

Kajian Peningkatan *Safety* di Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Plumpang

¹Nabila Dearmi Jefri, ²Mohammad Luthfi, ³Akmalul Adabi, ⁴Davin Kurniawan

¹Program Studi Teknik Industri, Universitas Widyatama, Kota Bandung

^{2,3,4}Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung, Kota Bandung

¹nabila.dearmi@widyatama.ac.id, ²luthfimohammad24@gmail.com, ³akmalul.adabi@itb.ac.id,

⁴davinkwork@gmail.com

Abstrak

Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Plumpang memiliki peran krusial dalam rantai suplai energi di Jawa Bagian Barat (JBB), khususnya di wilayah Jabodetabek. Namun, insiden kebakaran yang terjadi pada Maret 2023 menunjukkan adanya tantangan signifikan terkait aspek keselamatan dan integritas aset. Studi ini menganalisis kondisi eksisting TBBM Plumpang, mengidentifikasi risiko-risiko utama, serta mengevaluasi upaya peningkatan yang diperlukan untuk menjamin keberlanjutan operasional yang aman. Analisis ini menyoroti masalah kritis seperti jarak tangki yang tidak sesuai standar NFPA 30 dan keberadaan aset yang sudah *overdue*. Berbagai penelitian relevan dan rekomendasi ahli juga diintegrasikan untuk memperkuat temuan. Tujuan dari studi ini adalah untuk memberikan landasan ilmiah bagi pengembangan strategi mitigasi risiko, termasuk peningkatan infrastruktur dan penerapan manajemen risiko yang lebih komprehensif, guna mencapai operasional *zero accident*.

Kata Kunci: Integritas Aset, Keselamatan, Manajemen Risiko, NFPA 30, TBBM Plumpang.

I. Pendahuluan

TBBM Plumpang merupakan salah satu objek vital nasional yang memegang peranan strategis dalam memastikan ketersediaan pasokan Bahan Bakar Minyak (BBM) di wilayah Jawa Bagian Barat. Berdasarkan insiden kebakaran yang terjadi pada Maret 2023, studi ini memiliki urgensi yang sangat tinggi. Peristiwa tragis tersebut menjadi bukti nyata dari tingginya risiko operasional di TBBM Plumpang, yang tidak hanya mengancam aset vital nasional, tetapi juga keselamatan dan nyawa masyarakat di sekitarnya. Sebagai objek vital nasional yang menyuplai sekitar 20% kebutuhan BBM harian nasional, peran strategis TBBM Plumpang sangat krusial bagi stabilitas energi. Namun, lokasi terminal yang berdekatan dengan permukiman padat penduduk menciptakan kerentanan yang kompleks. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi sangat mendesak untuk: 1) Menganalisis akar masalah dan kelemahan sistem guna mencegah terulangnya bencana; 2) Merumuskan rekomendasi untuk menciptakan zona aman (*buffer zone*) dan meningkatkan mitigasi risiko demi melindungi keselamatan warga; serta 3) Mengevaluasi integritas aset dan merumuskan strategi pemeliharaan yang lebih baik untuk menjamin keandalan operasional dan menghindari kerugian ekonomi. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan mewujudkan operasional TBBM Plumpang yang lebih andal dan aman bagi semua pihak.

II. Studi Literatur

2.1 Standard Aspek *Safety* TBBM

Aspek *safety* merupakan hal yang penting dalam menjalankan industri TBBM dan harus diterapkan dalam setiap aktivitas TBBM. Pada bagian ini, standar *safety* akan dipaparkan dalam empat bagian mengacu pada siklus hidup industri TBBM yang dikemukakan oleh *United Nation Economic Commission for Europe* (UNECE). Menurut *Safety Guidelines and Good Practices for the Management of Tailings Facilities*, (2014), aspek *safety* harus diperhatikan pada setiap siklus hidup TBBM mulai dari (i) perencanaan dan perancangan, (ii) pengadaan, konstruksi, dan manajemen aset, (iii) operasional, hingga (iv) penutupan dan pembongkaran. Gambar 1 menunjukkan siklus hidup industri TBBM.



