang para pencari juga bertungkus-lumus mencari kotak hitam bagi menghuraikan punca pesawat terhempas dan mengorbankan sebanyak 158 orang.

Kotak Hitam mula dibangunkan pada era 1930-an menggunakan teknik fotografi bagi merekodkan data di atas film. Akan tetapi, data yang direkodkan adalah terhad. Pada era 1960-an pula, teknologi lampiran metalik digunakan. Dalam teknologi ini, pena stilus digunakan untuk menulis data penerbangan pada jaluran metalik. Jaluran metalik ini bertindak sebagai medium penyimpanan data. Jelas

bahawa data yang direkodkan pada era ini tidak merangkumi data audio atau perbualan di dalam kokpit.

Perakam suara kokpit hanya dibangunkan secara intensif pada akhir era 1960-an. Pada waktu ini, hanya 30 minit terakhir penerbangan direkodkan dan direkodkan di atas pita audio magnetik. Pita magnetik mempunyai kelemahannya tersendiri, iaitu rakaman sering diliputi oleh bunyi latar belakang yang mengganggu ketepatan rakaman.



Teknologi lama bagi merekodkan data menggunakan pena stilus dan jaluran metalik.

Pada akhir era 1960-an, jaluran magnetik dan pita magnetik digunakan dengan meluas bagi perakam data penerbangan. Jaluran dan pita ini bertindak sebagai medium bagi merakamkan data. Kapasiti penyimpanan datanya adalah besar, jika dibandingkan dengan jaluran metalik. Namun begitu, rakaman masih lagi dalam bentuk analog dan terdedah pada hingar yang menjejaskan integriti rakaman.

Pada akhir era 1980-an hingga kini, kad memori pejal digunakan sebagai medium rakaman. Kad ini berupaya merakamkan data selama 25 jam. Hal ini bermaksud perakam data penerbangan mampu merakamkan data sepanjang penerbangan pesawat. Contohnya, jika kotak hitam penerbangan MH370 ditemukan, penyiasat dapat mengetahui kelakuan pesawat dari mula berlepas.

Rakaman dalam kad memori pejal adalah dalam bentuk digital, iaitu dalam bentuk binari. Data ini dirakam sebagai

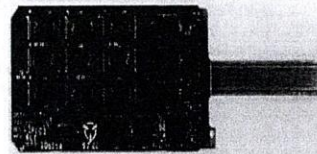


nilai 1 dan 0 (bentuk digital). Oleh sebab kad memori pejal merakam dan menyimpan data dalam bentuk digital, kapasiti perakam data penerbangan adalah besar dan berupaya merakam selama 25 jam penerbangan.

Bagi perakam suara kokpit, kad memori pejal juga digunakan bagi merakamkan data audio. Oleh sebab rakaman adalah dalam bentuk digital, hingar atau gangguan rakaman dapat dikurangkan. Malah, data audio yang dimainkan semula dapat memaparkan audio dengan jelas.

Namun begitu, pada masa ini, audio hanya dirakam pada dua jam terakhir penerbangan. Hal ini dikatakan demikian kerana selalunya saat-saat kritikal berlaku pada jam terakhir penerbangan. Akan tetapi, selepas insiden pesawat penerbangan MH370, ada beberapa pihak yang menyarankan supaya rakaman audio dipanjangkan supaya kejadian yang berlaku di dalam kokpit dapat dikupas dengan lebih mendalam.

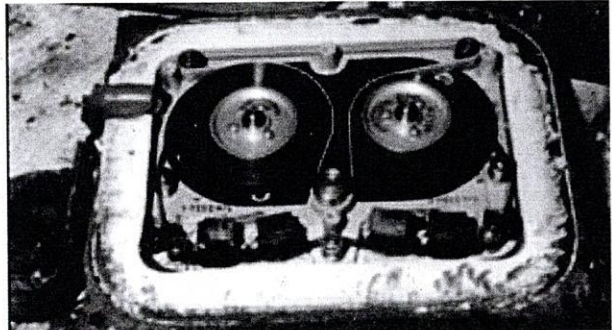
Selain itu, kotak hitam pesawat juga mampu menahan hentakan yang kuat,



Kad memori pejal yang mula digunakan pada akhir era 1980-an.

iaitu 3400g serta kalis letupan. Rangka kotak hitam yang dibuat daripada campuran antara titanium dengan besi dicat dengan cat yang kalis api dan mampu bertahan pada kedalaman 20 ribu kaki di bawah aras laut.

