

IDENTIFIKASI TINGKAT KERAWANAN BANDAR UDARA DI INDONESIA

Ari Sandhyavitri
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Riau
Kampus Binawidya, Panam,
Pekanbaru 28293, Riau
ari@unri.ac.id

Tri Tjahjono
Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Indonesia
Depok
tjahjono@ui.ac.id

Alfa Roby Khairumusa
Program Pascasarjana
Teknik Sipil-Transportasi
Universitas Indonesia
Depok

Abstract

The first priority in the airport business area is safety because the risks of fatality and death rates causing aircraft accidents are higher compared to those of other transportation modes. There is a need to investigate the rate of hazardous airports in Indonesia using a combination of Empirical Bayesian and Regression by calculating of their safety indicators. Based on the analyses it was identified that the overall safety rate of airports in Indonesia was 2,502 events per 100 thousand aircraft movements and this was classified as Safe/Regulated Systems. There was also identified 10 airports considered as hazardous ones, based on the deviation values from the largest to the smallest, namely Wamena, Hasanuddin, Polonia, Juanda, Soekarno-Hatta, Sultan Syarif Kasim II, Sepinggan, Abdul Rahman Saleh, Hang Nadim, and Depati Amir, respectively.

Keywords: hazardous airports, safety, aviation, accident, incident

Abstrak

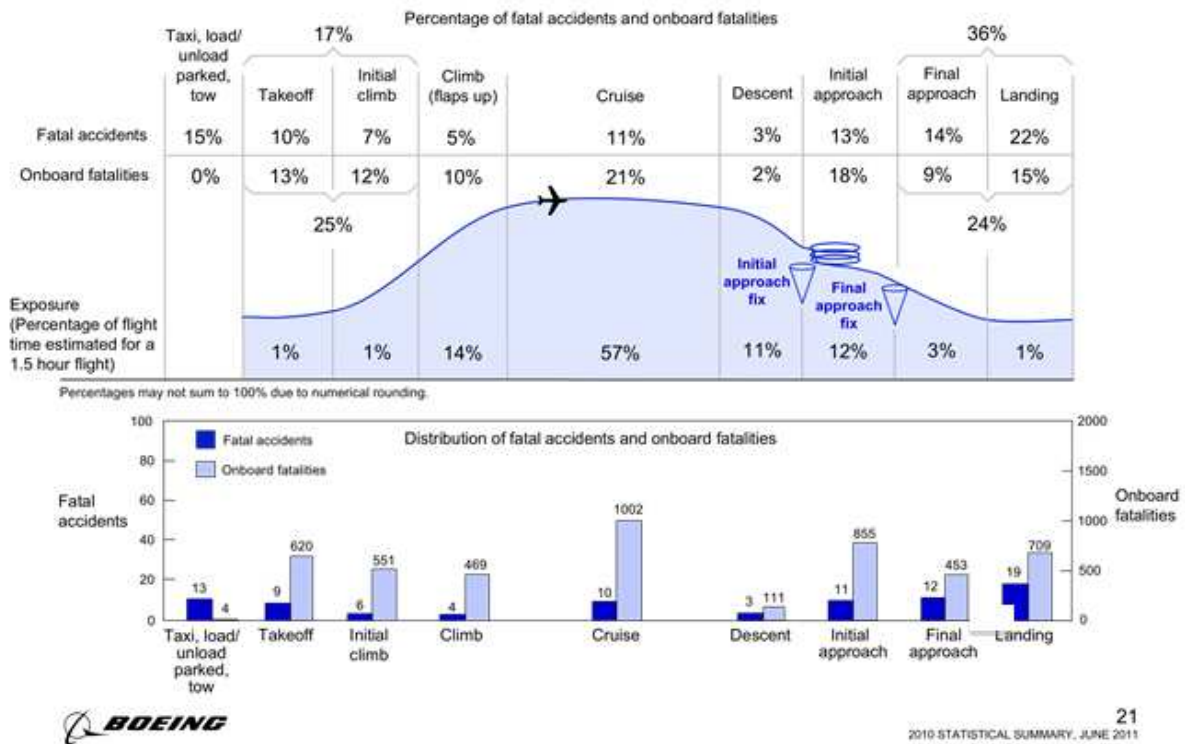
Keselamatan Penerbangan merupakan hal serius karena risiko kematian yang diakibatkan oleh suatu peristiwa kecelakaan pesawat udara relatif tinggi dibandingkan dengan moda transportasi lainnya. Penelitian ini bertujuan menentukan indikator keselamatan penerbangan suatu bandar udara berdasarkan ketentuan International Civil Aviation Organization dan melakukan analisis tingkat kerawanan bandar udara di Indonesia. Penentuan tingkat kerawanan bandar udara dilakukan dengan menggunakan metode kombinasi Empirical Bayesian (EB) dan Regression. Dari analisis yang dilakukan diperoleh tingkat keselamatan penerbangan di bandar udara Indonesia adalah 2.502 kejadian untuk tiap 100 ribu siklus penerbangan atau *events* dan diklasifikasi sebagai *Safe/Regulated Systems*. Tingkat kerawanan 10 (sepuluh) bandar udara, disusun berdasarkan nilai deviasi yang terbesar sampai yang terkecil, adalah Wamena, Hasanuddin, Polonia, Juanda, Soekarno-Hatta, Sultan Syarif Kasim II, Sepinggan, Abdul Rahman Saleh, Hang Nadim, dan Depati Amir.

