

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fasilitas penyimpanan dan distribusi bahan bakar cair merupakan bagian penting dalam sistem energi, khususnya pada tahap akhir distribusi kepada konsumen. Salah satu operasional yang memiliki tingkat risiko signifikan pada fasilitas ini adalah proses pemindahan bahan bakar dari mobil tangki menuju tangki penyimpanan bawah tanah (*Ground Tank*) melalui sistem pipa dan selang (*hose*), karena melibatkan fluida mudah terbakar serta interaksi antara peralatan dan operator. Salah satu kejadian kebakaran terjadi di SPBU Maddington, Australia, saat proses *unloading* berlangsung, dimana api muncul di area *fill point*, kemudian menyebar ke kendaraan tangki dan fasilitas sekitar hingga menghasilkan kebakaran besar. Hasil investigasi menunjukkan bahwa kebakaran dipicu oleh penyalaan campuran uap bahan bakar dan udara di dekat kotak pengisian (*fill box*). Laporan juga mengidentifikasi bahwa akumulasi cairan (campuran bahan bakar-air) di dalam *containment sump* di bawah kotak pengisian telah menciptakan kondisi berbahaya yang persisten. Cairan ini kemudian ikut terbakar dan berkontribusi terhadap intensitas kebakaran awal sebelum akhirnya menjalar ke truk tangki dan fasilitas SPBU (Departmen of Mines and Petroleum, 2009).

Peristiwa lain yang menunjukkan besarnya potensi dampak pada fasilitas penyimpanan bahan bakar adalah insiden Buncefield pada 11 Desember 2005 di Inggris. Insiden tersebut diawali oleh pelepasan bahan bakar dalam jumlah besar dari tangki penyimpanan yang kemudian membentuk campuran mudah terbakar dan memicu ledakan besar serta kebakaran yang melibatkan lebih dari dua puluh tangki penyimpanan. Dampak yang ditimbulkan meluas hingga area komersial dan permukiman di sekitar lokasi, serta menyebabkan kerusakan signifikan pada fasilitas dan infrastruktur (Great Britain. Health and Safety Executive. & Buncefield Major Incident Investigation Board (Great Britain), 2008). Peristiwa ini menunjukkan bahwa kegagalan pengendalian pada sistem

penyimpanan dapat berkembang menjadi kejadian dengan konsekuensi luas, baik dari sisi keselamatan maupun dampak lingkungan.

Peristiwa lain yang menunjukkan besarnya potensi dampak kebakaran pada fasilitas penyimpanan bahan bakar terjadi pada terminal penyimpanan bahan bakar milik Indian Oil Corporation di Jaipur, India pada tahun 2009. Insiden tersebut dipicu oleh pelepasan bahan bakar dalam jumlah besar yang kemudian memicu kebakaran dan ledakan besar di area instalasi penyimpanan. Laporan investigasi menyebutkan bahwa kejadian tersebut menyebabkan 11 orang meninggal dunia dan 45 orang mengalami luka-luka serta menghancurkan sebagian besar fasilitas penyimpanan bahan bakar di lokasi kejadian (Government of India, n.d.).

Dalam konteks penyimpanan cairan mudah terbakar, salah satu skenario konsekuensi yang umum terjadi akibat kebocoran adalah terbentuknya genangan cairan (*pool*) yang kemudian mengalami penyalan dan berkembang menjadi *pool fire*. *Pool fire* menghasilkan radiasi panas sebagai mekanisme dampak utama terhadap manusia maupun fasilitas di sekitarnya. Kajian mengenai perilaku kebakaran cairan menunjukkan bahwa besarnya radiasi panas dipengaruhi oleh karakteristik bahan bakar, luas permukaan genangan, serta kondisi lingkungan sekitar (Assael & Kakosimos, 2010).

Identifikasi skenario kecelakaan dalam sistem penyimpanan dan distribusi bahan bakar dapat dilakukan melalui pendekatan analisis risiko yang sistematis. Salah satu metode yang sering digunakan adalah *Fault Tree Analysis* (FTA) yang berfungsi untuk menelusuri berbagai penyebab yang dapat memicu terjadinya suatu kejadian tidak diinginkan. Selain itu, *Event Tree Analysis* (ETA) digunakan untuk mengevaluasi kemungkinan perkembangan konsekuensi yang dapat terjadi setelah suatu kejadian awal muncul, sehingga berbagai skenario kecelakaan dapat dianalisis secara sistematis (Assael & Kakosimos, 2010).

Dalam analisis kebakaran bahan bakar cair, karakteristik bahan bakar sering direpresentasikan menggunakan senyawa *surrogate* seperti iso-oktana (2,2,4-trimethylpentane) yang memiliki sifat mendekati gasoline. Hal ini didasarkan pada fakta bahwa bahan bensin merupakan campuran yang kompleks, sehingga

diperlukan penyederhanaan melalui penggunaan bahan bakar model yang mampu merepresentasikan karakteristik utama pembakaran. Dalam penelitian ini, iso-oktana digunakan sebagai bagian dari pendekatan tersebut untuk menggambarkan perilaku bahan bakar secara lebih terkontrol dan sederhana (Da Cruz *et al.*, 2009). Selain itu, iso-oktana juga digunakan sebagai senyawa referensi dalam penentuan angka oktan, dimana nilai angka oktan didefinisikan berdasarkan persentase volume iso-oktana dalam campuran bahan bakar referensi. Hal ini menunjukkan bahwa iso-oktana memiliki peran penting dalam merepresentasikan karakteristik ketahanan bahan bakar terhadap auto-ignition, sehingga penggunaannya sebagai pendekatan representatif dalam studi ini menjadi relevan (Heywood, 1988)

