FAULT TREE ANALYSIS (FTA) PADA BAGIAN *ELECTRIC ARC FURNACE* DI PT. X

Philipus Adyatama Igo
Departemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja
Fakultas Kesehatan masyarakat Universitas Airlangga
Email: Philipusady@gmail.com

ABSTRACT

Occupational Health and Safety (OHS) has application to an important role for implementing the subject and object. This study was conducted to analyze the risk assessment to a production process that has a degree of danger and high risk using the Fault Tree Analysis (FTA). In addition, the basic cause of the occurrence of this study will be known and can be acted upon. This research was conducted with cross-sectional design using a quantitative approach. The method used in this study are the observations and interviews with employees, supervisors, and staff safety. Sampling was carried out by means of the total population in the study area. Explosion hazards and risks is contained in the highest production of Electric Arc Furnace (EAF). The explosion came from a variety of causes that occur in the melting furnace. In this study generated five groups of basic causes that led to the explosion at the EAF. In general, the cause will be the main causes that lead to unsafe scrap and shell leaks. The conclusion of this study is the implementation of the five groups of the basic causes of the potential danger of an explosion at the EAF. The fifth group is the basic cause of not having control efforts even though there have been efforts to minimize errors. In general, the cause of the five basic groups is the human factor. Training and further monitoring at work became one of the recommendations to be recommendation enough control and follow-up of this study.

Keywords: *EAF, explosion, FTA, risk assessment.*

ABSTRAK

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam penerapannya memiliki peranan penting bagi subjek dan objek pelaksananya. Penelitian ini dilakukan untuk melakukan analisis *risk assessment* terhadap suatu proses produksi yang memiliki tingkat bahaya dan risiko yang tinggi dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Selain itu, dengan penelitian ini penyebab dasar kejadian akan diketahui dan dapat ditindaklanjuti. Penelitian ini dilaksanakan dengan rancangan *cross sectional* dengan menggunakan pendekatan kuantitatif. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan observasi dan wawancara terhadap pekerja, supervisor, dan *staff safety.* Pengambilan sampel dilakukan dengan cara total populasi pada area penelitian. Ledakan merupakan bahaya dan risiko tertinggi yang terdapat pada bagian produksi *Electric Arc Furnace* (EAF). Ledakan berasal dari berbagai macam penyebab yang terjadi di tungku peleburan. Dalam penelitian ini dihasilkan lima kelompok penyebab dasar yang mengakibatkan terjadinya ledakan di bagian EAF. Secara umum penyebab tersebut akan mengarah kepada penyebab utama yaitu *unsafe scrap* dan kebocoran *shell.* Kesimpulan dari pelaksanaan penelitian ini adalah adanya lima kelompok penyebab dasar dari adanya potensi bahaya ledakan di bagian EAF. Kelima kelompok penyebab dasar tersebut belum memiliki upaya pengendalian meskipun telah ada upaya untuk meminimalkan kesalahan. Secara umum, penyebab dari kelima kelompok dasar tersebut adalah faktor manusia. Pelatihan dan pemantau lebih lanjut pada saat bekerja menjadi salah satu rekomendasi yang cukup untuk menjadi rekomendasi pengendalian dan tindak lanjut dari penelitian ini.

Kata Kunci: EAF, ledakan, FTA, *risk assessment.*

PENDAHULUAN

Keberadaan industri di tengah- tengah aktivitas manusia telah menjadi satu bagian penting dalam bagian evolusi manusia. Jumlah industri yang ada dari beberapa tahun yang lalu hingga sekarang menunjukkan peningkatan dari tahun ke tahun. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam penerapannya memiliki peranan penting bagi subjek dan objek pelaksananya. K3 memberikan jaminan keselamatan baik dalam bidang ekonomis maupun non ekonomis. Menurut Badan Pusat Statistik (2013), jumlah industri total yang ada di Indonesia mencapai 23.941 yang terdiri dari industri besar sedang dalam berbagai subsektor. Angka tersebut mengalami peningkatan dari tahun sebelumnya yang mencapai 23.592 industri. Selain itu, jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam industri tersebut mencapai 4.382.908 pekerja. Jumlah tersebut masih dalam

hitungan sementara yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik. Menurut Anizar (2009) secara umum penyebab kecelakaan ada dua, yaitu *unsafe action* (faktor manusia) dan *unsafe condition* (faktor lingkungan). Menurut penelitian bahwa 80–85% kecelakaan disebabkan oleh *unsafe action*.

Hal ini menunjukkan bahwa potensi yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja tidak hanya dari faktor manusia itu sendiri tetapi juga bisa berasal dari lingkungan tempat pekerja tersebut melakukan aktivitas terutama bila melakukan aktivitas dalam dunia industri. Kerugian yang disebabkan dari kecelakaan kerja memiliki nominal yang tidak sedikit. Antara News (2013) melansir, PT Jamsostek menyatakan dalam tahun 2012 setiap hari ada 9 pekerja peserta Jamsostek yang meninggal dunia akibat kecelakaan kerja, sementara total kecelakaan kerja pada tahun yang sama 103.000 kasus. Dalam kurun waktu lima tahun terakhir, telah banyak terjadi kejadian kecelakaan kerja yang diakibatkan oleh adanya ledakan dari tungku peleburan. Terdapat berbagai macam keuntungan bagi sebuah perusahaan atau lembaga jika menerapkan K3. DM Petroleum Operations Company mengungkapkan bahwa mereka bersedia untuk membayar lebih, memakan waktu yang lebih lama, dan lebih konservatif jika sebuah tindakan dapat berimbas positif pada keselamatan. Keputusan tersebut berakibat pada penghematan sumber daya daripada kehilangan atau kerugian. Perusahaan tersebut mengalami pengurangan kecelakaan kerja dari 45 kejadian (1998) menjadi 7 kejadian (2005) (Campbell Institute, 2013).

Salah satu upaya dalam menerapkan K3 dalam perindustrian adalah dengan melakukan manajemen risiko atas segala kegiatan yang berlangsung dalam industri. Tahap terpenting dalam melakukan manajemen risiko adalah dalam melakukan penilaian risiko (*Risk Assessment*). Salah satu metode melakukan *Risk Assessment* adalah

dengan menggunakan metode FTA *(Fault Tree Analysis)*. Menurut Fitria (2013), keuntungan menggunakan metode FTA adalah dapat menentukan faktor penyebab paling dasar yang memungkinkan terjadinya kegagalan. Keuntungan teknik FTA dibandingkan dengan teknik *Risk Assessment* lain adalah terletak pada jangkauan potensi bahaya dalam aktivitas perusahaan atau organisasi dan tingkat kerumitan dan upaya yang dilakukan pada masing-masing teknik *Risk Assessment.* Melihat faktor di atas dan menyadari bahwa metode ini jarang dilakukan, maka metode *Fault Tree Analysis* ini digunakan dalam proses *Risk Assessment* pada potensi bahaya yang tinggi seperti ledakan pada perusahaan peleburan baja atau besi. Menurut hasil observasi pendahuluan dan Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko (IBPR) PT. X, bahaya yang terdapat dalam proses produksi peleburan baja dengan tungku EAF adalah bahaya ledakan, terciprat cairan panas baja, dan terkena semburan api besar.