Kata-kata kunci: tingkat kerawanan bandar udara, keselamatan, penerbangan, kecelakaan.

PENDAHULUAN

Undang-Undang Penerbangan No. 1/2009, Pasal 1, Ayat 48, menyatakan bahwa keselamatan penerbangan adalah suatu keadaan terpenuhinya persyaratan keselamatan dalam pemanfaatan wilayah udara, pesawat udara, bandara, angkutan udara, navigasi penerbangan, serta fasilitas penunjang dan fasilitas umum lainnya. Penyebab utama kecelakaan bukanlah kecerobohan atau ketidakmampuan bekerja operator penerbangan saja dan kesalahan manusia (*human error*) hanyalah bagian paling akhir pada rangkaian penyebab yang mengakibatkan kecelakaan. Penggantian orang tidak akan mencegah

kecelakaan. Yang paling penting dilakukan untuk mencegah kecelakaan adalah mengidentifikasi, memahami, serta mengendalikan faktor-faktor inti penyebab kecelakaan-kecelakaan yang terjadi sebelumnya.



Gambar 1 Proporsi Kecelakaan Fatal dan Korban di Pesawat Berdasarkan Fase Penerbangan (Sumber: Boeing Aircraft Company, 2011)

Pada Gambar 1 dapat diketahui bahwa sebagian besar kecelakaan penerbangan terjadi pada saat keberangkatan atau *departure (take off/climb)* 17%, kedatangan atau *arrival*, dan *landing atau final approach* 36% dengan total 53%. Karena itu perlu dilakukan identifikasi faktor-faktor yang berkontribusi dalam suatu kecelakaan penerbangan di area *take off* dan *landing* bandar udara.

Tujuan penelitian ini adalah:

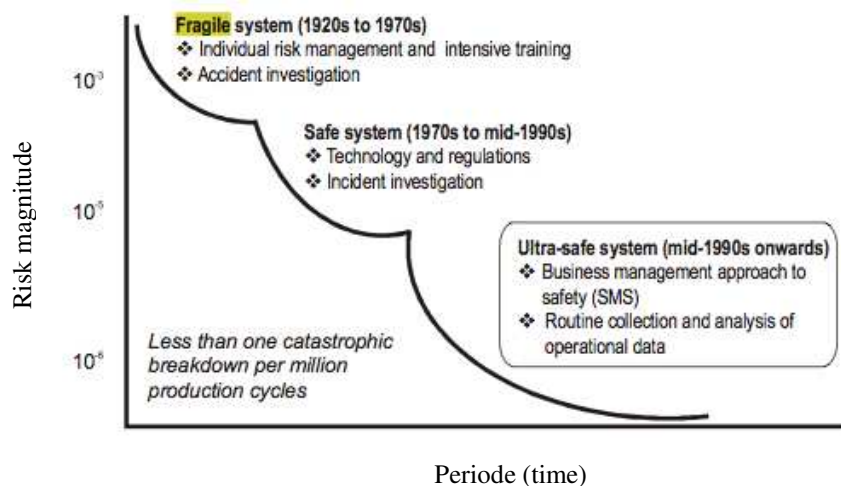
1. mengukur nilai *accident rate* (laju kecelakaan) guna mengetahui tingkat keselamatan penerbangan di Indonesia relatif terhadap ketentuan International Civil Aviation Organization (ICAO), dan
2. mengidentifikasi tingkat kerawanan bahaya bandar udara (*hazard rating analyses of airports*) di Indonesia berdasarkan tingkat kejadian penerbangan (kecelakaan dan kejadian serius) sesuai dengan ketentuan ICAO dan Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil.

Menurut ICAO (2010) kecelakaan pesawat udara adalah situasi atau kejadian yang muncul selama pengoperasian pesawat udara, pada saat seseorang dengan sengaja naik ke pesawat udara untuk tujuan penerbangan sampai waktu ketika dia telah turun dari pesawat

udara. *Nasional Transportasi Safety Board* (NTSB) menggambarkan kecelakaan pesawat yang sama dengan yang diuraikan oleh ICAO tetapi lebih sederhana.

Indikator Keselamatan

Indikator Keselamatan didefinisikan sebagai parameter yang digunakan untuk memberikan karakter dan/atau jenis tingkatan sistem keselamatan. Indikator Keselamatan ini kemudian dihitung sebagai beberapa digit nomor keselamatan yang disebut indikator nilai (ICAO, 2009). Selanjutnya evolusi pemikiran tentang keselamatan telah digambarkan oleh ICAO dalam tiga tahap, yaitu sistem yang rapuh atau *fragile system* (dari tahun 1920 ke tahun 1970-an), sistem yang selamat atau *safe system* (dari tahun 1970 sampai pertengahan 1990-an), dan sistem ultra-selamat atau *ultra-safe system* (dari pertengahan 1990-an dan seterusnya, dengan magnitude risiko kurang dari satu kecelakaan per sejuta peristiwa 1×10^{-6}).



Gambar 2 Sistem Ultra-Aman Industri (ICAO, 2009)

Metode identifikasi lokasi rawan kecelakaan (*black spot*) telah dikembangkan selama bertahun-tahun (Corben et al, 1990; Geurts et al, 2004; Hauer et al (2006); Sørensen et al, 2007; Cheng et al 2005; Elvik, 2008). Menurut Tjahjono (2011) definisi lokasi rawan kecelakaan pada hakekatnya berbeda dari suatu negara ke negara lainnya serta terkait dengan tingginya angka kecelakaan lalu lintas dan kondisi infrastruktur yang ada. Idealnya penetapan lokasi *black spot* didasarkan pada distribusi Poisson.