Gambar 1 Siklus Hidup Industri TBBM

2.2 Standar *Safety* Perencanaan dan Perancangan

Dasar-dasar aspek *safety* untuk fasilitas industri TBBM hingga operasinya dimitigasi dan ditetapkan sejak tahap perencanaan dan perancangan. Tahap ini merupakan kesempatan yang baik untuk menerapkan standar *safety* berdasarkan pengalaman operasional fasilitas lain yang serupa serta menetapkan teknologi dan peralatan yang baik dan aman. Setiap rancangan dalam fasilitas TBBM harus mengacu pada dokumen teknis yang diakui secara nasional ataupun internasional untuk perancangan dan operasional TBBM, misalnya dokumen yang dikeluarkan oleh *National Fire Protection Association* (NFPA) (LeBlanc, 2024), dokumen teknis dari *American Petroleum Institute* (API) Standard, atau *The American Society of Mechanical Engineers* (ASME) (Swartz & Burnett, 2024). Pada bagian ini dipaparkan dasar keamanan terkait rancangan untuk tangki penyimpanan TBBM berdasarkan NFPA kode 30 (*API RP 2350: Overfill Prevention for Storage Tanks in Petroleum Facilities*, 2023).

2.3 Persyaratan Umum

Tangki boleh menggunakan berbagai bentuk, ukuran, atau tipe yang dikenal dalam standard teknis. Logam tangki harus dilas, dipaku, dibaut, atau dibangun menggunakan kombinasi antara metode tersebut.

Perancangan dan Konstruksi

- 1) Tangki sebaiknya dibangun menggunakan material baja atau material tidak mudah terbakar lainnya yang telah diakui secara teknis.
- 2) Material harus sesuai dengan karakteristik cairan BBM yang akan disimpan.
- 3) Tangki harus dirancang dan dibangun mengacu pada standard teknis.
- 4) Tangki harus diberi ventilasi untuk mencegah adanya ruang vakum ataupun tekanan.
- 5) Ukuran ventilasi normal pada tangki dapat mengacu pada API Standard 2000, *Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks* atau menggunakan alternatif lain, yaitu ventilasi harus setidaknya sama besar dengan sambungan pengisian tangki dan diameter dalamnya tidak boleh kurang dari 32mm.
- 6) Tangki dibangun diatas tanah dengan pondasi yang terbuat dari semen, batu, tiang pancang, atau baja.
- 7) *Remote impounding*
 - a) Rute drainase harus memiliki kemiringan tidak kurang 1% dari tangki atau setidaknya 15 m menuju area penimbunan tumpahan cairan.
 - b) Area penimbunan harus memiliki kapasitas tidak kurang dari kapasitas tangki terbesar yang dapat dikuras kedalamnya.
 - c) Rute drainase harus ditempatkan agar jika cairan dalam sistem drainase tersulut, maka tangki atau bangunan yang berdekatan tidak terpapar api.
 - d) Area penimbunan harus didesain sehingga ketika diisi, cairan akan berjarak minimum 15 m dari garis bangunan lain yang dapat dibangun dari tangki manapun.
- 8) *Impounding around tanks by open diking*
 - a) Kemiringan tidak kurang dari 1% dari tangki atau setidaknya 15 m.
 - b) Volume kapasitas area tanggul tidak boleh kurang dari volume terbesar cairan yang dapat dikeluarkan dari tangki terbesar dengan asumsi isi tangki penuh.
 - c) Jarak sisi luar tanggul tidak boleh kurang dari 3 m ke gedung manapun.

Sistem Pipa Desain

- 1) Standard desain, produksi, *assembly*, pengujian, dan inspeksi sistem perpipaan harus sesuai ASME B31, *Code for Pressure piping*.
- 2) Spesifikasi material pipa, katup, keran, *coupling*, *flexible connector*, *fitting*, dan bagian lain yang memiliki tekanan harus sesuai dengan spesifikasi material, tekanan, dan batas suhu yang tercantum pada ASME B31, *Code for Pressure piping*.

- 3) Material *valve* (katup) harus terbuat dari ductile iron atau baja, kecuali *valve* yang terpasang di dalam tangki.
- 4) Untuk *valve* yang terpasang di luar tangki diperbolehkan menggunakan material lain yang kekuatan dan titik lelehnya sebanding dengan baja atau *ductile iron*. Terlindungi dari paparan seperti dilapisi oleh material yang tahan api minimal selama 2 jam.
- 5) Material dengan titik leleh rendah tidak diperkenankan digunakan sebagai bagian tangki atau ventilasi darurat pipa.
- 6) Sambungan pipa untuk cairan BBM harus dilas jika terletak di ruangan dalam bangunan.