Bahaya tersebut telah memiliki pengendalian dalam proses produksi yang berlangsung kecuali potensi bahaya ledakan, sehingga ledakan merupakan suatu potensi bahaya yang harus dikaji lebih lanjut dengan melakukan *Risk* Assessment. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukannya sebuah analisis *risk assessment* dengan menggunakan metode FTA untuk melakukan manajemen risiko yang di dalamnya terdapat proses untuk menganalisis dan mengevaluasi risiko terhadap proses produksi peleburan baja PT. X. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *Risk Assessment* pada bagian Produksi peleburan baja PT. X dengan metode *Fault Tree Analysis*. Penelitian ini diharapkan mampu untuk Mengidentifikasi bahaya pada kegiatan produksi peleburan baja di PT. X, Menganalisis risiko terhadap kegiatan produksi peleburan baja di PT. X, Melakukan analisis *risk assessment* pada kegiatan produksi peleburan baja di PT. X dengan metode *Fault Tree Analysis*, dan Merekomendasi hasil *Risk Assessment* sebagai bahan evaluasi dan perencanaan pada bagian produksi di PT. X.

METODE

Penelitian ini berdasarkan desain metode penelitiannya termasuk dalam penelitian observasional karena dalam penelitian ini, peneliti tidak memberikan perlakuan kepada objek penelitian. Ditinjau dari segi waktu pelaksanaan penelitian ini, penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian *cross sectional* karena penelitian ini dilakukan dalam periode satu waktu dan dilaksanakan bersamaan. Penelitian bersifat deskriptif karena penelitian ini mengarah pada mendeskripsikan atau memberikan gambaran risiko serta menganalisis dan memberikan penilaian pada pekerjaan tempat penelitian.

Populasi penelitian dalam penelitian ini adalah semua proses produksi EAF pada PT. X. Sampel dalam penelitian ini adalah sejumlah 5 orang pekerja unit EAF, 1 orang *safety crew*, dan 1 orang kepala bagian dalam proses produksi EAF. Cara penentuan sampel dalam penelitian ini ditentukan langsung oleh peneliti dengan mempertimbangkan kecukupan informasi dalam pengolahan data dalam penelitian

ini. Pengambilan sampel pekerja dilakukan secara random saat shift kerja responden pada saat penelitian dilakukan. Penelitian ini dilakukan pada bagian produksi EAF PT. X Sidoarjo yang bertempat di desa Kedungturi Kecamatan Taman Kabupaten Sidoarjo. Waktu penelitian dimulai pada bulan Oktober 2013 sampai dengan bulan Mei 2014. Waktu pengambilan data di lapangan dilakukan pada periode waktu 1–11 April 2014 selama 2 minggu. Variabel dalam penelitian ini adalah proses produksi bagian EAF (*charging pit*, proses peleburan, dan proses *tapping*), identifikasi bahaya, jenis bahaya, analisis risiko, dan evaluasi risiko. Penelitian ini memiliki dua teknik pengumpulan data yaitu dengan data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari proses observasi proses produksi dan hasil wawancara terhadap sampel penelitian.

Data sekunder menggunakan data yang berasal dari perusahaan yaitu profil perusahaan, data kejadian kecelakaan kerja, dan instrumen IBPR (Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko). Instrumen yang digunakan dalam proses pengambilan data adalah lembar wawancara dan lembar IBPR PT. X. Proses *Risk Assessment* dimulai dengan melakukan observasi lingkungan dan proses produksi unit EAF untuk mengetahui gambaran risiko yang terdapat pada perusahaan. Setelah melakukan observasi, dilakukan penggalian informasi lebih mendalam untuk mengetahui kondisi nyata dalam proses produksi ini.

Penggalian informasi ini dilakukan dengan wawancara terhadap safety officer/staff, kepala bagian, dan pekerja. Setelah mendapat informasi yang mendalam mengenai risiko dalam proses produksi tersebut, maka dilakukan diskusi safety officer/staf, kepala bagian, dan pekerja. Setelah mendapat data-data nyata mengenai risiko dan sebab-akibat yang akan terjadi dari risiko tersebut, dilakukan analisis *Risk Assessment* dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis*. Data yang didapatkan akan menjelaskan potensi bahaya dan penyebab yang kemungkinan akan terjadi pada bagian produksi. Data tersebut kemudian akan menggambarkan pengendalian risiko yang harus dilakukan. Penyajian data yang akan dihasilkan adalah gambar bagan model *FTA* yang berisi kejadian puncak yang akan terjadi pada bagian tersebut dan sumber bahaya atau kejadian dasar yang akan menyebabkan kejadian puncak tersebut.

HASIL

Identifikasi bahaya dilakukan dengan melakukan observasi dan wawancara terhadap proses produksi yang terdapat pada bagian EAF. Selain menggunakan observasi dan wawancara, identifikasi dilakukan dengan menggunakan tabel IBPR (Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko) yang dimiliki oleh PT. X pada bagian EAF. Potensi bahaya diidentifikasi dengan cara observasi terhadap masing-masing bagian proses produksi yang ada pada bagian EAF. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan pada bagian EAF, EAF memiliki beberapa proses dan kondisi yang berbeda dengan unit produksi lainnya. Secara umum saat dilakukan observasi pada bagian EAF ini terdapat paparan bahaya yang cukup tinggi berupa panas, debu, dan kebisingan. Bahaya panas, debu dan kebisingan tersebut akibat dari mesin tungku EAF. Panas dan debu merupakan hasil dari proses peleburan yang keluar dari atas tungku pada saat melakukan proses peleburan. Sedangkan, kebisingan keluar akibat dari ledakan-ledakan yang terjadi pada saat awal proses peleburan. Pengalaman kerja yang dimiliki oleh kelima responden adalah empat sampai dengan 32 tahun pengalaman kerja di PT. X. Dari kelima responden tersebut hanya ada satu orang yang memiliki pengalaman kerja di bawah lima tahun di PT. X. Selain itu, terdapat tiga orang dari keempat sisa responden yang memiliki pengalaman kerja 10 tahun ke atas. Dari kelima responden yang telah diwawancarai, terdapat tiga orang responden yang dari awal bekerja langsung ditempatkan di bagian EAF sampai sekarang. Sedangkan sisanya bekerja pada bagian lain dalam PT. X sebelum akhirnya ditempatkan di bagian EAF ini. Data keluhan pekerja juga didapatkan dari hasil wawancara yang telah dilakukan. Kelima responden memiliki jawaban yang berbeda meskipun jawaban yang diutarakan relatif sama. Terdapat satu orang responden yang mengalami keluhan fisik selama bekerja di bagian EAF, sedangkan empat responden lainnya menyatakan tidak memiliki keluhan fisik selama bekerja di bagian EAF. Dari kelima responden yang ada, menyatakan bahwa mereka menyatakan keluhan yang berasal dari lingkungan kerja mereka. Satu orang responden menyatakan keluhan panas, satu orang responden menyatakan keluhan debu dan panas, satu orang responden menyatakan keluhan panas dan kebisingan, dan dua orang responden lainnya menyatakan keluhan