Kotak hitam biasanya diletakkan pada ekor pesawat. Hal ini disebabkan oleh biasanya bahagian ekor merupakan bahagian yang terakhir terkena hentakan, jika pesawat terhempas. Menurut kajian, bahagian hadapan dan tengah kapal terbang bertindak sebagai zon hentakan yang menerima hentakan utama Bahagian ekor



Jaluran magnetik yang digunakan pada era 1960-an hingga akhir era 1980-an.

menerima hentakan sekunder yang tidak begitu kuat, jika dibandingkan dengan hentakan utama.

Apabila berlakunya kemalangan, kotak hitam dicari dan kandungannya dianalisis. Biasanya, syarikat yang mengeluarkan kotak hitam, seperti syarikat Honeywell dari Amerika Syarikat menghantar pakarnya bagi meneliti kotak hitam dan datanya. Mereka mengasingkan kad memori pejal daripada bekasnya dan meletakkannya di dalam perkakasan pengestrakan. Seterusnya, perisian yang berada di dalam perkakasan pengestrakan mengeluarkan data daripada kad memori pejal untuk dianalisis.

Data utama yang dianalisis ialah data pergerakan kapal terbang, seperti kedudukan aileron, elevator, dan kemudi, hala tuju pesawat, pic, guling, rewang, dan daya tujahan enjin. Data ini memberikan penjelasan terhadap pergerakan pesawat di udara, sama ada melakukan penerbangan secara normal atau bergerak dalam keadaan yang ganjil.

Dalam penyiasatan kemalangan udara, data utama dan sekunder dianalisis. Data utama menunjukkan pergerakan pesawat, manakala data sekunder memberikan gambaran terperinci tentang faktor pesawat bergerak sebegini rupa. Contohnya, data sistem elektrik pesawat dapat memberikan maklumat kerosakan

sistem elektrik pesawat dan penyiasat dapat membuat kesimpulan bahawa pergerakan ganjil pesawat disebabkan oleh kerosakan sistem elektrik.

Dengan lebih 200 parameter direkodkan, kotak hitam mampu memberikan penjelasan yang komprehensif tentang suatu insiden. Akan tetapi, tidak semua misteri dapat dijawab dengan tepat. Contohnya, kajian yang dilakukan oleh Kementerian Pengangkutan Perancis pada tahun 2005 menyatakan beberapa kotak hitam yang dipasang pada pesawat komersial Perancis tidak berupaya merekodkan data dengan tepat. Satu daripada sebabnya ialah penentuan kotak hitam tidak dilakukan dengan betul. Sebab lain pula ialah penderia yang menerima data berada dalam tahap yang tidak memuaskan.

Pada masa kini, beberapa kaedah dikenalkan bagi meningkatkan keupayaan kotak hitam. Antaranya termasuklah melakukan ujian berkala dan ujian penentuan yang kerap terhadap kotak hitam berbanding dengan ujian terbina dalam dan



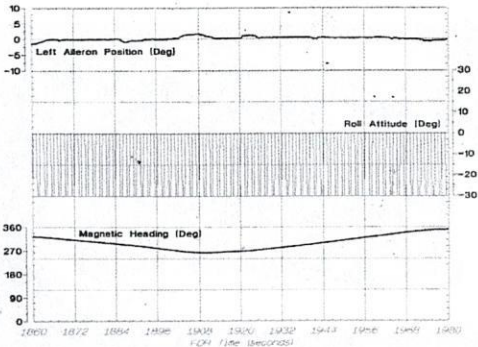
## Satu daripada teknologi yang sedang dibangunkan ialah teknologi lenting, iaitu apabila pesawat terhempas kotak hitam dimuntahkan keluar secara automatik daripada pesawat.

penyelenggaraan yang dilakukan hanya sekali setahun. Kekerapan pengujian penderia pesawat juga mula diperkenalkan.

Satu daripada teknologi yang sedang dibangunkan ialah teknologi lenting, iaitu apabila pesawat terhempas kotak hitam dimuntahkan keluar secara automatik daripada pesawat. Hal ini membantu penyiasat mencari kotak hitam dengan lebih mudah. Teknologi ini digunakan oleh pesawat Terntera Laut Amerika Syarikat dan sedang diaplikasikan kepada pesawat komersial.

Kotak hitam merupakan aset penting bagi pesawat kerana dapat merumuskan suatu insiden dan memberikan gambaran teknikal terhadap keadaan pesawat apabila berlaku kemalangan. Oleh sebab itu, pemasangan kotak hitam dilakukan secara meluas pada kebanyakan pesawat komersial.

Namun begitu, tidak semua misteri kemalangan dapat dirungkaikan oleh kotak hitam. Hal ini dikatakan demikian kerana kekangan teknologi yang ada pada masa ini. Yang pasti, ahli sains dan jurutera giat menjalankan usaha bagi memperbaiki teknologi kotak hitam.



Data utama yang dikeluarkan daripada sebuah kotak hitam.