Instalasi Sistem Pipa

- 1) Sistem perpipaan harus terlindungi dari kerusakan fisik, termasuk kerusakan dari tekanan, getaran, pemuaian, dan kontraksi.
- 2) Sistem pipa yang terhubung dengan pompa harus memiliki *valve* untuk dapat mengendalikan aliran cairan BBM baik selama operasional maupun dalam keadaan darurat.
- 3) Setiap sambungan sistem perpipaan yang menghubungkan peralatan seperti mobil tangki dan kapal tangki yang menyalurkan cairan BBM, harus memiliki *check valve* sebagai proteksi *back flow*.
- 4) Pipa bongkar muat tidak memerlukan *check valve*, tetapi harus disediakan *isolation valve* yang letaknya mudah diakses atau dapat dikendalikan dari jarak jauh.
- 5) Pipa ventilasi dari tangki yang menyimpan cairan BBM, jalur keluarannya harus diletakkan sedemikian rupa agar uap BBM yang dilepaskan berada pada titik aman dari gedung sekitar dan tidak kurang dari 3.6 m di atas permukaan tanah.
- 6) Jalur keluar uap BBM dari pipa ventilasi harus ke atas atau jauh secara horizontal dari dinding yang bersebelahan.
- 7) Jika menggunakan pipa BBM ventilasi ganda, ukuran pipa harus disesuaikan agar tekanan uap yang dilepaskan masih berada dalam batasan sistem.
- 8) Sistem perpipaan harus dilakukan bonding and grounding untuk menghindari percikan listrik statis

Pipa pengisian tangki

Pipa pengisian yang masuk dari atas tangki harus berhenti dengan jarak maksimum 150 mm dari dasar tangki.

Proteksi Karat

- 1) Perlu terdapat proteksi karat untuk tangki berbahan dasar logam.
- 2) Jika tangki tidak dirancang sesuai standard *American Petroleum Institute, American Society of Mechanical Engineers*, atau *Underwriters Laboratories Inc.*, atau karat diantisipasi dalam perhitungan desain, maka tambahan ketebalan logam atau pelapisan harus dilakukan sebagai kompensasi ekspektasi penurunan umur hidup tangki karena karat.

Lokasi Tangki

Lokasi tangki yang aman harus memperhatikan jarak antara tangki dan properti lain di dalam maupun di luar fasilitas TBBM. Tabel 1 hingga 3 menunjukkan *standard safety* jarak berdasarkan NFPA kode 30.

Tabel 1 Persyaratan Lokasi Tangki

Tipe Tangki	Proteksi	Dari properti lain yang dapat dibangun, termasuk yang berada di sebrang jalan umum	Dari sisi terdekat jalan umum, atau bangunan penting terdekat dalam satu area properti
<i>Floating roof</i>	Terproteksi (tersedia alat pemadam dan dekat dengan pos pemadam kebakaran)	$1/2 \times$ diameter tangki	$1/6 \times$ diameter tangki
	Tidak ada	Diameter tangki tapi tidak lebih dari 22.5 m	$1/6 \times$ diameter tangki
<i>Vertical with weak roof-to-shell seam</i>	<i>Approved foam system</i> atau <i>inerting system</i> pada tangki yang diameternya tidak lebih dari 50m	$1/2 \times$ diameter tangki	$1/6 \times$ diameter tangki

Tipe Tangki	Proteksi	Dari properti lain yang dapat dibangun, termasuk yang berada di sebrang jalan umum	Dari sisi terdekat jalan umum, atau bangunan penting terdekat dalam satu area properti
Horizontal dan vertikal dengan ventilasi darurat untuk membatasi tekanan sebesar 2.5 psi	Terproteksi (tersedia alat pemadam dan dekat dengan pos pemadam kebakaran)	Diameter tangki	$1/3 \times$ diameter tangki
	Tidak ada	$2 \times$ diameter tangki tapi tidak lebih dari 105 m	$1/3 \times$ diameter tangki
	<i>Approved inerting system</i> pada tangki atau <i>foam system</i> pada tangki vertikal	$1/2 \times$ nilai pada Error! Reference source not found.	$1/2 \times$ pada Error! Reference source not found.
	Terproteksi (tersedia alat pemadam dan dekat dengan pos pemadam kebakaran)	Nilai pada Error! Reference source not found.	Nilai pada Error! Reference source not found.
<i>Protected aboveground tank</i>	Tidak ada	$2 \times$ pada Error! Reference source not found.	Nilai pada Error! Reference source not found.
	Tidak ada	$1/2 \times$ pada Error! Reference source not found.	$1/2 \times$ nilai pada Error! Reference source not found.