panas, debu, dan kebisingan. Dari hasil wawancara tersebut, didapatkan potensi bahaya yang terdapat dari lingkungan kerja di bagian EAF adalah panas, debu, dan kebisingan. Setelah mencari tahu informasi mengenai keluhan pekerja selama bekerja di bagian EAF, tahap selanjutnya adalah mengetahui pemahaman pekerja mengenai bahaya dan risiko yang mereka dapatkan selama bekerja di bagian EAF tersebut. Kelima responden menyatakan bahwa pekerjaan yang mereka lakukan memiliki bahaya semburan api, ledakan, *splashing*, dan kejatuhan material. Selain itu, pekerja diwawancara mengenai akibat yang terjadi dari potensi bahaya yang muncul di pertanyaan wawancara sebelumnya. Kelima responden menjawab bahwa mereka mengetahui akibat yang ditimbulkan dari bahaya yang terdapat di bagian EAF. Tiga dari lima responden menyatakan bahwa akibat dari potensi bahaya tersebut adalah cidera, sedangkan dua responden lainnya menyatakan bahwa akibat dari potensi bahaya tersebut adalah cidera sampai kematian. Wawancara berikutnya adalah untuk mengetahui kemungkinan kejadian atau kecelakaan paling parah yang dapat terjadi selama proses produksi di bagian EAF PT. X. Kelima responden mampu menjawab pertanyaan wawancara tersebut dengan jawaban yang relatif sama. Empat responden dari lima responden yang telah diwawancara menyatakan bahwa kemungkinan kejadian atau kecelakaan paling parah yang dapat terjadi di bagian EAF adalah ledakan, sedangkan satu responden menyatakan bahwa kejadian atau kecelakaan paling parah yang dapat terjadi adalah ledakan dan kebakaran. Setelah mengetahui kemungkinan kejadian atau kecelakaan paling parah yang mungkin dapat terjadi di bagian EAF, wawancara selanjutnya adalah untuk mengetahui penyebab dari kejadian atau kecelakaan paling parah yang mungkin terjadi di bagian EAF tersebut. Penyebab dari kejadian puncak tersebut adalah *sampling slag door*, air atau proses bom hidrogen, *scrap* yang basah, dan adanya tabung bertekanan.

Bagian EAF memiliki beberapa tahap proses produksi yaitu *charging pit*, proses peleburan, dan *tapping*. *Charging pit* merupakan tahap persiapan dari proses peleburan yang terdapat pada bagian EAF. Proses ini dimulai dari memasukkan *scrap* dari bagian logistik ke dalam *bucket* yang telah disediakan. Kemudian setelah *bucket* terisi sesuai dengan batas diperbolehkan, *bucket* diangkat dengan menggunakan *craine* yang kemudian diarahkan menuju tungku EAF. Setelah *bucket* berada di atas tungku EAF, *bucket* kemudian dibuka dan menjatuhkan *scrap* yang telah disiapkan tadi ke dalam tungku EAF. Terkadang dalam proses produksi ini *bucket* tidak hanya digunakan untuk memasukkan *scrap* ke dalam tungku tetapi juga digunakan untuk merapikan *scrap* yang telah dituang sehingga tungku dapat ditutup dengan sempurna. Proses selanjutnya setelah *scrap* telah dimasukkan adalah proses untuk melebur *scrap* menjadi cairan besi panas. Setelah tungku tertutup secara sempurna, elektroda listrik yang berguna sebagai pelebur dimasukkan ke dalam tungku melalui 3 buah lubang yang ada di penutup tungku EAF. Selama proses peleburan ini sering terjadi ledakan kecil pada tungku EAF. Ledakan kecil ini merupakan proses yang wajar dan biasa menurut pekerja dan supervisor yang telah diwawancara. Proses peleburan ini terdiri dari tiga kali hit yang di mana satu hit merupakan satu kali proses *charging* dan memiliki waktu sekitar 10 menit per hit. Proses peleburan telah selesai ketika sudah melakukan tiga kali hit dan suhu besi cair yang berada di dalam tungku sudah mencapai sekitar 1.620°C. Ketika proses peleburan selesai, proses berikutnya adalah proses penuangan besi cair ke dalam *ladle* melalui lubang kecil yang bernama *Tap hole*. Proses *Tapping* ini diikuti dengan pemiringan tungku ke arah *ladle* dan terkadang membutuhkan tenaga manusia untuk membantu proses *Tapping* jika terjadi penyumbatan saluran *tap hole*. Proses *Tapping* ini juga sering menimbulkan ledakan yang diakibatkan oleh penuhnya *ladle* sehingga cairan besi panas tertumpah ke bawah dan mengenai genangan air yang berasal dari proses selanjutnya. Menurut supervisor, pernah terjadi kecelakaan yang terjadi bagian EAF ini. Kejadian atau kecelakaan paling parah tersebut adalah ledakan dan pekerja yang terkena atau tersembur api dari dalam tungku. Pertanyaan berikutnya dalam wawancara adalah menentukan kejadian atau kecelakaan terparah dari dua kejadian tersebut. Menurut supervisor, kejadian atau kecelakaan terparah adalah ledakan. Setelah mengetahui kejadian atau kecelakaan paling parah tersebut, maka dilakukan identifikasi penyebab dari kejadian tersebut dengan menggunakan wawancara lebih mendalam terhadap supervisor. Penyebab pertama dari ledakan adalah *unsafe scrap* dan kebocoran *shell*. Menurut supervisor, penyebab dari *unsafe scrap* adalah *scrap* basah dan *scrap* mengandung bahan peledak dan tabung bertekanan. Penyebab dari adanya kebocoran *shell* adalah korosi pada lapisan *shell*, lapisan *shell* terkena *scrap*, dan lapisan *shell* terkena burner. Wawancara berikutnya adalah mengetahui penyebab kejadian

berikutnya dari penyebab level kedua. Penyebab level kedua berjumlah lima kejadian dan dua dari lima kejadian tersebut masih memiliki penyebab level berikutnya. Kedua kejadian tersebut adalah *scrap* basah dan *scrap* mengandung bahan peledak dan tabung bertekanan. Penyebab dari *scrap* basah adalah hujan dan penyimpanan *scrap* yang terbuka. Penyebab dari *scrap* mengandung bahan peledak dan tabung bertekanan adalah kesalahan *screening* dan Mengandung sisa bahan peledak.