Metode Empiris Bayesian

Pada hakekatnya prosedur Empiris Bayesian (EB) berupaya memprediksi sesuatu dengan tidak menggunakan hanya satu petunjuk (*clue*) saja tetapi setidaknya-tidaknya dua petunjuk. Misalnya kecelakaan di suatu tempat x (*clue 1*) dan rata-rata kecelakaan pada jenis tempat yang sama pada suatu area (*clue 2*). Perkiraan yang masuk akal tentunya harus memperhatikan kedua petunjuk yang ada. Untuk mendapatkan perkiraan terbaik

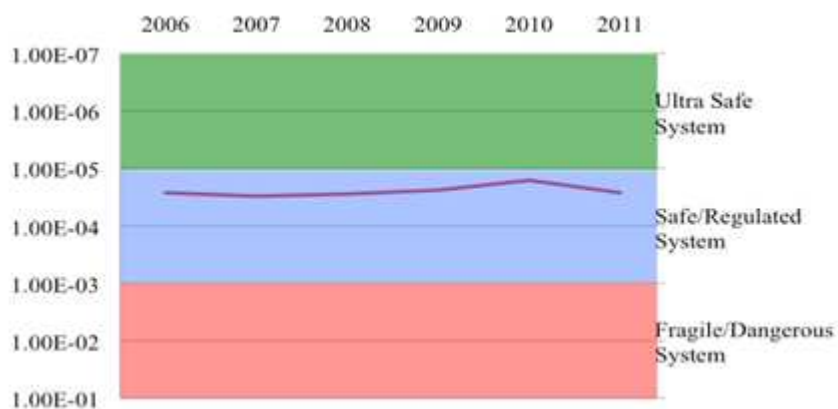
dibutuhkan suatu faktor pembebanan (*weighting factor*) yang dapat menghasilkan suatu nilai di antara kedua nilai petunjuk yang ada. Hal inilah yang menjadi esensi dasar teori EB. Pada studi ini data penerbangan selama periode tahun 2006-2011 yang berasal dari KNKT dan Direktorat Angkutan Udara, Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Kementerian Perhubungan dipergunakan untuk menghitung jumlah total pergerakan penerbangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah kecelakaan penerbangan dan total pergerakan penerbangan di Indonesia periode tahun 2006-2011 dapat dilihat pada Tabel 1. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa selama periode 2006-2011 jumlah kecelakaan di Indonesia adalah 84 kejadian dan jumlah pergerakan penerbangan adalah 6.714.893 pergerakan (keberangkatan dan kedatangan). Berdasarkan data kecelakaan dan pergerakan tersebut, laju kecelakaan (*accident rate*) penerbangan di Indonesia pada periode tahun 2006-2011 adalah 0,00002502 ($2,502 \times 10^{-5}$) dengan nilai laju kecelakaan pada tingkat *safe/regulated system* (kurang dari satu kecelakaan per seribu peristiwa atau 1×10^{-3}).

Tabel 1 Jumlah Kecelakaan dan Pergerakan Penerbangan Periode 2006-2011

Tahun	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Total
Jumlah kecelakaan	13	15	14	13	10	19	84
Jumlah pergerakan penerbangan	977.983	983.577	1.000.349	1.086.680	1.237.502	1.428.802	6.714.893



Gambar 4 Tingkat Keselamatan Penerbangan di Indonesia dengan Pendekatan ICAO

Identifikasi dan Pemeringkatan Bandara Rawan Bahaya di Indonesia

Area yang digunakan dalam penelitian ini adalah seluruh bandar udara di Indonesia yang terdaftar dalam KM 11 tahun 2010, Kementerian Perhubungan, tentang Tatanan Kebandarudaraan Nasional. Dalam KM tersebut terdaftar 233 bandar udara di Indonesia,

dengan kriteria bandara antara lain berdasarkan hirarki bandara (bandar udara pengumpul dan pengumpan), domestik dan internasional, dan kondisi fisik runway. Namun demikian bandar udara yang diteliti adalah bandar udara yang telah beroperasi penuh dan bandar udara baru atau tidak beroperasi reguler tidak dibahas di penelitian ini. Berdasarkan hal tersebut terdapat 196 bandar udara yang dikaji pada studi ini, yang dikelompokkan seperti yang terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pengelompokan Bandara di Indonesia Berdasarkan Pelayanan Jasa Ruang Udara dan Fisik Runway

