

PERANCANGAN *COMPUTER AIDED SYSTEM* DALAM MENGANALISA *HUMAN ERROR* DI PERKERETAAPIAN INDONESIA

Wiwik Budiawan¹, Hardianto Iridiastadi²

¹Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang 50131

²Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung, Bandung 50131

wiwikbudiawan@gmail.com, hiridias@vt.edu

Abstrak

Kecelakaan kereta api (KA) yang terjadi secara beruntun di Indonesia sudah berada pada tingkat kritis. Berdasarkan data dari Direktorat Jendral Perkeretaapian, dalam kurun 5 tahun terakhir (2005-2009) total terdapat 611 kecelakaan KA. Banyak faktor yang berkontribusi menyebabkan terjadinya kecelakaan, antara lain: sarana, prasarana, SDM operator (*human error*), eksternal, dan alam. Kegagalan manusia (*Human error*) merupakan salah satu faktor yang berpotensi menyebabkan terjadinya suatu kecelakaan KA dan dinyatakan sebagai faktor utama penyebab terjadinya suatu kecelakaan kereta api di Indonesia. Namun, tidak jelas bagaimana teknik analisis ini dilakukan. Kajian *human error* yang dilakukan Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) masih relatif terbatas, tidak dilengkapi dengan metode yang sistematis. Terdapat beberapa metode yang telah dikembangkan saat ini, tetapi untuk moda transportasi kereta api masih belum banyak dikembangkan. *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS) merupakan metode analisis *human error* yang dikembangkan dan disesuaikan dengan sistem perkeretaapian Indonesia. Guna meningkatkan keandalan dalam *analisis human error*, HFACS kemudian dikembangkan dalam bentuk aplikasi berbasis web yang dapat diakses di komputer maupun *smartphone*. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh KNKT sebagai metode analisis kecelakaan kereta api khususnya terkait dengan *human error*.

Kata kunci : *human error*, HFACS, CAS, kereta api

Abstract

Train wreck (KA) which occurred in quick succession in Indonesia already at a critical level. Based on data from the Directorate General of Railways, during the last 5 years (2005-2009) there were a total of 611 railway accidents. Many factors contribute to cause accidents, such as: facilities, infrastructure, human operator (human error), external, and natural. Human failure (Human error) is one of the factors that could potentially cause a train accident and expressed as the main factors causing the occurrence of a train crash in Indonesia. However, it is not clear how this analysis technique is done. Studies of human error made National Transportation Safety Committee (NTSC) is still relatively limited, is not equipped with a systematic method. There are several methods that have been developed at this time, but for railway transportation is not widely developed. Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) is a human error analysis method were developed and adapted to the Indonesian railway system. To improve the reliability of the analysis of human error, HFACS then developed in the form of web-based applications that can be accessed on a computer or smartphone. The results could be used by the NTSC as railway accident analysis methods particularly associated with human error.

Keywords: *human error*, HFACS, CAS, railways

PENDAHULUAN

Kecelakaan kereta api (KA) yang terjadi secara beruntun di Indonesia sudah berada pada tingkat kritis. Berdasarkan data dari Direktorat Jendral Perkeretaapian, dalam kurun 5 tahun terakhir (2005-2009) total terdapat 611 kecelakaan KA, dimana kecelakaan KA pada tahun 2005 (120 kecelakaan, 36 orang meninggal), tahun 2006

(114 kecelakaan, 50 orang meninggal), tahun 2007 (156 kecelakaan, 34 orang meninggal), tahun 2008 (139 kecelakaan, 33 orang meninggal) dan tahun 2009 (82 kecelakaan, 41 orang meninggal). Kerugian material yang ditimbulkan dari sebuah kejadian kecelakaan KA jumlahnya tidak sedikit bagi manajemen PT. Kereta Api Indonesia (KAI) (persero), kerugian tersebut merupakan akumulasi dari

biaya perbaikan sarana dan prasarana, santunan korban, dan kerugian operasional akibat keterlambatan. Sebagai contoh, kecelakaan Kereta Api Logawa dimana tiga gerbong terguling dan empat gerbong anjlok yang terjadi di Madiun, Jawa Timur, total kerugian yang ditanggung PT. KAI mencapai sekitar Rp 6 miliar [1]. Selain kerugian material, yang cukup menjadi perhatian adalah banyaknya jumlah korban jiwa, data dari Direktorat Jenderal (Ditjen) Perkeretaapian dalam kurun waktu lima tahun terakhir (2005-2009) jumlah korban jiwa mencapai 1058 jiwa yaitu terdiri dari 18,34% meninggal dunia; 37,71% luka berat; dan 43,95% luka ringan.