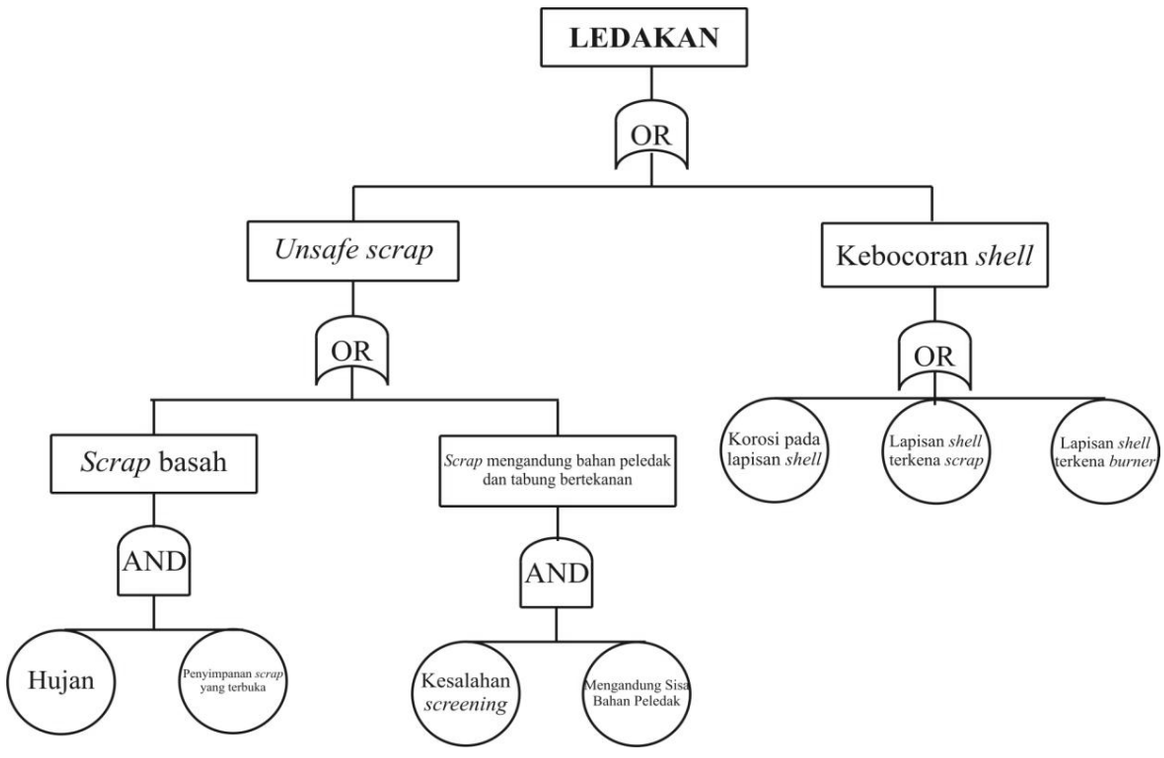
Penelitian ini menggunakan metode wawancara mendalam terhadap supervisor dalam melakukan analisis risiko. Wawancara dilakukan untuk mencari penyebab level pertama sampai level berikutnya dari kejadian atau kecelakaan paling parah yang mungkin dapat terjadi yaitu ledakan. Selanjutnya setelah mengetahui penyebab tersebut, penyebab akan dikonversikan menjadi skema FTA dalam analisis *risk assessment* yang ada serta dianalisis menggunakan metode minimal *cut set* untuk mencari minimal kelompok penyebab ledakan. Ledakan yang terjadi di PT. X memiliki dua penyebab umum yang memiliki tingkat kemungkinan terjadi yang tinggi. Kondisi *scrap* yang tidak aman (*unsafe scrap*) dan kebocoran *shell* merupakan dua penyebab utama terjadi ledakan pada tungku EAF. Dua kondisi tersebut tidak terlalu sering terjadi pada PT. X tetapi jika dua kondisi tersebut terjadi akan menimbulkan efek yang sangat besar dan memungkinkan untuk menimbulkan kerugian materiil dan jiwa. *Unsafe scrap* secara umum juga dipengaruhi oleh dua penyebab utama. *Unsafe scrap* disebabkan oleh kondisi *scrap* yang basah dan *scrap* terdapat bahan peledak atau tabung yang bertekanan. *Scrap* yang basah menjadi sangat berbahaya ketika dimasukkan ke dalam tungku EAF karena dapat menimbulkan reaksi ledakan yang terjadi ketika proses *charging pit* atau pada saat proses peleburan. Selain itu, *scrap* yang mengandung bahan peledak juga sangat berbahaya. *Scrap* yang mengandung tabung bertekanan juga dapat menimbulkan reaksi ledakan yang dapat terjadi saat proses *charging pit* atau pada saat proses peleburan berlangsung. Kondisi *scrap* yang basah juga dipengaruhi oleh beberapa sebab dasar. Sebab dasar tersebut adalah kondisi alam seperti hujan dan juga penyimpanan *scrap* yang terbuka. Khusus untuk penyimpanan *scrap*, PT. X memiliki sebuah gudang penyimpanan *scrap* yang terletak di sekitar di bagian peleburan. Kondisi yang paling ditakutkan terjadi untuk penyimpanan *scrap* ini adalah ketika setelah hujan terjadi dan *scrap* yang diduga kering ternyata menyimpan atau mengandung air di dalam tumpukan *scrap* tersebut. *Scrap* terdapat bahan peledak atau tabung bertekanan juga memilki beberapa penyebab dasar sehingga kondisi tersebut dapat terjadi. PT. X memiliki prosedur untuk melakukan *screening* terhadap bahan baku yang akan digunakan untuk proses produksi. Penyebab dasar dari *scrap* yang mengandung bahan peledak atau tabung bertekanan adalah kegagalan *screening* dan bahan baku yang didatangkan berasal dari negara daerah konflik.