Kelompok Bandara	Penelitian Bandara	Jumlah Bandara
I	ACC, APP dengan Runway Length >1.200 m	32 bandara
II	ADC & Runway Length >1.800 m	14 bandara
III	ADC & Runway Length 800 m up to <1.800 m	7 bandara
IV	AFIS & Runway Length >1.800 m	11 bandara
V	AFIS & Runway Length 1.200 m up to <1.800 m	27 bandara
VI	AFIS & Runway Length 800 m up to <1.200 m	18 bandara
VII	AFIS & Runway Length <800 m	5 bandara
VIII	Unattended & Runway Length >1.200 m	12 bandara
IX	Unattended & Runway Length 800 m up to <1.200 m	27 bandara
X	Unattended & Runway Length < 800 m	43 bandara

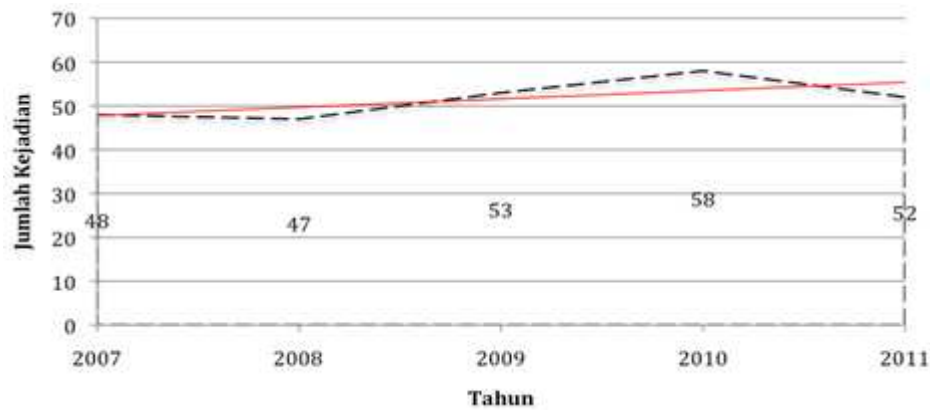
Proporsi *unattended airport* dengan panjang runway kurang dari 800 m adalah yang terbesar (43 bandar udara), dan bandara dengan ACC, APP dengan panjang runway lebih besar dari 1.200 m menempati urutan ke dua (32 bandar udara). Selanjutnya dilakukan penggabungan (*merger*) kelompok bandar udara berdasarkan pelayanan jasa ruang udara dan fisik runway, yang hasilnya dapat terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Matriks Pengelompokan Bandar Udara Berdasarkan Pelayanan Jasa Ruang Udara dan Fisik Runway di Indonesia Setelah Dilakukan Penggabungan

	a	B	C	D
A	Aa	Ab	Ac	
B	Ba	Bb		AdBcBd ^I
C	Ca		CbCc ^{III}	Cd ^{II}
D	Da ^{VII}	Db ^{VI}	Dc ^V	Dd ^{IV}
E	Ea ^X	Eb ^{IX}		EcEd ^{VIII}

Gambar 5 merupakan kecenderungan jumlah kejadian dalam penerbangan dari tahun 2006 hingga tahun 2011. Terlihat bahwa tren jumlah kejadian meningkat selama 5 tahun terakhir dan hal ini sejalan dengan peningkatan pergerakan penerbangan (volume lalu lintas penerbangan).

Jumlah kejadian dalam penerbangan tersebut meliputi kecelakaan (*accident*), kejadian serius (*serious incident*), dan kejadian (*incident*), dengan detail sesuai dengan Tabel 4. Jumlah kejadian dalam periode 2007-2011 berfluaksi dari 9 kejadian sampai 35 kejadian pertahun, dengan kejadian serius 7 sampai 24 kejadian per tahun.