Banyak faktor yang berkontribusi menyebabkan terjadinya kecelakaan, antara lain: sarana, prasarana, SDM operator (human error), eksternal, dan alam. Data yang diperoleh dari Ditjen Perkeretaapian menyimpulkan bahwa 35% dari kecelakaan diakibatkan oleh aspek sumber daya manusia (operator). Kontribusi dari aspek eksternal adalah sebanyak 20%. Sebanyak 23% dan 18% dari kecelakaan KA tersebut disebabkan berturut-turut oleh faktor sarana dan prasarana. Human error sebagai penyebab terbesar dalam kecelakaan KA di Indonesia juga disebutkan pada hasil penelitian Nugraha [2] sebanyak 70% dan Iridiastadi & Budiawan (2010) sebanyak 62,05%. Tingginya persentase human error di kereta api Indonesia juga dialami oleh negara Asia lain, salah satunya adalah Korea yang memiliki persentase kecelakaan kereta api dengan penyebab human error sebanyak 61% dari seluruh jumlah kecelakaan kereta api dengan jumlah human error yang murni disebabkan oleh manusia (pure human error) sebanyak 74% [3]. Sedangkan di India dimana sistem perkeretaapian juga memegang peranan penting dalam masalah transportasi [4]. Amitabh menyebutkan bahwa jumlah kecelakaan kereta api di India yang disebabkan oleh human error adalah sebanyak 65% dari seluruh kecelakaan yang terjadi. Kegagalan manusia (Human error) merupakan salah satu faktor yang berpotensi menyebabkan terjadinya suatu kecelakaan KA dan dinyatakan sebagai faktor utama penyebab terjadinya suatu kecelakaan kereta api di Indonesia, dimana banyak pihak yang

berkontribusi terhadap faktor human error ini. Namun, tidak jelas bagaimana teknik analisis ini dilakukan. Kajian human error yang dilakukan Komite Nasional Keselamatan Transportasi masih relatif terbatas, tidak dilengkapi dengan metode yang sistematis. Analisis yang dilakukan oleh KNKT saat ini hanya terbatas pada level human error dan belum secara rinci faktor-faktor yang berkontribusi pada penyebabnya tersebut, sebagai contoh tumburan KA 49 Rajawali dengan KA 1002 Antaboga dengan penyebabnya utamanya adalah pelanggaran sinyal tetapi tidak disebutkan penyebab pelanggaran sinyal tersebut. Terdapat kontribusi aspek-aspek lain (manajemen, sistem, dll) yang kemudian menyebabkan operator gagal melakukan tugasnya [5][6].

Soesilo (2007), menyebutkan bahwa salah satu fungsi utama keselamatan adalah mencari tahu mengapa kecelakaan dapat terjadi, sampai ditemukan akar penyebabnya. Fungsi keselamatan ini bukan merupakan usaha untuk mencari kesalahan orang (no blame), tetapi untuk mengevaluasi pada bagian mana yang berkontribusi terhadap kejadian kecelakaan. Salah satu pendekatan yang sering dilakukan dalam mengkaji kecelakaan transportasi (atau human error pada umumnya) adalah dengan mengidentifikasi dan memahami klasifikasi (taksonomi) human error. Pendekatan ini dapat menghasilkan sejumlah informasi penting, seperti jenis error, faktor-faktor penyebab error, bobot (kontribusi) dari masing-masing faktor, rangkaian proses yang terlibat, hingga langkah-langkah pencegahan yang dapat dilakukan. Terdapat sejumlah teknik identifikasi human error yang dikembangkan oleh beberapa ahli selama 20 tahun terakhir ini, antara lain SHERPA (Embrey, 1986), GEMS (Reason, 1990), CREAM (Hollnagel, 1998), and HEIST (Kirwan, 1994). Banyak teknik identifikasi human error yang dipengaruhi oleh kerangka dari Rasmussen et al. (1981) yaitu Skill, Rule, and Knowledge-based (SRK), dan kerangka dari Reason (1990) yang meklasifikasikan penyebab human error berupa slip, penyimpangan, kesalahan dan pelanggaran (atau kombinasi keduanya).

Terdapat tiga teknik yang sudah dimanfaatkan dalam menganalisa kecelakaan

kereta api di Indonesia, antara lain SHERPA, HEART, dan HFACS. SHERPA dikembangkan oleh Kirwan [7], dan dengan metoda ini, human error diklasifikasikan kedalam beberapa kelompok pekerjaan (tasks). Pramono [8] memanfaatkan teknik ini, dengan hasil antara lain sekitar hampir kesalahan adalah 25% akibat dihilangkannya pemeriksaan dan 29% adalah tindakan yang tidak dikerjakan. Salah satu yang banyak digunakan untuk menganalisis human error adalah HEART. Human Error Assesment and Reduction Technique (HEART) banyak digunakan di dunia penerbangan. Hendrawan [9] menggunakan metode ini untuk menganalisis keandalan (Reliability) pilot ketika sedang melakukan proses landing (pendaratan). Murphi [10] menggunakan metode ini untuk menganalisa keandalan masinis pada fase pemberangkatan kereta api dengan hasil bahwa faktor terbesar yang menyebabkan terjadinya kecelakaan kereta api adalah kesalahan interpretasi berbagai semboyan (23%). Salah satu teknik yang akhir-akhir ini telah cukup banyak digunakan dalam menganalisis human error di dunia transportasi, khususnya penerbangan sipil, adalah Human Factors Analysis and Classification System atau HFACS [11]. Pratama [12] memanfaatkan teknik ini pada analisis kecelakaan kereta api, diidentifikasi bahwa faktor yang paling berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan yang disebabkan oleh human error adalah preconditions for operator acts. Faktor ini terdiri dari faktor lingkungan, kondisi fisik dan mental dari operator serta *crew resource management*.