Kegagalan *screening* dapat terjadi dikarenakan *human eror* atau kelalaian petugas *screening* yang tidak mengikuti prosedur yang ada atau kurang cermatnya petugas dalam melakukan *screening*. PT. X mendapatkan berbagai macam bahan baku berasal dari import yang dilakukan dari berbagai negara. Terkadang ada beberapa negara yang menjadi importir bagi PT. X yang merupakan negara konflik sehingga dalam pengiriman bahan baku dapat ditemukan beberapa bahan peledak. Kebocoran *shell* juga diakibatkan oleh beberapa hal yang dapat terjadi dalam keseharian proses produksi di tungku EAF PT. X. Beberapa penyebab terjadi kebocoran *shell* adalah adanya korosi pada lapisan *shell*, lapisan *shell* terkena *scrap* dan lapisan *shell* terkena *burner*. Beberapa penyebab tersebut diakibatkan oleh kelalaian manusia atau *human eror* baik *personal in charge* dan juga operator *burner*. Kebocoran *shell* yang terjadi dapat mengakibatkan ledakan atau dentuman yang keras diikuti cipratan besi panas yang keluar pada saat proses *charging* atau peleburan. Secara umum penyebab terjadinya kebocoran *shell* ini adalah kurangnya pengawasan terhadap perawatan atau *maintenance* pada tungku EAF. Beberapa hal di atas merupakan hasil wawancara terhadap supervisor mengenai penyebab yang muncul dari adanya potensi bahaya ledakan yang dapat terjadi di bagian EAF PT. X. Berdasarkan hasil wawancara tersebut, terdapat tiga level penyebab adanya ledakan. Setelah mengetahui penyebab tersebut, langkah berikutnya adalah mengkonversikan penyebab tersebut dalam sebuah skema FTA yang kemudian akan menjadi hasil dari penerapan *risk assessment* yang dilakukan di bagian EAF di PT. X.

Analisis ini akan dilakukan dengan membuat skema FTA sesuai dengan hasil analisis risiko yang telah dilakukan sebelumnya. Ledakan merupakan kejadian puncak dalam penelitian ini karena merupakan bahaya tertinggi yang memiliki tingkat risiko yang tinggi pula. Dalam skema FTA yang akan dibuat, ledakan akan berada pada skema paling

atas dengan menggunakan simbol *Top Event*. Dalam skema FTA, ledakan akan disimbolkan dalam bentuk persegi. Ledakan dapat disebabkan oleh dua kejadian berikutnya. Kejadian turunan dari ledakan tersebut adalah *unsafe scrap* dan kebocoran *shell* yang kemudian menjadi penyebab level pertama. *Unsafe scrap* merupakan *intermediate event* yang kemudian dalam skema FTA akan disimbolkan dengan persegi. Kebocoran *shell* juga merupakan *intermediate event* yang akan dikonversi menjadi simbol persegi dalam skema FTA. Dari penyebab level pertama tersebut kemudian dilanjutkan ke penyebab level dua. Penjabaran penyebab level kedua akan dilakukan satu persatu. *Unsafe scrap* memiliki dua kejadian penyebab yang selanjutnya akan menjadi penyebab level kedua. Penyebab *unsafe scrap* tersebut adalah *scrap* basah dan *scrap* terdapat bahan peledak atau tabung bertekanan. *Scrap* basah dan *scrap* mengandung bahan peledak dan tabung bertekanan selanjutnya akan dikonversi menjadi simbol persegi dalam skema FTA. Kebocoran *shell* yang merupakan penyebab level kedua dan *intermediate event* memiliki tiga penyebab kejadian berikutnya. Kebocoran *shell* memiliki penyebab yaitu lapisan *shell* mengalami korosi, lapisan *shell* terkena *scrap*, dan lapisan *shell* terkena *burner*. Tiga kejadian tersebut menjadi penyebab level kedua dan merupakan *basic event* karena masing-masing kejadian tidak memiliki minimal 2 penyebab. Oleh karena itu, tiga kejadian tersebut akan dikonversikan menjadi simbol lingkaran dalam skema FTA yang akan dibuat. Penyebab level kedua yang masih dalam berupa *intermediate event* adalah *scrap* basah dan *scrap* mengandung bahan peledak dan tabung bertekanan. *Scrap* basah memiliki penyebab berikutnya yang merupakan penyebab level ketiga. *Scrap* basah memiliki penyebab hujan dan penyimpanan *scrap* yang terbuka. Kedua kejadian tersebut merupakan *basic event* yang kemudian akan dikonversikan menjadi simbol lingkaran dalam skema FTA. *Scrap* mengandung bahan peledak dan tabung bertekanan memiliki penyebab berikutnya yang menjadi penyebab level ketiga. Penyebab tersebut adalah kesalahan *screening* dan Mengandung sisa bahan peledak. Kedua penyebab tersebut merupakan *basic event* yang kemudian dalam skema FTA akan dikonversikan menjadi simbol lingkaran.

Secara keseluruhan skema FTA dengan kejadian puncak ledakan di EAF PT. X akan terdiri dari lima *intermediate event* dan tujuh *basic event*. Selanjutnya kejadian tersebut akan dihubungkan dengan gerbang logika pada analisis *Risk Assessment*. Skema FTA ledakan akan disajikan dalam bentuk gambar bagan, yaitu sebagai berikut:

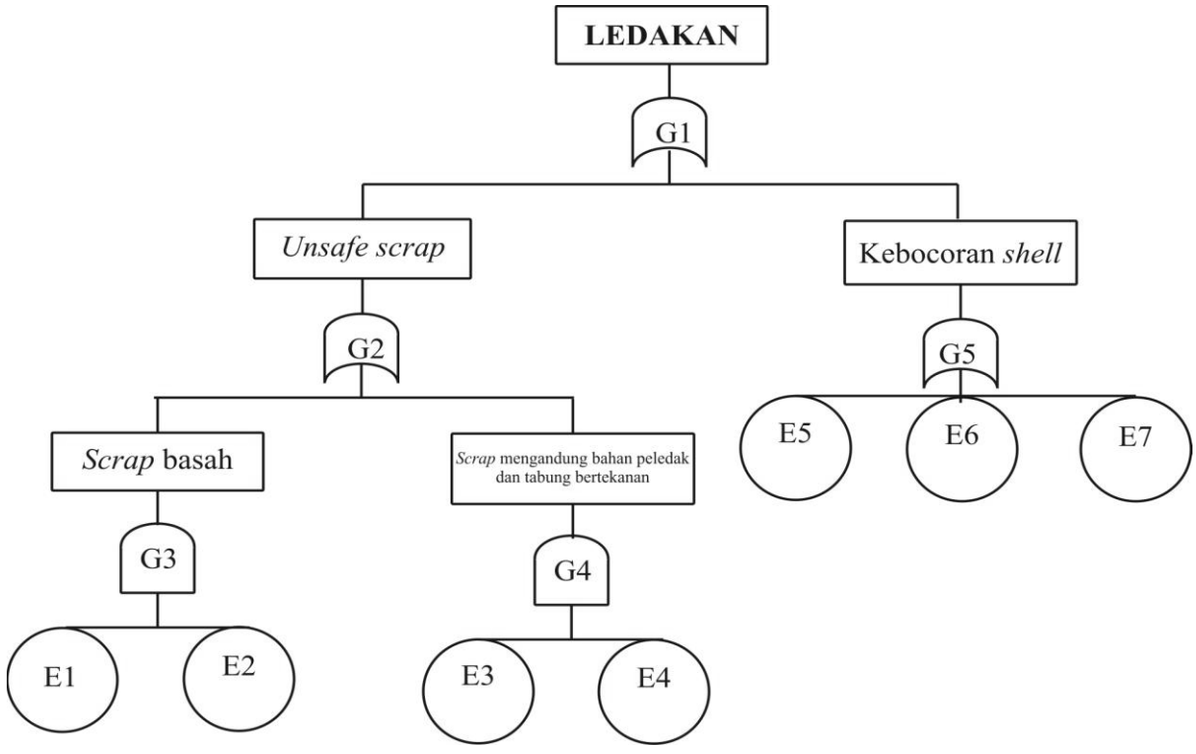


Gambar 1. Skema FTA Ledakan

Analisis *risk assessment* ini akan menjabarkan lebih lanjut mengenai arti gerbang logika dan metode analisis dengan menggunakan *minimal cut set*. Penghubung antara ledakan dan penyebab level pertama yaitu gerbang logika "OR". Gerbang logika ini menyatakan bahwa ledakan dapat diakibatkan oleh cukup salah satu dari dua penyebab yang ada. Begitu pula dengan penghubung kejadian penyebab antara *Unsafe scrap* dengan *scrap* basah dan *scrap* mengandung bahan peledak dan tabung bertekanan dan juga Kebocoran *shell* dengan korosi pada lapisan *shell*, lapisan *shell* terkena *scrap*, dan lapisan *shell* terkena *burner*. Selain itu, dalam skema tersebut terdapat gerbang logika yang lain yaitu gerbang logika "AND". Gerbang logika ini menunjukkan bahwa untuk terjadinya suatu kejadian diperlukan seluruh penyebab kejadian. Gerbang logika tersebut dapat kita lihat pada penghubung antara kejadian *scrap* basah dengan hujan dan penyimpanan *scrap* yang terbuka. *Scrap* yang basah hanya akan terjadi jika hujan terjadi dan penyimpanan *scrap* yang terbuka terjadi. Makna gerbang logika tersebut sama terhadap penghubung antara kejadian *scrap* terdapat bahan peledak dan tabung bertekanan dengan kesalahan *screening* dan mengandung sisa bahan peledak.

Tahap berikutnya adalah melakukan analisis *risk assessment* dengan menggunakan metode *minimal cut set*. Hal pertama dalam melakukan metode ini adalah dengan menentukan *cut set* dari skema FTA tersebut. Dalam melakukan penentuan *cut set*, hal pertama yang dilakukan adalah memberikan *coding* terhadap gerbang logika dan *basic event* yang ada dalam skema tersebut. Dalam melakukan *coding* pada gerbang logika, *coding* dilakukan dengan memberikan kode "G" dengan diikuti nomer urut pemakaian kode tersebut. Jumlah gerbang logika yang terdapat dalam skema FTA adalah lima gerbang. Oleh karena itu, kode untuk gerbang logika yang dihasilkan adalah G1, G2, G3, G4, dan G5. Berikut merupakan gambar skema FTA setelah *coding*:

Begitu pula dalam melakukan *coding* pada *basic event* yang ada. Masing-masing *basic event* yang ada akan diberi kode "E" diikuti dengan nomer urut pemakaian kode tersebut. Jumlah *basic event* yang terdapat dalam skema FTA adalah tujuh buah. Oleh karena itu, kode untuk *basic event* yang dihasilkan adalah E1, E2, E3, E4, E5, E6, dan E7. Berikut ini adalah gambar skema FTA setelah diberikan *coding* pada gerbang logika dan *basic event* yang ada. Gambar di atas menunjukkan skema FTA yang sebelumnya telah diberikan kode pada gerbang logika dan *basic event* yang terdapat dalam skema tersebut. Kode G1, G2, dan G5 merupakan gerbang "OR" sedangkan kode G3 dan G4 merupakan



Gambar 2. Skema FTA Setelah *Coding*

gerbang "AND". Tahap selanjutnya adalah penjabaran masing-masing gerbang logika sehingga tidak ada lagi gerbang logika yang tersisa. Hasil penjabaran masing- masing gerbang logika ini adalah kejadian penyebab atau kode "E". Dalam melakukan penjabaran, gerbang logika "AND" akan dijabarkan ke kanan atau horizontal dan gerbang logika "OR" dijabarkan ke bawah atau vertikal. Setelah melakukan penjabaran, kita telah mendapatkan lima buah *cut set* dari skema FTA di atas yaitu E1-E2, E3-E4, E5, E6, dan E7. Setelah kita mendapat *cut set* tersebut, maka tahap selanjutnya adalah menentukan *minimal cut set.* Cara menentukan *minimal cut set* adalah dengan mengeliminasi *cut set* yang memiliki kesamaan. Karena *cut set* yang dihasilkan tidak memiliki kesamaan maka *cut set* tersebut sudah merupakan *minimal cut set*. Hal di atas menunjukkan bahwa untuk mempengaruhi terjadinya *Top Event* dalam hal ini adalah ledakan pada bagian EAF PT. X terdapat lima kelompok *basic event* yang harus muncul salah satunya. *Basic event* tersebut adalah Hujan dan penyimpanan *scrap* yang terbuka, Kesalahan *screening* dan Mengandung sisa bahan peledak, Korosi pada lapisan *shell*, Lapisan *shell* terkena *scrap*, dan Lapisan *shell* terkena *burner*.

Tahap berikutnya dalam penelitian ini adalah membuat rekomendasi yang sesuai dengan hasil analisis *risk assessment* dan kondisi nyata di PT. X. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode *minimal cut set*, terdapat lima kelompok penyebab dasar terjadinya ledakan di bagian EAF. Secara umum, tingkat pengendalian PT. X terhadap lima kelompok penyebab dasar tersebut sudah dikendallikan baik dengan cara eliminasi sampai dengan pemakaian APD (Alat Pelindung Diri). Rekomendasi pengendalian yang dapat dilaksanakan oleh PT. X untuk mencegah terjadinya ledakan adalah dengan memperhatikan faktor *human eror* atau kesalahan dan kelalaian yang diakibatkan oleh petugas atau pekerja PT. X. Selain itu, perlu adanya bunker pengaman dari ledakan yang dapat disiapkan di area EAF sehingga jika terjadi hal-hal yang berpotensi terjadinya ledakan, pekerja dapat berlindung dari ledakan tersebut di tempat yang aman.