Gambar 5 Tren Jumlah Kejadian Penerbangan di Indonesia Periode Tahun 2007-2011

Tabel 4 Detail Jumlah Kejadian Penerbangan Periode Tahun 2007-2011

Tahun	2007	2008	2009	2010	2011	Total
Kecelakaan	15	14	13	10	19	84
Kejadian Serius	7	24	10	13	14	90
Kejadian	26	9	30	35	19	141

Jumlah Kejadian Tercatat

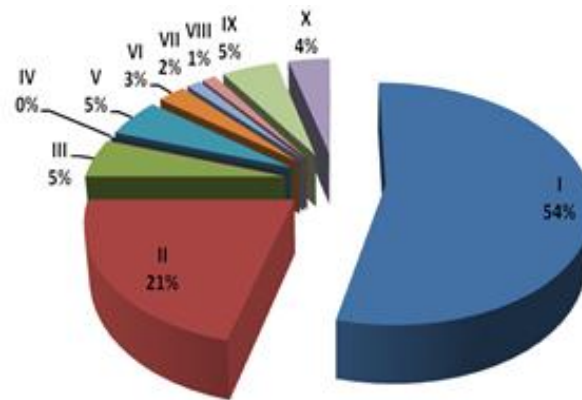
Berdasarkan evaluasi atau validasi yang dilakukan dan sesuai dengan pengelompokan Bandar udara sebelumnya, jumlah kejadian pada tiap kelompok bandara dapat dilihat pada Tabel 5. Proporsi jumlah kejadian pada tiap kelompok bandar udara dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 5 Jumlah Kejadian Penerbangan pada Tiap Kelompok Bandar Udara Periode Tahun 2007-2011

No.	Kelompok Bandara	Jumlah Bandar Udara	Jumlah Kejadian
1	I	32	41
2	II	14	16
3	III	7	4
4	IV	11	0
5	V	27	4
6	VI	18	2
7	VII	5	1
8	VIII	12	1
9	IX	27	4
10	X	43	3
Total		196	76

Untuk jumlah kejadian dalam penerbangan selama periode tahun 2007-2011 pada tiap individual bandar udara dijadikan sebagai jumlah kejadian tercatat (*recorded occurrence*). Pergerakan penerbangan (keberangkatan dan kedatangan) yang dicatat pada penelitian ini terjadi selama periode 2006-2011. Data pergerakan didapat dari Direktorat Angkutan Udara, Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Kementerian Perhubungan. Jumlah pergerakan penerbangan di Indonesia dari tahun 2006 sampai dengan 2011, baik

domestik maupun internasional, dapat dilihat pada Tabel 6. Terlihat bahwa pergerakan penerbangan di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun dengan peningkatan rata-rata sekitar 12% per tahunnya.



Gambar 6 Proporsi Jumlah Kejadian pada Tiap Kelompok Bandar Udara

Tabel 6 Jumlah Pergerakan Penerbangan di Indonesia Periode Tahun 2006-2007

Pergerakan Penerbangan	Tahun					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Domestik	879103	886201	888594	963148	1097044	1273716
Internasional	98880	97376	111755	123532	140458	155086
Total	977983	983577	1000349	1086680	1237502	1428802

Penentuan Tingkat Bahaya di Bandara

Setelah mendapat nilai *expected occurrence* pada tiap bandar udara di Indonesia maka dapat ditentukan nilai bahaya (*hazardous value*) pada tiap bandar udara tersebut. Nilai bahaya dapat dihitung dengan mengetahui deviasi antara *expected occurrence* dengan *recorded occurrence*. Dari nilai deviasi tersebut dapat diukur tingkat bahaya tiap bandar udara di Indonesia. Hasil perhitungan untuk 10 bandar udara dengan deviasi terbesar antara *expected occurrence* dengan *recorded occurrence* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Perhitungan Deviasi *Expected Occurrence* dengan *Recorded Occurrence* untuk 10 (Sepuluh) Bandar Udara dengan Deviasi Tertinggi

