

Analisis Metode *Human Error Identification* Penyebab Kecelakaan Kereta Api yang Berhubungan Dengan Pengatur Perjalanan Kereta Api : Studi Literatur

Fikri Indra Maulana^{1*}, Ari Widyanti¹

^{1,2}Laboratorium Rekayasa Sistem Kerja dan Ergonomi, Institut Teknologi Bandung,
Jalan Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

*Email : fikriindramaulana@gmail.com

Abstrak

Angka kecelakaan kereta api di Indonesia masih relatif tinggi. Hal ini dapat mengakibatkan kerugian material maupun korban jiwa. Terdapat beberapa penyebab terjadinya kecelakaan kereta api antara lain sarana, prasarana, sumber daya manusia (*operator*), eksternal dan alam. Dari penyebab tersebut kesalahan sumber daya manusia atau *human error* merupakan salah satu penyebab yang banyak terjadi. Data dari Direktorat Jendral Perkeretaapian Kementerian Perhubungan (2015) menunjukkan bahwa faktor manusia menjadi salah satu penyebab kecelakaan kereta api terbesar, yaitu sebesar 28%, sedangkan penelitian yang lain menunjukkan bahwa faktor manusia memberikan kontribusi sebesar 70% terhadap kecelakaan kereta api di Indonesia. Kesalahan manusia pada kecelakaan kereta api dapat terjadi pada operator lapangan, yaitu masinis maupun operator darat yang disebut juga Pengatur Perjalanan Kereta Api (PPKA) sebagai pengontrol sinyal untuk pelayanan kereta api. Dari banyak penelitian yang berhubungan dengan kecelakaan kereta api, tidak banyak penelitian yang membahas tentang identifikasi kecelakaan yang berkaitan dengan PPKA. Mengklasifikasikan kemungkinan kesalahan dalam cara tertentu merupakan hal yang penting untuk mendeteksi kecenderungan dari penyebab kecelakaan yang terjadi atau mengidentifikasi kemungkinan sistem tidak dapat berjalan sesuai dengan harapan. Pendekatan untuk kasifikasi error diistilahkan dengan *Human Error Identification* (HEI). Penelitian ini merupakan studi awal dalam proses pengembangan metode HEI dalam mengidentifikasi penyebab kecelakaan kereta api yang melibatkan PPKA. Dalam penelitian ini dikaji literatur-literatur yang berhubungan dengan metode HEI yang dapat digunakan pada ruang kendali kereta api. Analisis dilakukan dengan membandingkan kelebihan dan kekurangan metode HEI yang ada dalam identifikasi penyebab kecelakaan kereta api. Dari analisis tersebut ditemukan bahwa terdapat metode HEI yang dapat digunakan dalam menganalisis kecelakaan kereta api yang mungkin disebabkan oleh PPKA yaitu *Technique for the Retrospective and Predictive Analysis of Cognition Error* (TRACER).

Kata Kunci : *human error, human error identification, PPKA, kecelakaan kereta api*

1. PENDAHULUAN

Keselamatan merupakan perhatian utama PT. KAI dalam melayani pelanggannya, penumpang maupun barang. Namun demikian tetap saja ada kecelakaan yang terjadi yang mengakibatkan kerugian material dan atau korban jiwa. Menurut data Direktorat Jendral Perkeretaapian Kementerian Perhubungan (2015) dari 2009 hingga 2013 terdapat 283 kecelakaan dengan tipe kecelakaan tabrakan kereta api dengan kereta api, tabrakan kereta api dengan kendaraan, anjlokkan, terguling, banjir atau longsor dan lain-lain. Data lain yang didapatkan dari penelusuran berita, selama Januari 2014 hingga Oktober 2015, terdapat 17 kecelakaan dengan tipe kecelakaan tabrakan kereta api dengan kereta api, tabrakan kereta api dengan kendaraan dan anjlokkan. Selain itu, menurut penelusuran Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) (2015) dari tahun 2003 hingga 2010 terdapat 43 kecelakaan yang dinyatakan sebagai Peristiwa Luar Biasa Hebat (PLH), yaitu kecelakaan kereta api yang mengakibatkan orang tewas, luka parah atau menimbulkan kekusutan hebat. Dari data tersebut terlihat bahwa angka kecelakaan kereta api di Indonesia relatif tinggi.

Dari beberapa penyebab kecelakaan di atas, kesalahan manusia atau *human error* merupakan salah satu penyebab yang banyak terjadi. Data dari Direktorat Jendral Perkeretaapian Kementerian Perhubungan (2015) menunjukkan bahwa faktor manusia menjadi salah satu penyebab terbesar yaitu sebesar 28% bersama dengan sarana sebesar 28%. Menurut Nugraha (2001) faktor manusia mempunyai kontribusi 70% sebagai penyebab kecelakaan kereta api. Bukan hanya di Indonesia, di

negara lainnya juga menunjukkan hal yang sama seperti di India sebesar 65% (Agarwal, 2005) dan di Korea sebesar 61% (Kim dkk., 2008). Pendapat *human error* sebagai penyebab yang banyak terjadi juga didukung oleh pendapat Stanton dkk. (2005) yang mengatakan bahwa *human error* mempunyai proporsi yang tinggi sebagai faktor yang berkontribusi dalam kecelakaan pada sistem yang kompleks dan dinamis.