PEMBAHASAN

Sumber informasi bahaya yang didapat merupakan hasil dari proses observasi dan wawancara yang telah dilakukan. Wawancara dilakukan terhadap pekerja dan supervisor area EAF. Wawancara pada pekerja dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai lama kerja, keluhan pekerja, pemahaman mengenai bahaya dan risiko di area EAF, potensi bahaya di EAF, dan kemungkinan kejadian atau kecelakaan paling parah yang dapat terjadi serta penyebabnya. Lama kerja diperlukan untuk melihat pengalaman kerja dari pekerja di bagian EAF. Pengalaman kerja dibutuhkan untuk mengidentifikasi potensi bahaya yang telah terjadi dan akan terjadi. Berdasarkan uraian potensi bahaya pada masing-masing bagian tahap produksi di EAF, ledakan merupakan potensi bahaya tertinggi yang dapat terjadi. Dalam jangka waktu 10 tahun terakhir telah terjadi ledakan besar di PT. X yang menimbulkan kerugian materiil maupun korban luka berat. Selain itu, berdasarkan hasil IBPR yang telah dilakukan oleh pihak perusahaan potensi bahaya termasuk dalam kelas ekstrim.

Berdasarkan hasil analisis risiko, terdapat beberapa kejadian yang merupakan penyebab dari terjadinya kejadian puncak atau potensi bahaya tertinggi yang dapat terjadi. Kejadian dasar tersebut selanjutnya akan dihubungkan dengan gerbang logika sesuai dengan hubungan penyebabnya. Seluruh kejadian puncak dan kejadian dasar akan dikonversikan menjadi simbol yang sesuai. Teknik analisis yang dipakai dalam penelitian ini adalah teknik analisis semi kuantitatif dengan menggunakan simbol FTA dalam menganalisis risiko yang ada. Teknik analisis risiko ini akan memberikan perhitungan probabilitas melalui gerbang logika sehingga akan menghasilkan kejadian dasar yang merupakan penyebab dasar terjadinya kejadian puncak atau bahaya tertinggi yang dapat terjadi. Menurut hasil penelitian, ledakan merupakan kejadian puncak atau kecelakaan paling parah yang dapat terjadi di bagian EAF di PT. X.

Hasil tersebut didapatkan menurut wawancara yang telah dilakukan terhadap supervisor bagian EAF PT. X. Hal ini sesuai dengan perhitungan *risk matrix* AS/NZS 4360 berikut ini. Berdasarkan penilaian *likelihood*, ledakan memiliki peringkat C yaitu *occasionally* atau mungkin dapat terjadi. Peristiwa ledakan dapat terjadi sewaktu-waktu dengan kejadian pemicu yang bisa muncul kapan saja. Selain itu, potensi terjadinya ledakan dapat terjadi dalam rentang waktu 1 sampai dengan 10 tahun. Berdasarkan penilaian *consequences*, ledakan menempati peringkat 4 dalam risk matrik yang berarti ledakan dapat menimbulkan kematian dan bisa memberikan dampak buruk terhadap lingkungan. Ledakan disebabkan oleh dua penyebab

utama yaitu *unsafe scrap* dan kebocoran *shell*. Kedua penyebab ini merupakan sebab dari ledakan yang memiliki prinsip penyebab berbeda. *Unsafe scrap* memiliki prinsip penyebab ledakan yang berasal dari bahan baku, sedangkan kebocoran *shell* berasal dari operasional tungku EAF itu sendiri. Dari seluruh hasil analisis risiko yang telah dilakukan, terdapat tujuh penyebab dasar yang bermuara pada terjadinya ledakan di bagian EAF di PT. X. Ketujuh penyebab dasar tersebut adalah hujan, penyimpanan *scrap* yang terbuka, kesalahan *screening*, Mengandung sisa bahan peledak, korosi pada lapisan *shell*, lapisan *shell* terkenan *burner*, dan lapisan *shell* terkena *scrap*.

Hasil yang didapatkan dari proses analisis *risk assessment* adalah lima kelompok penyebab dasar yang telah dilakukan analisis *minimal cut set* terhadap skema FTA yang telah dilakukan. Dari hasil tersebut, masing-masing kelompok penyebab dasar akan di evaluasi dengan melakukan penentuan peringkat risiko. Penentuan peringkat risiko ini akan menggunakan dasar dari *risk matrix* AS/NZS 4360. Setelah hasil peringkat risiko telah selesai, maka ditentukan pengendalian yang sesuai dengan peringkat risiko yang dimiliki oleh masing-masing kelompok penyebab dasar yang ada. Kelompok penyebab dasar yang pertama adalah hujan dan penyimpanan *scrap* yang terbuka. Dilihat dari segi *likelihood*, kelompok ini memiliki peringkat B (*likely*). Hujan dan penyimpanan *scrap* yang terbuka mungkin terjadi dikarenakan hujan merupakan faktor alam dan penyimpanan *scrap* yang dimiliki oleh PT. X merupakan penyimpanan yang terbuka. Tetapi PT. X memiliki gudang penyimpanan bahan baku yang tertutup meskipun jumlah bahan baku yang dapat ditampung tidak sebesar penyimpanan yang terbuka. Ditinjau dari segi *consequence*, kelompok ini masuk dalam peringkat 1 (*insignificant*). Alasannya adalah karena kelompok penyebab ini tidak menimbulkan akibat keselamatan maupun kesehatan bagi pekerja. Dari hasil tinjauan tersebut didapatkan peringkat risiko *Medium*. Kelompok penyebab dasar yang kedua adalah kesalahan *screening* dan Mengandung sisa bahan peledak. Ditinjau dari segi *likelihood*, kelompok ini memiliki peringkat D (*unlikely*). Kesalahan *screening* dan Mengandung sisa bahan peledak mungkin tidak terjadi dikarenakan *screening* telah menjadi suatu SOP yang wajib dilaksanakan dalam proses produksi PT. X. Akan tetapi, sumber bahan baku yang berasal dari negara konflik tidak dapat dikendalikan. Selain itu, harga bahan baku tersebut menjadi bahan pertimbangan bagi PT. X untuk tetap memesan Mengandung sisa bahan peledak tersebut. Ditinjau dari segi *consequence*, kelompok ini masuk dalam peringkat 1 (*insignificant*). Alasannya adalah karena kelompok penyebab ini tidak menimbulkan akibat keselamatan maupun kesehatan bagi pekerja. Dari hasil tinjauan tersebut didapatkan peringkat risiko *Low*.