Penentuan metode apa yang sesuai acapkali ditentukan oleh konteks human error, serta setting dimana suatu error terjadi. Kirwan [13] memanfaatkan sejumlah kriteria yang dapat digunakan untuk menentukan sesuai tidaknya suatu metodologi digunakan dalam mengevaluasi human error. Kriteria-kriteria penilaian dimulai dari kelengkapan, struktur dan konsistensi, tingkat pengaplikasian daur hidup, keakuratan prediksi, validitas teoritis, validitas kontekstual, fleksibilitas, dan kemampuan untuk diaudit. Dengan memanfaatkan teknik analisis human error yang sesuai dengan

sistem perkeretaapian Indonesia, kajian yang lebih dalam dan lengkap dapat dilakukan.

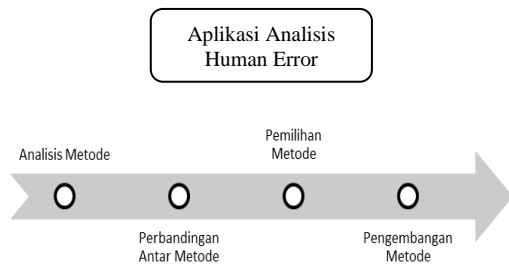
METODE

Salah satu tahap penting dalam penelitian ini adalah mengembangkan metode analisis human error yang sesuai untuk kondisi sistem perkereta-apian di Indonesia. Tahap ini akan dibantu dengan sejumlah data (data primer maupun sekunder) yang dikumpulkan dengan berbagai teknik. Data-data primer yang akan dikumpulkan berupa opini/pendapat dari pakar/ahli yang berpengalaman dalam melakukan investigasi kecelakaan KA dalam hal ini adalah Tim investigator KNKT dan Tim committee onderzoek (CO) PT.KAI. Data-data sekunder yang dikumpulkan berupa data-data kecelakaan KA yang diperoleh dari PT.KAI dan KNKT, dan data metode analisis human error yang akan dibandingkan. Data-data kecelakaan KA sangat berguna dalam memberikan gambaran secara kuantitatif kondisi perkeretaapian di Indonesia. Sedangkan data metode analisis human error yang akan dibandingkan adalah berdasarkan pernah atau tidaknya metode analisis human error dipakai di moda transportasi Kereta Api Indonesia. Ditemukan 3 metode yang pernah diaplikasikan dalam moda transportasi kereta api Indonesia, yaitu SHERPA, HFACS, dan HEART

Tahap pengembangan metode analisis human error terdiri dari tahap analisa masing-masing metode (SHERPA, HFACS, dan HEART), tahap perbandingan antar metode dengan menggunakan kriteria dari Kirwan (1992), pemilihan metode yang terbaik sesuai dengan kriteria dari Kirwan [7], dan kemudian dilanjutkan dengan pengembangan metode yang sudah terpilih.

Kriteria metode *analisis human error*:

1. Comprehensive
2. Structure and Consistency
3. Life cycle stage applicability
4. Predictive accuracy
5. Theoretical validity
6. Contextual validity
7. Flexibility
8. Usefulness
9. Training requirement
10. Resource usage
11. Usability
12. Auditability



Gambar 1 Tahap pengembangan metode analisis human error

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kirwan [13] menyatakan terdapat tiga buah kriteria utama untuk mengevaluasi penggunaan teknik indentifikasi human error (HEI) yaitu

1. Teknik HEI dapat mengidentifikasi error secara komprehensif. Maksud dari komprehensif adalah dapat mengidentifikasi seluruh error yang bersifat kritis yang dapat menimbulkan dampak signifikan.
2. Teknik HEI dapat digunakan secara akurat untuk mengidentifikasi potensi terjadinya human error khususnya untuk kepentingan dalam mereduksi error.
3. Teknik HEI dapat mendokumentasikan evaluasi yang telah dilakukan untuk keperluan jangka panjang.