Kesalahan manusia pada kecelakaan kereta api dapat terjadi pada operator lapangan, yaitu masinis maupun operator darat yang disebut juga Pengatur Perjalanan Kereta Api (PPKA) sebagai pengontrol sinyal untuk pelayanan kereta api. Dari banyak penelitian yang berhubungan dengan kecelakaan kereta api, tidak banyak penelitian yang membahas tentang identifikasi kecelakaan yang berkaitan dengan PPKA. Penelitian-penelitian yang ada saat ini lebih banyak dilakukan untuk identifikasi kecelakaan yang diakibatkan oleh masinis atau organisasi besar dari organisasi kereta api seperti *Rail Safety Standard Board* (RSSB) (2012), Reinach dan Viale (2006), Bayasari dkk., (2011) dan Gibson dkk., (2013). Di Indonesia kajian mengenai *human error* pada sistem kereta api cukup menjadi perhatian. Terlihat dari perkembangan penelitian seperti kajian taksonomi kecelakaan kereta api (Iridiastadi dan Izazaya, 2012), pengembangan aplikasi investigasi kecelakaan kereta api berbasis web (Budiawan dan Iridiastadi., 2011).

Kecelakaan yang diakibatkan oleh PPKA bukan tidak pernah terjadi. Dari laporan akhir investigasi kecelakaan kereta oleh KNKT dari tahun 1993 hingga 2012 paling tidak terdapat empat kecelakaan yang disebabkan oleh PPKA. Kerugian yang diakibatkan oleh kecelakaan tersebut juga tidak sedikit dari segi materi maupun korban jiwa. Menurut Dhillon (2007) walaupun banyak area yang memungkinkan terjadinya *human error* dalam operasi kereta api, namun terdapat tiga area yang menjadi fokus utama yaitu kereta yang melewati sinyal, kecepatan kereta dan pemberian sinyal. Salah satu tugas dari PPKA adalah untuk memberikan sinyal dan informasi kepada operator lapangan (masinis), sehingga PPKA merupakan salah satu area yang menjadi konsentrasi terjadinya *human error*. Mengklasifikasikan kemungkinan kesalahan dalam cara tertentu merupakan hal yang penting untuk mendeteksi kecenderungan dari penyebab kecelakaan yang terjadi atau mengidentifikasi kemungkinan sistem tidak dapat berjalan sesuai dengan harapan (Shorrocks dan Kirwan, 2002).

Menurut Gibson dkk., (2012) investigasi kecelakaan merupakan informasi kunci untuk mengetahui bagaimana *human error*, desain sistem dan faktor organisasi mempunyai dampak pada resiko. Pendekatan untuk klasifikasi *error* diistilahkan dengan *Human Error Identification* (HEI). Menurut Kirwan (1992) terdapat tiga buah kriteria utama untuk mengevaluasi penggunaan teknik HEI yaitu dapat mengidentifikasi *error* secara komprehensif, dapat digunakan secara akurat untuk mengidentifikasi potensi terjadinya *human error* dan dapat mendokumentasikan evaluasi yang telah dilakukan untuk keperluan jangka panjang. Tujuan dari studi literatur ini adalah mengidentifikasi dan menganalisis metode HEI yang dapat digunakan untuk menganalisis kecelakaan yang diakibatkan oleh PPKA.

2. METODOLOGI

Tahapan awal dari studi ini adalah melihat karakteristik dari pekerjaan PPKA. Identifikasi karakteristik ini dilakukan dengan melakukan observasi terhadap pekerjaan PPKA. Identifikasi juga dilakukan dengan mencari sumber pendukung dari literatur yang membahas mengenai PPKA atau *rail control room*. Identifikasi ini dilakukan sebagai bahan analisis metode HEI yang digunakan pada literatur-literatur yang akan dicari.

Pencarian literatur yang akan digunakan dalam analisis ini dilakukan dengan mencari kata kunci atau judul seperti *rail control room*, *train accident* dan *human error identification*. Pencarian kata kunci atau judul dilakukan baik terpisah maupun dengan kombinasi antar frase. Pencarian dilakukan melalui *website* pencarian *e-journal* yang mempunyai *database* journal seperti *sciencedirect*, *scopus* dan *google scholar*. Literatur-literatur yang didapatkan dari pencarian tersebut kemudian disaring untuk mendapatkan literatur yang relevan dengan permasalahan yang diangkat. Pencarian buku, bab dari sebuah buku dan *review* dari sebuah artikel dengan tema *human error* pada kereta api, *human error* pada ruang kendali kereta api, keselamatan kereta api, dan metode HEI juga dilakukan untuk mendukung analisis metode HEI yang dapat digunakan dalam menganalisis kecelakaan kereta api yang disebabkan oleh PPKA.