Tabel 2 Jarak Minimum Tangki dan Properti

Kapasitas Tangki	Jarak minimum				
	Dari properti lain yang dapat dibangun, termasuk yang berada di sebrang jalan umum		Dari sisi terdekat jalan umum, atau bangunan penting terdekat dalam satu area properti		
Gal	L	ft	m	ft	M
< 275	< 1.045	5	1.5	5	1.5
276 – 750	1.046 – 2.850	10	3	5	1.5
751 – 12.000	2.851 – 45.600	15	4.5	5	1.5
12.001 – 30.000	45.601 – 114.000	20	6	5	1.5
30.001 – 50.000	114.001 – 190.000	30	9	10	3
50.001 – 100.000	190.001 – 380.000	50	15	15	4.5
100.001 – 500.000	380.001 – 1.900.000	80	24	25	7.5
500.001 – 1.000.000	1.900.001 – 3.800.000	100	30	35	10.5
1.000.001 – 2.000.000	3.800.001 – 7.600.000	135	40.5	45	13.5
2.000.001 – 3.000.000	7.600.001 – 11.400.000	165	49.5	55	16.5
> 3.000.001	> 11.400.001	175	52.5	60	18

Tabel 3 Jarak Minimum antar Tangki yang Bersebelahan

Diameter Tangki	Tangki <i>Floating Roof</i>	Tangki <i>Fixed</i> atau <i>Horizontal</i>	
		Cairan Kelas I atau II	Cairan Kelas III
< 45 m	$1/6 \times$ jumlah diameter tangki yang bersebelahan (tidak kurang dari 0.9m)	$1/6 \times$ jumlah diameter tangki yang bersebelahan (tidak kurang dari 0.9m)	$1/6 \times$ jumlah diameter tangki yang bersebelahan (tidak kurang dari 0.9m)
> 45 m :			
<i>Remote impounding</i>	$1/6 \times$ jumlah diameter tangki yang bersebelahan	$1/4 \times$ jumlah diameter tangki yang bersebelahan	$1/6 \times$ jumlah diameter tangki yang bersebelahan
Open Diking	$1/4 \times$ jumlah diameter tangki yang bersebelahan	$1/3 \times$ jumlah diameter tangki yang bersebelahan	$1/4 \times$ jumlah diameter tangki yang bersebelahan

Standar *Safety* Pengadaan, Konstruksi, dan Manajemen Aset

- 1) TBBM perlu memiliki program penjaminan dan pengendalian kualitas untuk memastikan pengadaan peralatan dan material serta konstruksi dilakukan sesuai dengan persyaratan desain.
- 2) Program penjaminan dan pengendalian kualitas bermanfaat untuk mencegah kegagalan peralatan atau konstruksi yang dapat disebabkan oleh:
 - a) Cacat material akibat pengiriman
 - b) Kesalahan metode fabrikasi, pemasangan, atau perbaikan.
- 3) TBBM harus menyediakan acuan dan prosedur untuk memastikan pihak kontraktor memiliki sertifikasi dan kualifikasi untuk melakukan fabrikasi dan instalasi tangki serta peralatannya.
- 4) Pengadaan dan konstruksi harus memenuhi seluruh aspek legal dan kode serta standard teknis. Standard teknis yang menjadi acuan dalam konstruksi tangki penyimpanan BBM antara lain API Standard 620, *Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks*; API Standard 650, *Welded Tanks for Oil Storage*; dan API Standard 635, *Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction*.
- 5) Sertifikat material yang digunakan untuk konstruksi tangki oleh pihak kontraktor fabrikasi harus disimpan dalam arsip pengelola TBBM.