Ketiga kriteria diatas dikembangkan lagi dengan menambah kriteria yang berhubungan dengan pelaku evaluasi, ketersediaan sumber daya, serta pertimbangan peraturan yang berlaku [13]. Penilaian menggunakan tiga skala yaitu L= *Low*, M=*Medium*, dan H=*High*. Berdasarkan pemanfaatan ketiga metode (SHERPA, HFACS, dan HEART) dan kemudian dilakukan evaluasi terhadap kecelakaan terbaru dengan melibatkan ahli dalam memberikan penilaian maka dapat disimpulkan hasil ketiga metode tersebut sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil Perbandingan SHERPA, HFACS, dan HEART (Comprehensive)

Metode	Comprehensive	Consistency	Theoretical Validity	Usefulness	Resource usage	Audibility/Acceptability
SHERPA	M	H	H	M	M	M
HFACS	M	H	M	H	H	H
HEART	M	M	L	L	M	M

L=*Low*; M=*Medium*; H=*High*; N/K=*Not Know*

Pengembangan Metode Identifikasi Human Error

Dengan melihat perbandingan dari masing-masing metode maka dapat disimpulkan HFACS dapat dimanfaatkan dalam menganalisa penyebab dari kecelakaan atau kegagalan KA di Indonesia. Menurut Reinach & Viale [14], salah satu keunggulan dari HFACS adalah aplikasinya yang luas selain di bidang pesawat terbang karena sifatnya yang general. Berdasarkan alasan tersebut, banyak modifikasi yang telah dilakukan terhadap model dasar HFACS, salah satunya adalah HFACS RR (Rail Road) yang digunakan untuk industri kereta api. Tetapi HFACS RR belum bisa dimanfaatkan langsung di lingkungan Indonesia, karena harus melihat aspek-aspek yang lain yang muncul di kondisi Kereta Api Indonesia.

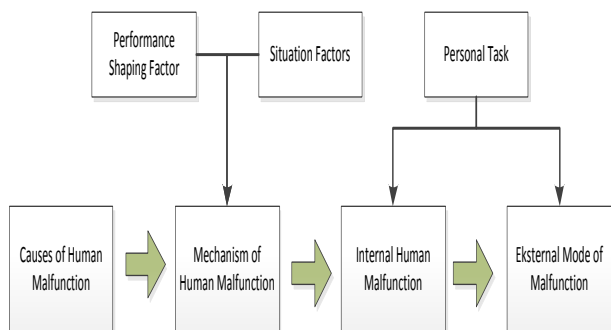
Berdasarkan hasil laporan hasil investigasi KNKT dan potensial *error* dari setiap pekerjaan, ditemukan beberapa faktor utama pendorong terjadinya kecelakaan kereta api di Indonesia, yaitu:

- a. Pelanggaran administrasi
- b. Pelanggaran berbagai semboyan dan sinyal
- c. Kesalahan interpretasi berbagai semboyan
- d. Melanggar aturan
- e. Salah mengsetimasi
- f. Kurangnya kemampuan analisa dan perbaikan
- g. Kurangnya komunikasi verbal
- h. Kurangnya waktu yang tersedia untuk memperbaiki pelanggaran
- i. Keandalan sarana dan prasarana pendukung rendah
- j. Kesiapan fisik dan mental sehingga tidak bisa bekerja secara maksimal
- k. Banyaknya bangunan liar di sekitar petak jalan
- l. Sabotase dari pihak internal maupun eksternal
- m. Kurangnya pengawasan
- n. Seringnya terjadi keterlambatan

Berdasarkan faktor utama pendorong terjadinya kecelakaan kereta api di Indonesia, Enam di antaranya adalah personil yang memiliki keahlian rendah atau tidak terlatih, desain peralatan tidak memadai, lingkungan kerja yang buruk, motivasi tidak mencukupi,

alat tidak sesuai, dan prosedur melakukan pekerjaan yang tidak memadai.

Kirwan [15] menjelaskan bahwa banyak metode analisis human error yang mengacu pada Skill, Rule, and Knowledge-based (SRK) behaviour framework [16] dan Klasifikasi kecelakaan slips, lapse, mistakes dan violatin (atau kombinasi keduanya)[17]. Rasmussen [16] menjelaskan bahwa kegagalan manusia internal (*Internal Human Malfunction*) dalam bentuk deteksi, identifikasi, keputusan dan tindakan melalui mekanisme kegagalan yang disebabkan beberapa penyebab yang didukung oleh faktor pendukung kinerja dan situasi dalam bekerja.



Gambar 2 Skill Rule, and Knowledge-based (SRK) behaviour framework (Rasmussen et al., 1981)

Penyebab kegagalan manusia (*Causes of Human Malfunction*) menurut Rasmussen (1981) terjadi karena peristiwa eksternal, tugas yang berlebihan, ketidakmampuan operator, dan hakekat kondisi manusia yang mudah berubah. Penyebab tersebut selanjutnya didukung oleh faktor pendukung kinerja atau *Performance Shaping Factors* (tujuan pribadi, beban mental, dan faktor afektif) dan situasi dalam bekerja atau *Situation Factors* (karakteristik pekerjaan, lingkungan fisik, dan karakteristik waktu kerja) membentuk suatu mekanisme kegagalan manusia (*Mechanisms of Human Malfunction*) dalam bentuk diskriminasi antara kondisi manusia dan sistem, pemrosesan informasi dari dan ke sistem, perbaikan suatu kesalahan atau ketidaksesuaian, penarikan kesimpulan, dan kondisi fisik.