Tahapan awal dari analisis adalah dengan membaca literatur yang telah disaring. Metode HEI yang digunakan pada literatur tersebut kemudian dijabarkan dan dianalisis kekurangan dan kelebihan. Analisis ini dimaksudkan untuk melihat lebih jauh relevansi metode HEI terhadap karakteristik PPKA. Tahap akhir dari analisis adalah memetakan hasil dari analisis tersebut untuk memperjelas posisi metode HEI satu dengan yang lainnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Pekerjaan PPKA

PPKA mempunyai tugas utama untuk menjaga keselamatan ketertiban hal yang berkaitan dengan perjalanan dan pelayanan kereta api serta urusan langsir. Dalam Peraturan Dinas (PD) 19 jilid 1 dijelaskan yang dimaksud hal-hal yang berkaitan dengan perjalanan kereta api adalah pengoprasian peralatan sinyal, pengamanan petak jalan, penyampaian warta perjalanan kereta api dan pengendalian dan/atau pengaturan perjalanan kereta api dari/ke jalan bebas dan selama di jalan bebas. Untuk itu, PPKA bekerja dengan menggunakan banyak alat bantu seperti telepon, tabel jadwal, pemberi sinyal dan alat bantu visual yang menggambarkan lintasan kereta api. Dengan banyaknya alat bantu yang digunakan. Maka dari itu, petugas PPKA perlu menggunakan kemampuan kognitifnya seperti mengingat, mempersepsikan dan membuat keputusan dalam melakukan pekerjaannya.

Dalam mengendalikan atau mengatur perjalanan kereta api, PPKA di bantu pengatur persinyalan yang ada pada *Visual Display Unit (VDU)* dimana PPKA dapat mengubah indikasi sinyal dan mengubah arah wesel. Menurut Smith dkk. (2008) sebagian besar waktu yang dihabiskan oleh PPKA adalah untuk menunggu. PPKA bekerja jika ada *trigger event* yang sebagian besar berupa telepon. Pekerjaan PPKA juga merupakan pekerjaan yang repetitif. PPKA bekerja atas dasar SOP yang dikeluarkan oleh PT. KAI.



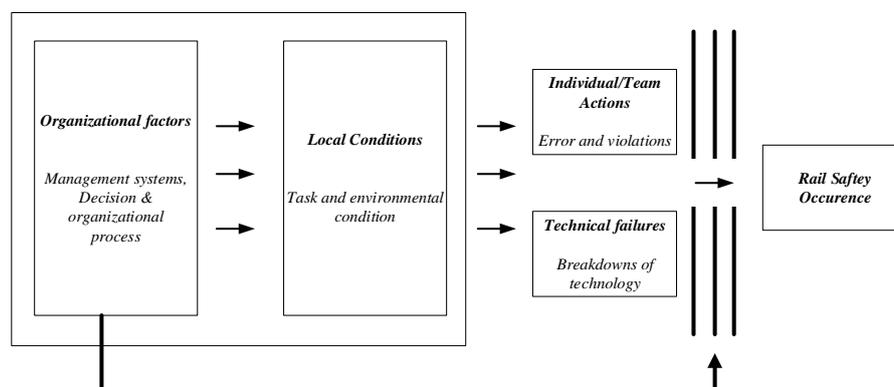
Gambar 1. Petugas PPKA dan Alat Bantu Pekerjaannya

3.2 Analisis Metode HEI

Pencarian dari *database journal* terhadap kata kunci maupun judul yang relevan dengan kecelakaan kereta api yang disebabkan oleh manusia menghasilkan lima metode HEI yang digunakan mengidentifikasi kecelakaan kereta api. Metode tersebut adalah *Contributing Factors Framework (CFF)* (Read dkk., 2012), *Human Error Risk Management for Engineering Systems (HERMES)* (Cacciabue, 2005), *Human Factors Analysis and Classification System- Rail Road (HFACS-RR)* (Reinach dan Viale, 2006), (Baysari dkk., 2008), dan *Technique for the Retrospective Analysis of Cognitive Errors-Rail (TRACER-Rail)* (Baysari dkk., 2011). Penelitian-penelitian tersebut berfokus pada kecelakaan yang diakibatkan oleh masinis. Pencarian literatur mengenai ruang kontrol kereta api, memperlihatkan kajian mengenai ruang kontrol kereta api lebih banyak berfokus pada perhitungan beban kerja seperti penelitian yang dilakukan oleh Shanahan dkk. (2012), Pretorius (2012), Balfe dkk., (2012) dan Zeilstra dkk., (2012). Kajian lain mengenai ruang kontrol kereta api adalah Smith dkk., (2008) mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi keselamatan keseluruhan pada ruang kontrol kereta api. Dari penelitian-penelitian tersebut belum ada yang melakukan penelitian mengenai *human error* di ruang kontrol kereta api atau PPKA. Dari pencarian literatur ini diketahui bahwa belum ada penelitian tentang metode HEI yang digunakan dalam mengidentifikasi kecelakaan yang diakibatkan oleh PPKA.