No.	Bandar Udara	Kelompok Bandara	Total Pergerakan	Total Kejadian (Recorded, R)	Predicted, P	Expected, $E(P,R) = \alpha * P + (1-\alpha) * R$	Deviation (D=E-P)
42	Wamena	II	103539	8	0,259	4,221	3,962
1	Hasanuddin	I	212656	6	0,892	4,432	3,540
22	Polonia	I	213231	4	0,892	3,046	2,154
14	Juanda	I	354483	4	0,892	3,046	2,154
2	Soekarno-Hatta	I	1079099	4	0,892	3,046	2,154
23	St. Syarif Kasim II	I	79411	3	0,892	2,353	1,461
19	Sepinggan Abdul Rahman	I	193078	3	0,892	2,353	1,461
43	Saleh	II	7418	2	0,259	1,150	0,891
34	Hang Nadim	II	104966	2	0,259	1,150	0,891
30	Depati Amir	I	31906.4	2	0,892	1,660	0,768

Dari Tabel 7 terlihat bahwa 10 bandar udara yang memiliki tingkat bahaya tertinggi adalah:

1. Wamena; dengan nilai deviasi 3,962
2. Hasanuddin; dengan nilai deviasi 3,540
3. Polonia; dengan nilai deviasi 2,154
4. Juanda; dengan nilai deviasi 2,154
5. Soekarno-Hatta; dengan nilai deviasi 2,154
6. Sultan Syarif Kasim II; dengan nilai deviasi 1,461
7. Sepinggan; dengan nilai deviasi 1,461
8. Abdul Rahman Saleh; dengan nilai deviasi 0,891
9. Hang Nadim; dengan nilai deviasi 0,891
10. Depati Amir; dengan nilai deviasi 0,768

Perbandingan Pemeringkatan

Untuk memastikan analisis pemeringkatan dengan metode kombinasi Bayesian dan Regression memiliki kelebihan dalam memperhitungkan perubahan keselamatan lalulintas yang disebabkan oleh fenomena regresi terhadap nilai rata-rata (RTR) atau “*regression-to-mean*” pada suatu tempat dengan karakteristik yang sama, dilakukan perbandingan pemeringkatan dengan metode sederhana, yaitu hanya menghitung jumlah kejadian dan pergerakan penerbangan pada suatu tempat.

Hasil perbandingan pemeringkatan berdasarkan kedua metode tersebut dapat dilihat pada Tabel 8. Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan antara hasil pembuatan peringkat kerawanan secara sederhana langsung berdasarkan jumlah kejadian tercatatnya dengan metode Bayesian dan Regression.

Tabel 8 Perbandingan Hasil Tingkat Kerawanan Bandara antara Pendekatan Statistika (Sederhana) dengan Metode Kombinasi Bayesian dan Regression

Metode Pemeringkatan Sederhana				Metode Pemeringkatan Kombinasi Bayesian dan Regression			
Peringkat	Bandar Udara	Total Pergerakan	Total occurrence (Recorded, R)	Peringkat	Bandar Udara	Total Pergerakan	Deviation (D=E-P)
1	Wamena	103539	8	1	Wamena	103539	3,962
2	Hasanuddin	212656	6	2	Hasanuddin	212656	3,540
3	Polonia, Juanda, dan Soekarno-Hatta	213231,	4	3	Polonia	213231	2,154
		354483,		4	Juanda	354483	2,154
		1079099		5	Soekarno-Hatta	1079099	2,154
4	St. Syarif Kasim II dan Sepinggan	79411 dan 193078	3	6	St. Syarif Kasim II	79411	1,461
			3	7	Sepinggan	193078	1,461
5	Penggung-Cakrabuana, Abdul Rahman Saleh, dan Budiarto	5377, 7418 dan 8925	2	8	Abdul Rahman Saleh	7418	0,891
				9	Hang Nadim	104966	0,891
				10	Depati Amir	31906	0,768