Standar *Safety* Operasional

Terdapat risiko kecelakaan yang tinggi dalam fasilitas TBBM ketika operasional berlangsung, baik dari peralatan, substansi material berbahaya, ataupun proses pemindahan dan penyimpanan BBM. Potensi bahaya tersebut tidak terjadi saat proses perancangan dan perencanaan ataupun selama proses konstruksi. Maka pada bagian ini dijelaskan standard *safety* dalam pelaksanaan proses operasional TBBM.

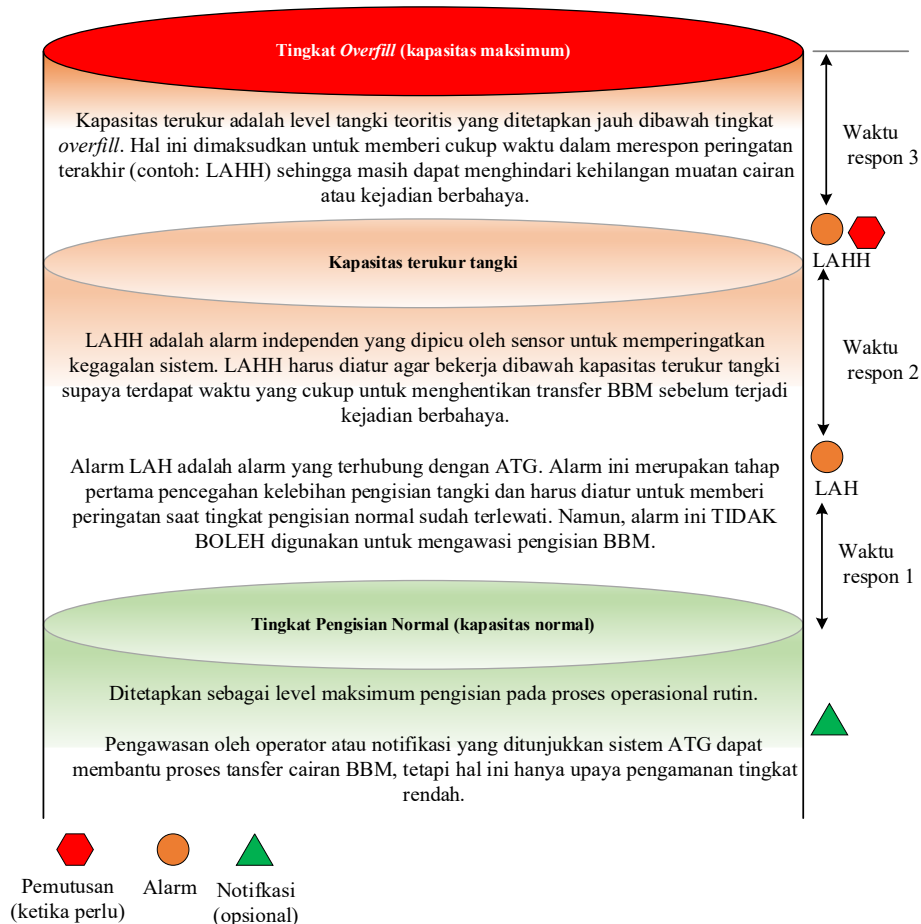
Standar Dispensing, Penanganan, Pengiriman, dan Penggunaan BBM

- 1) Cairan BBM harus disimpan dalam tangki atau kontainer tertutup ketika tidak digunakan.
- 2) Saat digunakan, perlu dilakukan mitigasi untuk menangani kebocoran atau tumpahan minyak.
- 3) Cairan BBM tidak boleh digunakan di luar sistem tertutup di mana terdapat nyala api atau sumber pemicu api lainnya.
- 4) Pemindahan cairan dapat dilakukan menggunakan kapal, kontainer, tangki, dan sistem perpipaan menggunakan bantuan udara atau tekanan inert gas dengan catatan memenuhi kondisi berikut:
 - a) kapal, kontainer, tangki, dan sistem perpipaan harus dirancang untuk pemindahan bertekanan dan mampu menangani tekanan dibutuhkan selama operasi;
 - b) memiliki pengendalian keamanan, yang termasuk di dalamnya alat pelepas tekanan, untuk mencegah kelebihan tekanan dalam sistem;
 - c) hanya jenis inert gas tertentu yang boleh digunakan untuk transfer cairan BBM.
- 5) Pompa pemindahan harus dilengkapi dengan pelepas tekanan yang melepaskan tekanan kembali ke tangki, pompa hisap, atau lokasi lain yang sesuai, atau harus dilengkapi dengan interlock untuk mencegah kelebihan tekanan.
- 6) Area penyimpanan BBM harus dilengkapi dengan *gravity system* atau *continuous mechanical exhaust ventilation system*.