3.2.1 Contributing Factors Framework

CFF merupakan sebuah metode yang dikembangkan oleh *Rail Safety Regulator's Panel* Australia pada tahun 2009 kemudian diperbaharui pada tahun 2012 (*Rail Safety Regulator's Panel*, 2012). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi faktor-faktor yang berkontribusi dalam kecelakaan kereta api (Read dkk., 2012). Metode ini menggunakan laporan kecelakaan sebagai basis pengidentifikasian faktor yang berkontribusi dalam kecelakaan kereta api. *Framework* pada metode ini terdiri dari tiga faktor yaitu *individual/team actions*, *technical failure* dan *local condition/organizational factors* (*Rail Safety Regulator's Panel*, 2012). Gambar 2 menunjukkan struktur dari CFF. CFF dikembangkan dari *model of organizational accidents* yang dikembangkan oleh Reason (1997). Menurut Grey dkk. (2011), CFF memiliki beberapa keuntungan. CFF memungkinkan untuk mengidentifikasi apakah masalah yang di hadapi spesifik atau merupakan kejadian yang mungkin berulang. Selain itu CFF memungkinkan organisasi dan industri yang sama untuk belajar. hal ini dikarenakan bahasa yang digunakan merupakan bahasa yang umum digunakan. CFF juga mendorong perbaikan kemampuan investigasi secara sistematis.



Gambar 2. Struktur Contributing Factors Framework (Read dkk., 2012)

3.2.2 Human Error Risk Management for Engineering Systems

HERMES merupakan metode yang dikembangkan oleh Cacciabue (2005) sebagai referensi dasar sebelum dan ketika melakukan analisis keselamatan. HERMES memiliki dua kerangka analisis yaitu *retrospective* dan *prospective*. Sebelum melakukan analisis yang dikehendaki, terdapat dua langkah yang harus dilakukan. Langkah pertama yaitu mengevaluasi konteks sosio-teknikal dengan melakukan studi entografi dan *cognitive task analysis*. Langkah lainnya adalah mencari landasan teoritikal dari permasalahan yang akan dihadapi. Untuk melakukan *retrospective analysis*, terdapat empat langkah yang perlu dilakukan yaitu *root cause analysis*, *accident/incident investigation*, *identification* dan *training*. *Prospective analysis* dalam HERMES juga memiliki empat langkah yaitu evaluasi data dan *erroneous behavior*, mengidentifikasi keadaan saat ini dan batasan dari keadaan yang akan dianalisis, evaluasi konsekuensi dan *hazard*, yang terakhir *design and safety assessment* (Cacciabue, 2005).

3.2.3 Human Factors Analysis and Classification System-Rail Road

HFACS-RR merupakan pengembangan dari HFACS yang digunakan di bidang penerbangan. Menurut Reinach dan Viale (2006) HFACS bukan hanya metode HEI yang dapat mengumpulkan data tentang kecelakaan namun juga dapat menjadi alat untuk menganalisis data kecelakaan tersebut. HFACS menggunakan model *Generic Error Modeling System* (GEMS) yang menjadikan metode ini dapat digunakan di berbagai bidang (Wiegmann dan Shappell, 2003). Maka dari itu HFACS dapat digunakan pula di bidang perkeretaapian, terlebih industri perkeretaapian mempunyai terminologi yang umum (Reinach dan Viale, 2006). Lampiran A menunjukkan taksonomi yang digunakan dalam HFACS-RR. Menurut Baysari dkk (2008) *framework* yang digunakan dalam HFACS-RR dapat mengidentifikasi kemungkinan *human error* dalam sistem yang kompleks secara utuh.

3.2.4 Technique for the Retrospective Analysis of Cognitive Errors-Rail

TRACER yang digunakan spesifik untuk kereta api merupakan pengembangan dari TRACER yang dilakukan oleh *Rail Safety and Standards Board Research* (RSSB). TRACER merupakan alat HEI yang banyak digunakan di *United Kingdom* (Baysari dkk, 2011). Metode ini pertama kali dikembangkan untuk melihat kesalahan kognitif di dunia penerbangan (Shorrock dan Kirwan, 2002). TRACER mempunyai dua *framework* yaitu *retrospective analysis*, yang digunakan untuk menganalisis kecelakaan yang pernah terjadi, dan *Predictive*, yang digunakan untuk memprediksi kemungkinan kesalahan yang mungkin dilakukan oleh manusia. Dalam pengembangan TRACER Rail dilakukan juga pengumpulan seluruh informasi yang relevan mengenai tugas-tugas mengemudikan kereta api, mengidentifikasi tujuan utama dari masinis dan arti dari tujuan yang telah tercapai, juga mengidentifikasi kemungkinan kesalahan (Baysari et al., 2009). Menurut RSSB (2005) dalam Baysari dkk. (2009) TRACER dikembangkan dengan dua manual, yang berisikan alat untuk memprediksi dan alat untuk menginvestigasi. Setiap alat memiliki dua versi yaitu *full version* dan *lite version* dimana *full version* digunakan untuk klasifikasi lebih mendalam dan menghasilkan dua kali klasifikasi error lebih banyak daripada *lite version*. TRACER Rail merupakan pengembangan dari TRACER yang berfokus pada investigasi dengan *lite version* (Baysari dkk, 2009).