Hal ini dikarenakan dalam penentuan tingkat kerawanan bandar udara digunakan pendekatan statistika sederhana, yang berpedoman pada total pergerakan dan total kejadian (*occurrences*) sehingga total kejadian selama masa pengamatan (7 tahun) dikelompokkan dan mempunyai nilai yang sama. Akibatnya tingkat kerawanan 10 bandar udara menghasilkan 5 kelompok tingkat kerawanan bandar udara. Hasilnya tidak tersusun secara berurut karena masih berkelompok. Sedangkan melalui pendekatan metode bayesian dan regresi dianalisis perubahan keselamatan lalulintas yang disebabkan oleh fenomena regresi terhadap nilai rata-rata (RTR) atau “*regression-to-mean*” pada suatu tempat dengan karakteristik yang sama. Dengan demikian diperoleh hasil yang lebih rinci terhadap tingkat kerawanan bandar udara berdasarkan urutannya (dari angka deviasi yang terbesar sampai yang terkecil). Semakin tinggi nilai deviasi ini semakin tinggi tingkat kerawanan bandar udara tersebut terhadap kemungkinan terjadinya bahaya kecelakaan.

KESIMPULAN

Dari studi ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingkat keselamatan penerbangan di Indonesia diketahui pada nilai 2.502 kejadian pada tiap 100 ribu siklus penerbangan atau *events* (2.502×10^{-5}). Dengan angka tersebut tingkat keselamatan penerbangan di Indonesia termasuk pada klasifikasi *Safe/Regulated Systems*.
2. Perbandingan tingkat kerawanan bandara yang ditinjau berdasarkan: (i) data statistik berdasarkan kejadian tercatat (*recorded occurrence*), dan (ii) metode kombinasi Bayesian dengan Regression menghasilkan 10 (sepuluh) bandar udara dengan tingkat rawan bahaya tertinggi adalah Wamena, Hasanuddin, Polonia, Juanda, Soekarno-Hatta, Sultan Syarif Kasim II, Sepinggan, Abdul Rahman Saleh, Hang Nadim, dan Depati Amir
3. Berdasarkan perbandingan yang dilakukan pada studi ini dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan antara penentuan tingkat kerawanan secara sederhana (langsung berdasarkan jumlah kejadian tercatat) dengan menggunakan metode kombinasi Bayesian dengan Regression. Metode Bayesian dan Regression memperhitungkan perubahan keselamatan lalulintas yang disebabkan oleh fenomena regresi terhadap nilai rata-rata (RTR) atau “*regression-to-mean*” suatu tempat dengan karakteristik yang sama dan adanya pengelompokan bandar udara dalam suatu *cluster* yang sama dan hal ini tidak terjadi pada analisis statistika sederhana.

DAFTAR PUSTAKA

Cheng, W., Washington, S. P. 2005. *Experimental Evaluation of Hotspot Identification Methods*. Elsevier: Accident Analysis and Prevention 37 (5): 870- 881.

- Elvik, R. 2008. *The Predictive Validity of Empirical Bayes Estimates of Road Safety*. Elsevier: Accident Analysis and Prevention 40 (6): 1964-1969.
- International Civil Aviation Organization. 2009. *Annex 14, Aerodromes*, Fifth Edition. Montreal.
- International Civil Aviation Organization. 2010. *Annex 13, Aircraft Accident and Incident Investigation*, Tenth Edition. Montreal.
- Kementerian Perhubungan. 2010. Peraturan Menteri Perhubungan No. KM 11 Tahun 2010, Tentang Tatahan Kebandarudaraan Nasional, Jakarta.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2009. Undang-Undang No. 1 Tahun 2009 Tentang Penerbangan. Jakarta.
- Perrow, C. 1994. *The Limit of Safety: The Enhancement of A Theory of Accident*. Journal of Contingencies and Crisis Management. 2 (4): 212-220.