Dalam praktik Rekayasa keselamatan, evaluasi konsekuensi kebakaran dilakukan menggunakan pendekatan pemodelan untuk memperkirakan besaran dampak, termasuk distribusi radiasi panas dan jarak paparan tertentu. Berbagai perangkat lunak pemodelan konsekuensi dikembangkan untuk membantu memperkirakan zona ancaman berdasarkan parameter fisik dan kondisi lingkungan. Salah satu perangkat yang banyak digunakan dalam konteks tanggap darurat dan estimasi dampak awal adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh National Oceanic and Atmospheric Administration (Jones *et al.*, 2013). Perangkat tersebut dirancang untuk memberikan estimasi zona ancaman berdasarkan pendekatan deterministik dan digunakan sebagai alat bantu dalam perencanaan respons darurat.

Radiasi panas pada skenario *pool fire* dinyatakan dalam bentuk fluks panas (kW/m^2) dan digunakan sebagai dasar penentuan tingkat dampak terhadap manusia maupun fasilitas. Nilai ambang tertentu digunakan untuk memperkirakan potensi cedera serta batas toleransi paparan, sehingga radiasi panas berfungsi sebagai parameter kuantitatif dalam evaluasi jarak aman di sekitar sumber kebakaran (Assael & Kakosimos, 2010).

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Potensi kejadian kehilangan kendali (*Loss of Containment*) pada proses pemindahan bahan bakar dari mobil tangki ke tangki penyimpanan bawah tanah di fasilitas SPBU dapat memicu terjadinya kebakaran yang menimbulkan dampak terhadap sekitar.
2. Kebakaran yang terjadi akibat pelepasan bahan bakar cair dapat berkembang menjadi skenario *pool fire* yang menghasilkan radiasi panas sebagai mekanisme dampak utama.
3. Analisis konsekuensi kebakaran umumnya digunakan sebagai bagian dari pendekatan *preliminary screening* untuk memperkirakan estimasi jarak aman berdasarkan paparan radiasi panas, sehingga diperlukan kajian yang memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai tingkat paparan serta implikasinya terhadap upaya mitigasi risiko kebakaran.

1.3 Pembatasan Masalah

Untuk menjaga agar penelitian tetap berfokus dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada skenario kebakaran yang berasal dari kejadian kehilangan kendali (*Loss of Containment*) pada proses pemindahan bahan bakar dari mobil tangki ke tangki bawah tanah (*unloading*) di fasilitas SPBU.
2. Jenis kebakaran yang dianalisis dibatasi pada skenario *pool fire* yang terbentuk dari genangan dengan bahan bakar cair akibat kebocoran atau pelepasan produk, dengan bahan bakar yang dimodelkan adalah iso-oktana sebagai representasi (*surrogate*) dari bensin (*gasoline*).
3. Analisis konsekuensi kebakaran difokuskan pada paparan radiasi panas (kW/m^2) dan estimasi jarak aman di sekitar sumber kebakaran berdasarkan hasil pemodelan konsekuensi dengan bahan bakar yang digunakan adalah iso-oktana sebagai representasi bensin.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah yang telah ditetapkan, maka permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana skenario kebakaran *pool fire* pada proses pemindahan bahan bakar dari mobil tangki ke tangki bawah tanah (*unloading*) dapat diidentifikasi secara sistematis berdasarkan potensi kejadian kehilangan kendali (*Loss of Containment*)?
2. Bagaimana distribusi radiasi panas yang dihasilkan dari skenario *pool fire* dengan bahan bakar iso-oktana (sebagai representasi bensin) pada proses *unloading* dapat diproyeksikan untuk mengevaluasi tingkat paparan dan jarak aman di sekitar sumber kebakaran?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi skenario kebakaran *pool fire* pada proses pemindahan bahan bakar dari mobil tangki ke tangki penyimpanan bawah tanah (*unloading*) di fasilitas SPBU berdasarkan potensi kejadian kehilangan kendali (*Loss of Containment*).
2. Menganalisis distribusi radiasi panas yang dihasilkan dari skenario *pool fire* dengan bahan bakar iso-oktana (sebagai representasi bensin) untuk mengevaluasi tingkat paparan dan jarak aman di sekitar sumber kebakaran.
3. Memberikan dasar evaluasi keselamatan dalam upaya mitigasi risiko kebakaran pada proses pemindahan bahan bakar (*unloading*) cair berdasarkan hasil analisis distribusi radiasi panas.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan gambaran mengenai potensi dampak radiasi panas yang dihasilkan dari skenario kebakaran *pool fire* pada proses pemindahan bahan bakar (*unloading*) di fasilitas SPBU.

2. Menjadi dasar dalam mengevaluasi tingkat paparan radiasi panas serta jarak aman di sekitar fasilitas penyimpanan bahan bakar.
3. Memberikan masukan dalam upaya mitigasi risiko kebakaran serta perencanaan keselamatan pada proses pemindahan bahan bakar (*unloading*) di fasilitas SPBU.



Intelligentia - Dignitas