TRACER Rail diadopsi dengan maksud untuk mengklasifikasi kesalahan pengemudi karena analisis kesalahan awal harus dilakukan dengan tingkatan yang ringan (*lite level*) agar dapat menghasilkan informasi yang esensial (RSSB,2005) (Baysari et al., 2009). *Lite version* ini berisikan delapan taksonomi yaitu :

- a. *Task Error* : mendeskripsikan kesalahan yang berkaitan dengan tugas yang tidak dilakukan secara sempurna.
- b. *Cognitive domains* : mendeskripsikan proses dimana kesalahan terjadi, persepsi, memori, pengambilan keputusan, aksi dan pelanggaran.
- c. *Internal Error Modes* (IEM) : mendeskripsikan fungsi kognitif apa yang gagal atau mungkin salah dan dalam cara seperti apa.
- d. *Psychological Error Mechanism* (PEM) : mendeskripsikan bias kognitif yang diketahui mempengaruhi performansi.
- e. *Informasi* : mendeskripsikan topik dari kesalahannya.
- f. *Error detection* : mengklasifikasikan bagaimana kesalahan masinis dapat di deteksi, bagaimana kesalahan tersebut dapat berhubungan dengan masinis dan faktor apa saja yang mempengaruhi deteksi dari kesalahan.
- g. *Performance Factor* (PF) : mengklasifikasikan faktor yang mempengaruhi atau dapat mempengaruhi performansi, membantu dalam error recovery.

3.3 Pembahasan

Meskipun metode HEI telah muncul beberapa dekade dan banyak metode untuk menganalisis *human error*, namun metode-metode tersebut tidak universal untuk setiap domain karena pengembangannya sesuai dengan karakter industri tersebut (Cheng dan Hwang, 2015). Salah satu kriteria evaluasi metode HEI menurut Kirwan (1992) adalah *contextual validity*, yaitu seberapa baik sebuah metode HEI dapat menggambarkan keadaan dimana metode tersebut akan diterapkan. Untuk itu karakteristik pekerjaan PPKA menjadi penting sebagai bahan evaluasi metode HEI yang akan digunakan. Keempat metode HEI yang dibahas melihat sebuah kecelakaan dari sudut pandang sistem. Metode HEI tersebut tidak hanya melihat *human error* secara terisolasi, namun melihat apa yang mempengaruhi seseorang dalam melakukan kesalahan. CFF dan HFACS-RR menganalisis kecelakaan dari faktor yang makro ke faktor yang lebih mikro (dari organisasi ke individual operator). Hal ini memungkinkan metode dengan tipe ini memperhatikan semua faktor manusia disetiap level sistem ketika menginvestigasi faktor yang berkontribusi dalam sebuah kecelakaan (Baysari dkk, 2009). Dari kedua metode tersebut HFACS-RR mempunyai kemampuan mendeteksi isu faktor manusia lebih baik dari CFF. Hal ini dikarenakan HFACS-RR memiliki kerangka yang lebih terperinci dengan mendekomposisi faktor laten menjadi faktor-faktor yang lebih rinci. Bentuk taksonomi yang sederhana dari HFACS-RR membuat metode ini mempunyai penilaian yang tinggi (*high*) dari beberapa kriteria evaluasi HEI yaitu *auditability/acceptability*,

consistency, *usefulness* dan *resource usage* (Budiawan dan Iridiastadi, 2011). HFACS-RR yang dikembangkan dari dunia penerbangan yang dikembangkan oleh Wiegmann dan Shappell (2003) lebih banyak digunakan di dunia perkeretaapian diantaranya (Baysari dkk, 2008), (Baysari dkk, 2009), (Budiawan dan Iridiastadi, 2011), (Reinach dkk, 2007), (Iridiastadi dan Ikatinasari, 2012) dan lain-lain. Dilihat dari konteksnya HFACS merupakan metode yang fleksibel karena dapat dikembangkan di banyak tempat seperti maritim (Chen dkk, 2013), *power plant* (Almehri dan Chung, 2013), kesehatan (Diller dkk, 2013) dan tambang (Patterson dan Shappell, 2010).