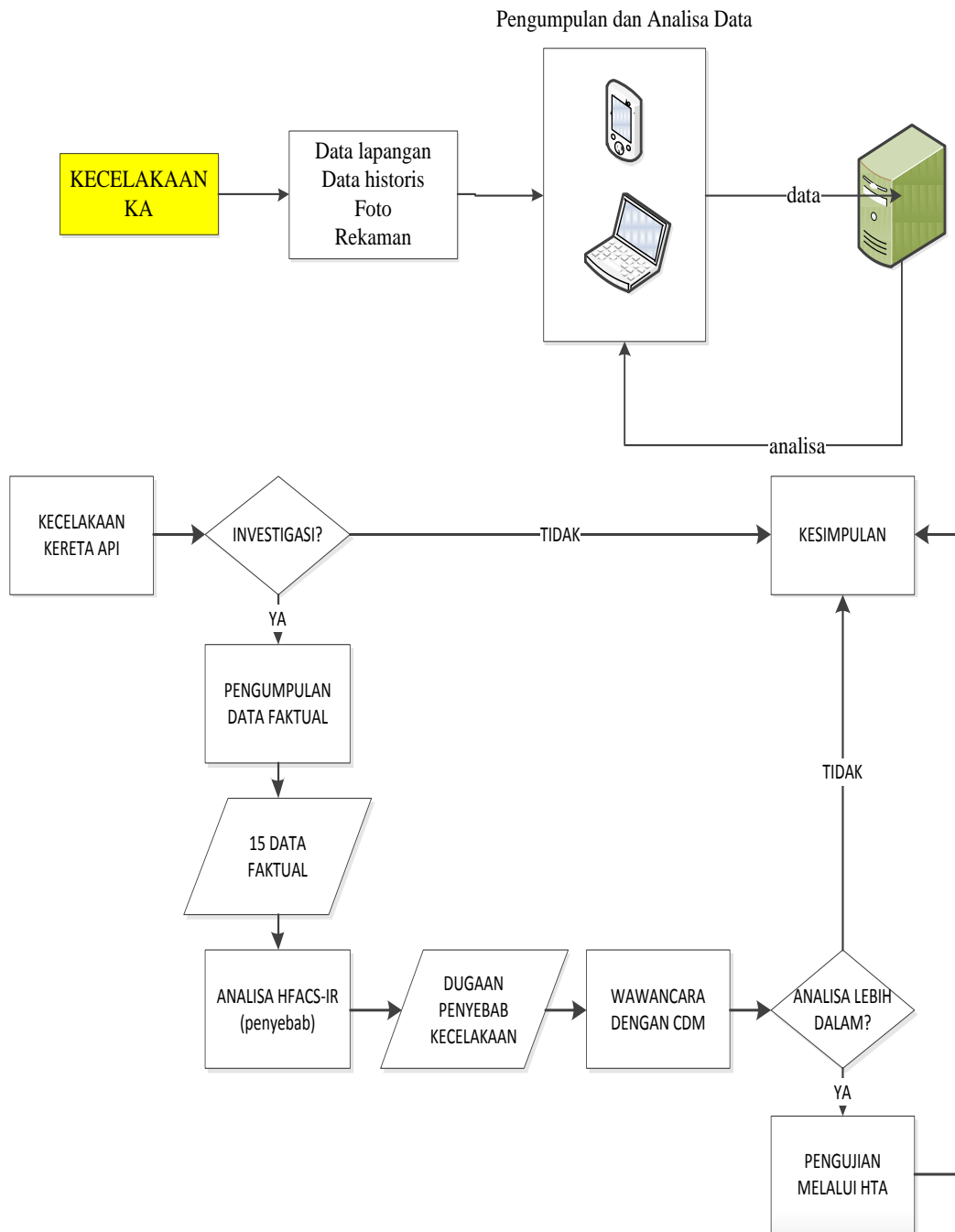
Berdasarkan kondisi kecelakaan KA di Indonesia yang dijelaskan sebelumnya dan beberapa teori tentang *human error* maka dimungkinkan HFACS untuk dikembangkan

berdasarkan kondisi perkeretaapian Indonesia. Fokus pengembangan HFACS adalah pada faktor-faktor penyebab yang mungkin terjadi. Faktor-faktor tersebut kemudian ditempatkan *pada* level atau sub level yang sesuai dengan kategori level tersebut. Hasil pengembangan metode analisis human HFACS-Indonesia Railways adalah sebagai berikut:

- **Level 1: Operator Acts**
 - Errors
 - Skill Based Errors: Minimum Technique, Attention Failure, Memory Lapse
 - Decision Errors: Minimum Knowledge, Problem Solving, Prosedural Error
 - Perceptual Errors: Awareness, Detection, Identification
 - Contraventions
 - Routine
 - Exceptional
 - Sabotage
- **Level 2: Precondition for Operator Acts**
 - Environmental Factors
 - Physical Environment: Weather, Hazard, Workplace
 - Technological Environment
 - External Event
 - Conditions of Operators
 - Adverse Mental States
 - Adverse Physiological States
 - Physical/Mental Limitation
 - Practices Personnel
 - Resource Management: Communication, Coordination, Planning
 - Personal Readiness
- **Level 3: Supervisory Factors**
 - Minimum Supervision
 - Availability
 - Competency
 - Quality
 - Timeliness
 - Planned Inappropriate Operations
 - Risk Assessment
 - Improper Planning
 - Employee Capability
 - Minimum Resources
 - Failed to Correct Problem
 - Supervisory Contraventions

- **Level 4: Organizational Factors**
 - Resource Management
 - Personnel Resources
 - Financial Resources
 - Equipment/ Facility Resources
 - Rule Resources
 - Organizational Climate
 - Structure
 - Policies
- **Level 5: Outside**
 - Regulatory Oversight
 - Economic/ Political/ Social/ Legal Environment
 - Culture
 - Operations
 - Practices and Procedures
 - Safety Oversight

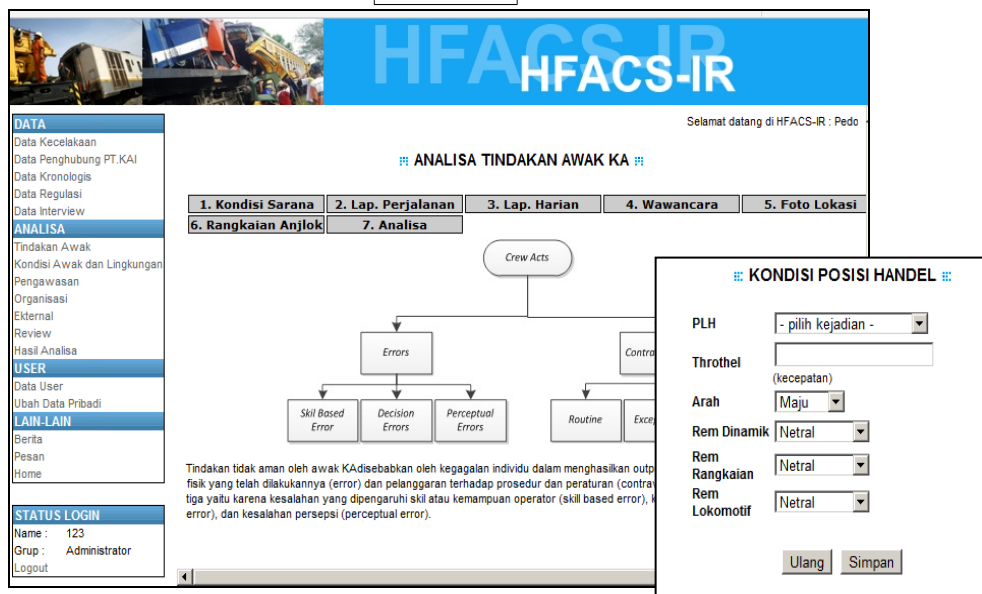
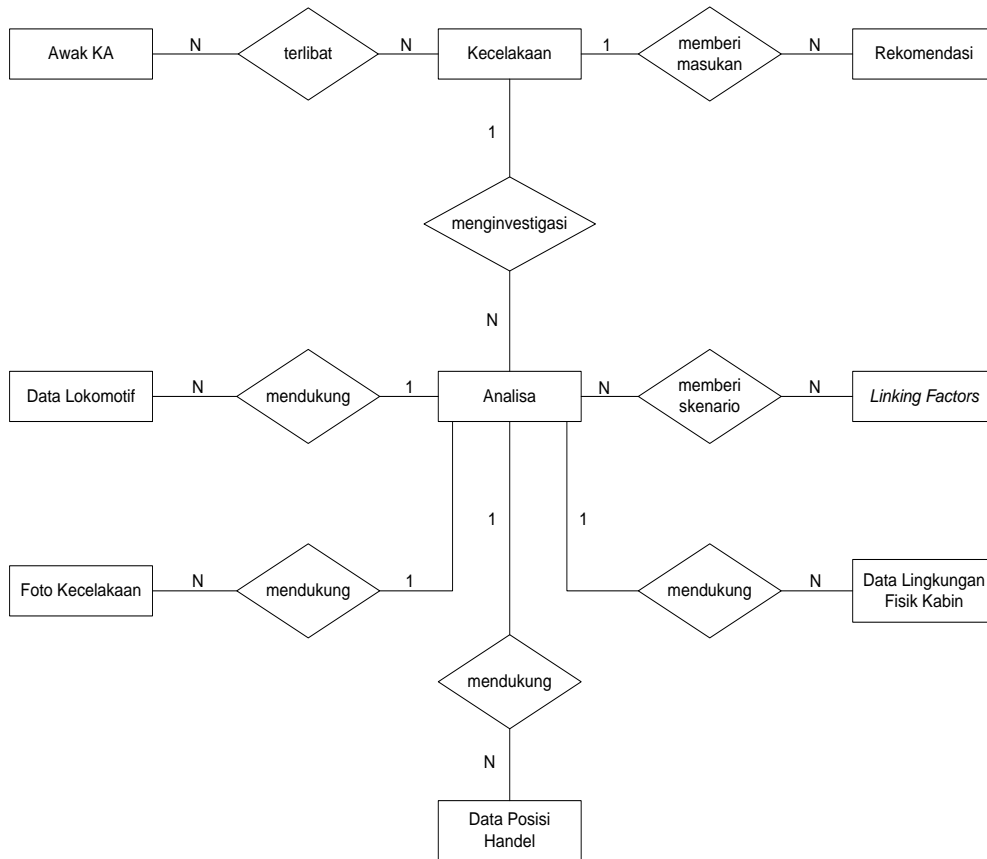
Pengembangan Aplikasi Analisis *Human Error*