Kelompok penyebab dasar yang ketiga adalah korosi pada lapisan *shell*. Ditinjau dari segi *likelihood*, kelompok ini memiliki peringkat C (*occasionally*). korosi pada lapisan *shell* kadang terjadi dikarenakan sebab dari terjadinya korosi adalah faktor manusia. Terjadinya korosi dapat dihindari jika adanya pengawasan dan kontrol terus menerus dari pekerja yang bersangkutan. Faktor manusia tersebut yang membuat kelompok penyebab dasar ini bisa saja terjadi jika pengawasan kurang diperhatikan oleh pekerja. Ditinjau dari segi *consequence*, kelompok ini masuk dalam peringkat 2 (*minor*). Alasannya adalah karena kelompok penyebab ini dapat menimbulkan kerugian materiil berupa rusaknya lapisan *shell* meskipun cenderung masih dapat diperbaiki dan memakan waktu dalam hitungan hari. Dari hasil tinjauan tersebut didapatkan peringkat risiko *Medium*. Kelompok penyebab dasar yang keempat adalah lapisan *shell* terkena *scrap*. Ditinjau dari segi *likelihood*, kelompok ini memiliki peringkat B (*likely*). Lapisan *shell* terkena *scrap* kadang terjadi dikarenakan sebab dari terjadinya adalah faktor manusia. Terjadinya lapisan *shell* terkena *scrap* dapat dihindari jika operator *bucket* mampu menuangkan *scrap* dengan aman dan tepat. Selain itu, perlu adanya pengawas khusus untuk melihat posisi *bucket* agar tepat berada di atas tungku EAF. Faktor manusia tersebut yang membuat kelompok penyebab dasar ini bisa saja terjadi jika pengawasan kurang diperhatikan oleh pekerja. Ditinjau dari segi *consequence*, kelompok ini masuk dalam peringkat 2 (*minor*). Alasannya adalah karena kelompok penyebab ini dapat menimbulkan kerugian materiil berupa rusaknya lapisan *shell* meskipun cenderung masih dapat diperbaiki dan memakan waktu dalam hitungan hari. Dari hasil tinjauan tersebut didapatkan peringkat risiko *High*. Kelompok penyebab dasar yang kelima adalah lapisan *shell* terkena *burner*. Ditinjau dari segi *likelihood*, kelompok ini memiliki peringkat B (*likely*). lapisan *shell* terkena *burner* kadang terjadi dikarenakan sebab dari terjadinya adalah faktor manusia. Terjadinya lapisan *shell* terkena *burner* dapat dihindari jika adanya pengawasan dan kontrol terus menerus dari pekerja yang bersangkutan. Selain

itu, keterampilan pekerja yang bertugas sebagai operator sangat penting untuk diperhatikan.

Kelengahan operator terutama dalam kerja *shift* malam perlu pengawasan khusus untuk menjaga agar hal ini tidak terjadi. Ditinjau dari segi *consequence*, kelompok ini masuk dalam peringkat 2 (*minor*). Alasannya adalah karena kelompok penyebab ini dapat menimbulkan kerugian materiil berupa rusaknya lapisan *shell* meskipun cenderung masih dapat diperbaiki dan memakan waktu dalam hitungan hari. Dari hasil tinjauan tersebut didapatkan peringkat risiko *High*. Berdasarkan pembahasan di atas didapatkan sebuah kesimpulan bahwa peringkat risiko yang dimiliki oleh kelima kelompok penyebab berkisar antara *low* sampai dengan *high*. Terdapat dua kelompok penyebab dasar yang masih memiliki tingkat risiko yang tinggi. Berikutnya, kedua kelompok penyebab dasar ini memerlukan pengendalian lebih lanjut untuk proses penurunan tingkat risiko yang disesuaikan dengan kemampuan dan kebutuhan PT. X.

KESIMPULAN

Bahaya minor yang selalu terjadi di dalam proses produksi di bagian EAF adalah bahaya panas, debu, dan bising. Bahaya tersebut berasal dari lingkungan kerja atau peralatan mekanis yang digunakan dalam proses produksi di EAF. Potensi bahaya tertinggi yang terdapat di bagian EAF adalah ledakan. Informasi tersebut didapatkan dari proses observasi, wawancara, dan instrument IBPR. Beberapa penyebab dasar dari potensi ledakan di EAF adalah hujan, penyimpanan *scrap* yang terbuka, kesalahan *screening*, Mengandung sisa bahan peledak, korosi pada lapisan *shell*, lapisan *shell* terkena *scrap*, lapisan *scrap* terkena *burner*.

Tahap evaluasi risiko akan memberikan kelompok penyebab dasar hasil dari analisis minimal cut set. Kelompok penyebab terakhir tersebut adalah hujan dan penyimpanan *scrap* yang terbuka, kesalahan *screening* dan Mengandung sisa bahan peledak, korosi pada lapisan *shell*, lapisan *shell* terkena *scrap*, lapisan *shell* terkena *burner*. Secara umum, tingkat pengendalian PT. X terhadap lima kelompok penyebab dasar tersebut sudah dikendalikan baik dengan cara eliminasi sampai dengan pemakaian APD (Alat Pelindung Diri). Rekomendasi pengendalian yang dapat dilaksanakan oleh PT. X untuk mencegah terjadinya ledakan adalah dengan memperhatikan faktor *human eror* atau kesalahan dan kelalaian yang diakibatkan oleh petugas atau pekerja PT. X.

DAFTAR PUSTAKA

AS/NZS 4360. 2004. *Risk Management Guidelines*. Sidney; Standards Australia/Standards New Zealand: 52-55.

Anizar. 2009. *Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

BPS/Jumlah Perusahaan Industri Besar Sedang Menurut SubSektor, 2008-2013.http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id_subjek=09&notab=2 (sitasi 31 Oktober 2013).

Campbell Institute/The Campbell Institute and its participants know that EHS matters. http://www.thecampbellinstitute.org/institute/examples-in-action (sitasi 5 November 2013).

Fitria, R.A.N. 2013. Analisa risiko bahaya dengan pendekatan JSA (Job Safety Analysis) dan FTA (Fault Tree Analysis) pada PT. SCG Readymix Indonesia, Surabaya. *Tugas Akhir*. Surabaya; Institute Teknologi Sepuluh November Surabaya.

Suryanto/Jamsostek: setiap hari 9 meninggalkarenakecelakaankerja.http://www.antaranews.com/berita/360749/jamsostek-setiap-hari-9-meninggal-karena kecelakaan- kerja (sitasi 5 November 2013)