Menurut Shorrock dan Kirwan (2002) cara terbaik untuk menjaga konteks dan untuk memastikan keakuratan metode HEI, adalah dengan melakukan baik analisis *retrospective* maupun *predictive/prospective* secara simultan. Dari keempat metode yang telah di bahas, terdapat dua metode yang mempunyai kerangka *retrospective* maupun *predictive/prospective*, yaitu HERMES dan TRACER-Rail. HERMES memulai analisis kecelakaan dengan mengevaluasi konteks sosio-teknikal dari sistem dimana kecelakaan tersebut terjadi. Evaluasi tersebut dilakukan dengan melakukan studi etnografi dan *cognitive task analysis*. Menurut Cacciabue (2004) pengaturan teknologi didasarkan pada perkembangan konteks pekerjaan spesifik yang didasarkan pada kebiasaan (*habits*) dan kultur sebuah negara dan daerah, perilaku dan kebijakan perusahaan yang diatur oleh sebuah organisasi tersebut, dan perubahan yang didapatkan sebuah sistem sepanjang sistem tersebut ada. Hal ini sejalan dengan pendapat Dalijono dkk (2006) yang mengatakan bahwa konsep dari metode HEI menekankan pada analisis dan prediksi dari kesalahan manusia dalam interaksi manusia-mesin melalui pengetahuan karakteristik dari tugas dan perilaku dari operator. Dengan melakukan evaluasi sosio-teknikal ini diharapkan HERMES dapat memberikan keakuratan dan kedalaman analisis yang lebih dari metode yang lain. Di sisi yang lain, penggunaan metode HERMES membutuhkan tingkat pemahaman dan pengalaman yang cukup tinggi. Menurut Cacciabue (2005), dalam melakukan *retrospective analysis* dengan menggunakan metode HERMES, analis harus mempergunakan kreatifitas dan pengalaman untuk mengidentifikasi batasan dan kondisi saat ini. Hal ini membuat metode ini lemah dalam salah satu kriteria evaluasi HEI yaitu *consistency*. Kekurangan yang lain dari HERMES adalah metode ini tidak dapat melihat bagaimana kesalahan dapat terjadi pada operator secara mental. Menurut Kirwan (1992), Selain dapat mengidentifikasi kesalahan apa yang terjadi dan bagaimana kesalahan tersebut dapat terjadi, sangat berguna apabila metode HEI dapat melihat bagaimana kesalahan dapat terjadi pada operator secara mental, apa yang menyebabkan kegagalannya, dan bagaimana kegagalan tersebut dimanifestasikan.

TRACER-Rail merupakan metode HEI yang spesifik digunakan untuk mengidentifikasi kecelakaan ataupun insiden yang terjadi pada dunia perkeretaapian (Baysari dkk, 2011). Metode ini memiliki tiga taksonomi utama yaitu taksonomi untuk mendeskripsikan konteks dimana terjadi kesalahan, taksonomi yang menunjukkan bagaimana kesalahan dihasilkan dan bagaimana kesalahan tersebut diperbaiki (Shorrock dan Kirwan, 2002). Dibandingkan dengan HERMES, TRACER-Rail memiliki taksonomi yang lebih komperhensif dan terperinci, dimana TRACER-Rail memiliki tujuh taksonomi. Taksonomi ini menjawab kekurangan yang dimiliki HERMES dimana TRACER-Rail memiliki *psychological error modes* untuk dapat melihat bagaimana kesalahan dapat terjadi pada operator secara mental, *internal error modes* untuk melihat apa yang menyebabkan kegagalannya dan *eksternal error modes* untuk melihat bagaimana kegagalan tersebut dimanifestasikan.

Dua metode yang memungkinkan untuk digunakan dalam mengidentifikasi penyebab kecelakaan kereta api yang disebabkan oleh PPKA adalah HFACS-RR dan TRACER-Rail. Kedua metode ini merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk mengidentifikasi kecelakaan kereta api (Baysari, 2009). Kedua metode ini didisain dengan taksonomi berbentuk hirarki. Bentuk hirarki ini merupakan bentuk yang efisien sehingga mengurangi pengguna kemampuan kognitif (Beubien dan Baker, 2002). Kedua metode ini memiliki taksonomi yang jelas sehingga, jika dilihat dari kriteria evaluasi metode HEI, memiliki *consistency* dan *comprehensiveness* yang baik.

Meskipun kedua metode ini memiliki kriteria yang baik sebagai metode HEI yang dapat digunakan dalam mengidentifikasi kecelakaan kereta api, kedua metode ini memiliki sudut pandang yang berbeda. HFACS dikembangkan dengan dasar *swiss cheese model* yang berpendapat bahwa kecelakaan terjadi ketika terdapat kerusakan dalam interaksi antar komponen yang terlibat dalam proses tersebut (Wiegmann dan Shappell, 2003). Model ini memiliki empat komponen yang saling berinteraksi yaitu *organizational influence*, *unsafe supervision*, *precondition for unsafe acts*,