Gambar 3 Pengembangan Aplikasi Analisis Human Error

Setelah mengembangkan metode analisis *human error* yang dikembangkan dari metode HFACS kemudian disebut sebagai HFACS-*Indonesian Railways* (HFACS-IR), maka tahap selanjutnya adalah mengembangkan aplikasi analisis *human error*. Aplikasi yang akan

dikembangkan mengadopsi dari petunjuk pelaksanaan investigasi kecelakaan KA. Aplikasi analisis *human error* ini dirancang dalam wadah aplikasi komputer berbasis web yang dapat diakses melalui media komputer dan *smartphone*.



Gambar 4 Analisis Tindakan Awak KA

Dalam pelaksanaan investigasi kecelakaan KA terdapat 2 tahapan kritis dalam tahapan analisis kecelakaan KA yaitu pengumpulan data faktual; melakukan analisa dan identifikasi kelemahan sistem yang memerlukan perbaikan. Pengumpulan data faktual yang dilakukan bisa dalam bentuk data-data historis PT.KAI, foto kejadian, video, dan rekaman wawancara. Ketika kecelakaan terjadi, pengambilan data

lapangan harus secepat mungkin dilakukan agar jadwal keberangkatan KA yang lain tidak lama tertunda. Hasil pengumpulan data yang dilakukan kemudian diunggah dalam bentuk database yang dapat diakses sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan dalam analisa dan identifikasi kecelakaan KA, memanfaatkan check-list dan analisa deskriptif.

The screenshot displays the HFACS-IR web application interface. At the top, there is a header with the text "HFACS-IR" and a welcome message: "Selamat datang di HFACS-IR : Pedoman dalam investigasi kecelakaan kereta api di Indonesia.: new!". Below the header, there is a navigation menu on the left with categories like DATA, ANALISA, USER, and LAIN-LAIN. The main content area is divided into two sections: "DATA INFORMASI PLH" and "HASIL ANALISA PLH".

DATA INFORMASI PLH

Summary: Kesimpulan: 1, No Laporan PLH: 1, Proses button.

TABEL REVIEW KEMUNGKINAN PENYEBAB			
No	Tanggal	Kategori	Kemungkinan Penyebab
1	2010-10-02	Precondition for Operator Acts	Kondisi fisik yang tidak mendukung (hazard, kondisi fisik tempat kerja)
2	2010-10-02	Operator Acts	Tindakan yang tidak sesuai dengan prosedural
3	2010-10-02	Operator Acts	
4	2010-10-02	Operator Acts	
5	2010-10-02	Precond for Operator Acts	
6	2010-10-02	Precond for Operator Acts	
7	2010-10-02	Supervi Factors	

HASIL ANALISA PLH

Summary: No Laporan PLH: 1, Proses button.

TABEL HASIL ANALISA PLH			
No	Tanggal	Kesimpulan	Rekomendasi
1		KA 4 melanggar sinyal masuk J710 St. Petarukan dari arah St.Pemalang yang beraspek merah, sehingga menumbur KA 116.: -Padatnya dinasan masinis -Kualitas pengawasan kurang dari PPKA -Tidak adanya informatif PK dalam pemindahan jalur	-Lebih memperketat masalah kecepatan pada LHM -Kepedulian PT,KAI terhadap data-data membantu dalam mengurangi kecelakaan -Data perekaman sinyal tidak ada -Pengawasan terhadap kereta-kereta tua harus diperketat

Gambar 5 Data Informasi PLH

KESIMPULAN

Metode yang dikembangkan mengadopsi dari metode HFACS-RR dimana pengembangan dilakukan adalah penjelasan lebih rinci pada tiap sub level pada level crew acts, preconditions for crew acts, supervisory factors, dan organizational factors. Penjelasan lebih rinci ini berasal

dari faktor-faktor yang muncul pada analisis kecelakaan kereta api di Indonesia, potensial error yang muncul pada setiap tahap kegiatan operasional perjalanan kereta api, dan basis klasifikasi error SRK (skill, rule, dan knowledge).