unsafe acts (Reason, 1990, dalam Wiegmann dan Shappell, 2003). Investigasi dapat dilakukan dengan urutan terbalik (dilakukan analisis pada level *unsafe acts* terlebih dahulu) hingga level teratas, sehingga semua masalah dalam setiap level dapat dipahami dengan baik (Wiegmann dan Shappell, 2003). Dari penjelasan tersebut dapat terlihat bahwa analisis kecelakaan lebih ditekankan ke arah bagaimana setiap level (dari level mikro hingga makro) memberikan kontribusi terhadap kecelakaan tersebut. Berbeda dengan HFACS, TRACer-Rail berfokus pada bagaimana sebuah kecelakaan dapat terjadi dan faktor apa yang mempengaruhi hal tersebut. Hal ini terlihat dari struktur *retrospective analysis* yang didalamnya terdapat *external error* modes (bagaimana manifestasi kesalahan yang sebenarnya) *internal error modes* (fungsi kognitif apa yang gagal), *psychological error mechanism* (bias kognitif yang dapat mempengaruhi performansi), dan *performing shaping factors* (faktor yang dapat mempengaruhi atau dipengaruhi performansi operator). Dari perbedaan tersebut menurut Kim dkk (2008) TRACer-Rail memberikan analisis *human error mode* dan *mechanism* yang lebih baik daripada HFACS-RR. Dilihat dari karakteristik pekerjaan PPKA, metode TRACer-Rail lebih cocok digunakan. Hal ini dikarenakan pekerjaan PPKA membutuhkan kemampuan kognitif yang cukup tinggi. Sehingga apa dan bagaimana fungsi kognitif itu dapat menyalmebabkan kecelakaan penting untuk diketahui. Meskipun begitu, TRACer-Rail tidak bisa semerta-merta digunakan dalam analisis kecelakaan yang melibatkan PPKA. TRACer-Rail dikembangkan spesifik untuk menganalisis kecelakaan yang berhubungan dengan masinis, yang berarti memiliki tugas dan lingkungan kerja yang berbeda dengan PPKA.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan, dapat disimpulkan bahwa metode HEI yang cocok untuk digunakan menganalisis kecelakaan kereta api yang berhubungan dengan PPKA adalah TRACer-Rail. Meskipun begitu metode ini perlu dimodifikasi agar dapat sesuai dengan tugas dan fungsi dari PPKA.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, A. 2005. Rail accident due to human error – indian railway experience. *International Railway Safety Conference*, Cape Town, South Africa
- Almheiri, M. S. dan Chung, Y. H. 2013. Analysis of Fukushima Daiichi Accident Using HFACS. *Transactions of the Korean Nuclear Society Autumn Meeting*, Gyeongju, Korea, October 24-25, 2013
- Balfe, N., Wilson, J., R., Sharples, S. & Clarke, T., 2012, Effect Of Level Of Signalling Automation On Workload and Performance. In Wilson, J., R., Mills, A., Clarke, T., Rajan, J. & Dadashi, N., *Rail Human Factors around the World*. Boca Raton : CRC Press
- Bayasari, M., T., Caponecchia, C. dan McIntosh, A., W. 2011. A reliability and usability study of TRACer-RAV The technique for the retrospective analysis of cognitive errors for rail australian version. *Applied Ergonomics*. 42(2011), 852-859
- Bayasari, M., T., Caponecchia, C., McIntosh, A., S dan Wilson, J., R. Classification of errors *contributing* to rail incidents and accidents A comparison of two human error identification techniques. *Safety Science*. 47(2009), 948-957
- Baysari, M.T., McIntosh, A.S., Wilson, J., 2008. Understanding the human factors contribution to railway accidents and incidents in Australia. *Accident Analysis and Prevention*. 40(2008), 1750–1757.
- Beaubien, J. M. dan Baker, D. P. 2002. A Riview of Selected Aviation Human Factors *Taxonomies*, Accident/incident Reporting Systems and Data Reporting Tools. *International Journal of Applied Aviation Studies*, 2(2), 11-36
- Budiawan, W dan Iridiastadi, H. 2011. *Pengembangan Metodologi Analisis Human Error Sebagai Upaya Dalam Meminimasi Kecelakaan Kereta Api*. Institut Teknologi Bandung
- Cacciabue, P. C. 2004. *Guide to Applying Human Factors Methods*. London : Springer
- Cacciabue, P., C. 2005. Human error risk management methodology for safety audit of large railway organisation. *Applied Ergonomics*. 36(2005), 709-718
- Chen, S. T., Wall, A., Davies, P., Zaili, Y. dan Chou, Y. H. 2013. A Human and Organizational Factors (HOFs) Analysis Method for Marine Casualties Using HFACS- Maritime Accidents (HFACS-MA). *Accident Analysis and Prevention*. 60(2013), 105-114