Kemudian, guna mempercepat dalam pengumpulan data, maka metodologi

memanfaatkan computer aided system yang berbasis sistem web sebagai wadah aplikasi. Aplikasi ini sementara hanya dapat diakses pada local server yaitu dengan alamat <http://localhost/hfacsir>.

Rancangan perangkat lunak yang dirancang merupakan sebuah alat bantu dalam pengumpulan data dan analisa penyebab PLH. Media yang dimanfaatkan adalah perangkat smartphone tujuannya data yang dikumpulkan berupa foto dan hasil interview dapat langsung disimpan dalam satu database sehingga dapat diakses kembali saat data tersebut dibutuhkan. Pemanfaatan perangkat lunak juga membantu melakukan analisa, dengan dibantu checklist maka user akan dibantu dalam menemukan penyebab-penyebab yang mungkin muncul dari kejadian PLH.

DAFTAR PUSTAKA

1. “Kerugian Kecelakaan KA Madiun mencapai Rp. 8 Milyar”. Jawa Pos, 3 Juni 2010, Diambil dari <http://www.jpnn.com/index.php/flash/201003/index.php?mib=berita.detail&id=67133>
2. Nugraha, W. (2001). Identifikasi Variabel-variabel yang Berpengaruh untuk Memprediksi besarnya Peluang Terjadinya Kecelakaan Akibat Human Error yang Dilakukan Masinis. Tugas Akhir Magister Teknik dan Manajemen Industri, Institut Teknologi Bandung.
3. Kim, D. S., Beak, D. H., & Yoon, W. C. (2008). Developing a computer-aided system for analyzing human error in railway operations. World Congress on Railway Research, Seoul, Korea. Diambil dari <http://hdl.handle.net/10203/7892>.
4. Amitabh. (2005). Rail Accidents due to Human Errors – Indian Railways Experience. Ministry of Railways, Govt. of India. Diambil dari www.intlrailsafety.com/CapeTown/3_024_Amitabh.doc
5. Park, K.S. (1997). Human error. In G. Salvendy (Ed.), Handbook of Human Factors and Ergonomics, New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.
6. Reason, J. (2000). Human Error : Model and Management. Tersedia di <http://bmj.com/cgi/content/full/320/7237/768>.
7. Kirwan, B. (1992a). Human Error Identification in Human Reliability Assessment. Part I: Overview of Approaches. Journal of Applied Ergonomics, Vol. 23(5), 299-318.
8. Pramono, T. A. M. (2007). Identifikasi Human Error pada Kerja Masinis Kereta Menggunakan Metode Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach (SHERPA). Tugas Akhir Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung.
9. Hendrawan, B. (1999). Usulan Sistem Kerja Pilot Berdasarkan Pengukuran Keandalan Manusia dengan Metode Human Error Assessment and Reduction Technique. Tugas Akhir Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung.
10. Murphi, S. (2010). Penggunaan Human Error Assesment And Reduction Technique Pada Analisis Kecelakaan Kereta Api. Tugas Akhir Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung.
11. Wiegmann, D.A., & Shappell, S. A. (2001). Human error analysis of commercial aviation accidents: application of the Human Factors Analysis and Classification System. Aviation, Space, and Environment Medicine, Vol.72(11), 1006-1016.
12. Pratama, F. N. (2010). Pengaplikasian Human Factors And Classification System Dalam Mengevaluasi Kecelakaan Kereta Api. Tugas Akhir Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung.
13. Kirwan, B. (1992b). Human Error Identification in Human Reliability Assessment. Part 2: Detailed Comparison of Techniques. Journal of Applied Ergonomics, Vol. 23(6), 371-381.

14. Reinach, S., & Viale, A. (2006). Application of A Human Error Framework to Conduct Train Accident/Incident Investigation. *Journal of Accident Analysis and Prevention*.
15. Shorrock, S.T. dan Kirwan, B. (2002). Development and Application of A Human Error Identification Tool for Air Traffic Control. *Journal of Applied Ergonomics*, 33, 319336.
16. Rasmussen, J, Pedersen, O.M, Carnino, A, Grifton, M, Manesni, C & Gagnolet, P. (1981). Classification system for reporting events involving human malfunction. Denmark: Riso National Laboratories.
17. Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge: Cambridge University Press