- Cheng, C. M. dan Hwang, S. L. 2015. Application of Integrated Human Error Identification Technique On the Chemical Cylinder Change Task. *Accident Analysis and Prevention*. 47(2015), 274-284
- Dalijono, T., Castro, J., Löwe, K. dan Löher, H. J. 2006. Reducing Human Error By Improvement of Design and Organization. *Process Safety and Environmental Protection*. 84(B3), 191-199
- Dhillon, B. S. 2007. *Human Reliability and Error in Transportation Systems*. London : Springer
- Diller T., Helmrich G., Dunning, S., Buchanan, A. dan Shappel, S. 2014. The Human Factors Analysis Classification System (HFACS) Applied to Health Care. *American Journal of Medical Quality*. 29(3), 181-190
- Direktorat Jendral Perkeretaapian Kementrian Perhubungan, from <http://djka.dephub.go.id/tupoksi>, diakses January 2nd 2015
- Gibson, W. H., Mills, A dan Hesketh, S. 2012. The Classification and Analysis of Railway Incident Reports. In Wilson, J., R., Mills, A., Clarke, T., Rajan, J. & Dadashi, N., *Rail Human Factors around the World*. Boca Raton : CRC Press
- Gibson, W. H., Smith, S., Lowe, E., Mills, A. M., Morse, G. dan Carpenter, S. 2013. Incident Clasification System. In Dadashi, N., Scout, A., Wilson, J. R. dan Mills, A. *Rail Human Factors Supporting Reliability, Safety and Cost Reduction*. London : CRC Press
- Gray, E., Klampfer, B., Read, G. dan Doncaster, N. 2011. Learning from Accidents : Developing a Contributing Factors Framework (CFF) for the Rail Industry. *HFESA 47th Annual Conference*.
- Iridiastadi, H. dan Ikatrinasari, Z. F. 2012. Indonesian Railway Accident-Utilizing Human Factors Analysis and Clasification System in determining potential contributing factors. *Works*. 41(1), 4246-4249
- Iridiastadi, H. dan Izazaya, E. 2012. *Kajian Taksonomi Kecelakaan Kereta Api Di Indonesia Menggunakan Human Factors Analysis And Clasification System (HFACS)*. Teknik dan Manajemen Industri, Institut Teknologi Bandung
- Kim, D., S., Baik, D., H. & Yoon, W., C. 2008 A Case Study for the Selection of a Railway Human Reliability Analysis Method, <http://hdl.handle.net/10203/7892>, diakses September, 20th 2015
- Kirwan, B. 1992. Human error identification in human reliability analysis. *Applied Ergonomics*. 23(6), 371-381
- KNKT. 2015. Accident Reports, http://kemhubri.dephub.go.id/knkt/ntsc_railway/railway.htm, diakses January 2nd 2015
- Nugraha, W. 2001. *Identifikasi Variabel-Variabel yang Berpengaruh Untuk Memprediksi Besarnya Peluang Terjadinya Kecelakaan Akibat Human Error yang Dilakukan Masinis*. Teknik dan Manajemen Industri, Institut Teknologi Bandung
- Patterson, J. M. dan Shappell, S. A. 2010. Operator error and system deficiencies : Analysisng of 508 mining incidents and accidents from Queensland, Australia using HFACS. *Accident Analysis and Prevention*. 42(2010), 1379-1385
- Pretorius, A. 2012. A Systems Approach To The Assessment Of Mental Workload In A Safety Critical Environment. In Wilson, J., R., Mills, A., Clarke, T., Rajan, J. & Dadashi, N., *Rail Human Factors around the World*. Boca Raton : CRC Press
- Rail Safety Regulators' Panel. 2011. Contributing Factors Framework Manual. Rail Safety Regulators' Panel, Fortitude Valley, http://www.rsrp.asn.au/files/publications/16_34.pdf, diakses September, 20th 2015
- Read, G. J. M., Lenne, M. G. dan Moss S. A. 2012. Associations Between Task, Training And Social Environmental Factors And Error Types Involved And Accidents. *Accident Analysis and Prevention*. 48(2012), 416-422
- Reason, J., 1997. *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Ashgate Aldershot.
- Reinach, S. dan Viale, A. 2006. Application of a Human Error Framework to Conduct Train Accident/incident Investigation. *Accident Analysis and Prevention*. 38(2006),, 396-406
- RSSB. 2012. Development of a human error quantification technique for use in the railway industry, www.rssb.co.uk, diakses February 25th 2015

- Shanahan, P., Gregory, D. & Lowe, E. Signaller Workload Exploration and Assessment Tool (SWEAT). In Wilson, J., R., Mills, A., Clarke, T., Rajan, J. & Dadashi, N., *Rail Human Factors around the World*. Boca Raton : CRC Press
- Shorrock, S., T. dan Kirwan, B. 2002. Development and application of a human error identification tool for air traffic control. *Applied Ergonomics*. 33(2002), 319-336
- Smith, P., Blandford, A. dan Back, J.2008. Questioning, exploring, narrating and playing in the control room to maintain system safety. *Cognition Technology and Work*. 11(4), 279-291
- Stanton, N. A., Salmon, P. M., Walker G. H., Baber, C. dan Jenkins, D. P.2005.*Human Factors Methods A Practical Guide for Engineering and Design*. Aldershot : Ashgate
- Wiegmann, D. A. dan Shappell, S. A. 2003. *A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis*. Aldershot : Ashgate
- Zeilstra, M., de Bruijn, D., W. & van der Weide, R. Development And Implementation Of Predictive Tool For Optimaazing Workload Of Train Dispatcers. In Wilson, J., R., Mills, A., Clarke, T., Rajan, J. & Dadashi, N., *Rail Human Factors around the World*. Boca Raton : CRC Press
- Zeilstra, M., de Bruijn, D., W. & van der Weide, R.,2012, Development And Implementation Of Predictive Tool For Optimaazing Workload Of Train Dispatcers., In Wilson, J., R., Mills, A., Clarke, T., Rajan, J. & Dadashi, N., *Rail Human Factors around the World*. Boca Raton : CRC Press

LAMPIRAN A.