Pencegahan *Overfilling*

- 1) Fasilitas tangki di atas tanah yang memiliki kapasitas lebih dari 5000L harus memiliki prosedur pencegahan atau dilengkapi dengan peralatan pencegahan kelebihan pengisian (*overfilling*) tangki, atau keduanya.
- 2) Jika fasilitas tangki penyimpanan menerima dan mengirimkan cairan BBM menggunakan jaringan pipa atau kapal, maka harus mengikuti prosedur pencegahan kelebihan pengisian tangki dengan metode berikut:
 - a) Tangki harus diukur secara berkala oleh personil selama penerimaan produk cairan BBM. Komunikasi harus selalu dijaga dengan bagian pengiriman sehingga aliran dapat dihentikan atau dialihkan sesuai dengan prosedur yang berlaku.
 - b) Tangki sebaiknya dilengkapi oleh alat pendeteksi tingkat ketinggian cairan baik terpisah dari alat pengukuran atau termasuk dalam sistem pengukuran tangki dan sistem alarm, yang dapat mengidentifikasi jika terjadi kegagalan sistem. Alarm harus ditempatkan pada area personil yang sedang bertugas selama pemindahan produk cairan BBM.

- c) Tangki sebaiknya dilengkapi dengan sistem pendeteksi tingkat ketinggian cairan yang secara otomatis akan memberhentikan atau mengalihkan aliran sesuai dengan prosedur yang berlaku.
- 3) Prosedur kinerja instrumentasi secara tertulis harus ditetapkan terkait penentuan kondisi alarm yang valid dan kegagalan sistem sesuai isi dalam dokumen standard API 2350, *Overfill Protection for Storage Tanks in Petroleum Facilities*.
- 4) Kegagalan sistem termasuk di dalamnya:
 - a) Kehilangan daya listrik utama.
 - b) *Electrical break, short circuit, atau ground fault*.
 - c) Kegagalan atau malfungsi peralatan kontrol sistem pendeteksi level atau peralatan pemberi sinyal.



Gambar 2 Perlindungan *Overfill* Sesuai Standard API 2350

Pencegahan Kebakaran dan Ledakan serta Pengendalian Risiko

Fasilitas tangki penyimpanan BBM harus memiliki metode atau prosedur pencegahan dan pengendalian kebakaran serta ledakan untuk menjamin keselamatan jiwa, minimalisasi kerugian properti, dan mengurangi rambatan api serta ledakan ke fasilitas terdekat. *Standard safety* terkait pencegahan kebakaran dan ledakan pada fasilitas TBBM antara lain sebagai berikut:

- 1) Menjauhkan sumber kebakaran, diantaranya sebagai berikut:
 - a) Api terbuka
 - b) Petir
 - c) Permukaan panas
 - d) Radiasi panas
 - e) Merokok
 - f) Pengelasan
 - g) Menyalakan api secara spontan
 - h) Gesekan datau percikan panas

- i) Listrik statis
 - j) Percikan listrik
 - k) Arus liar
 - l) Oven, tungku, dan alat pemanas.
- 2) Prosedur pencegahan dan pengendalian kebakaran serta ledakan harus ditetapkan berdasarkan hasil evaluasi instalasi tangki dan proses operasi. Evaluasi harus mengikutsertakan hal-hal, tapi tidak terbatas, berikut:
- a) Analisis risiko kebakaran dan ledakan di dalam fasilitas TBBM.
 - b) Analisis kondisi sekitar, seperti paparan dari bangunan di luar fasilitas TBBM, potensi banjir, dan potensi gempa bumi.
 - c) Tanggap pemadam kebakaran dan medis.
- 3) Perencanaan dan pelatihan tanggap darurat:
- a) Perlu terdapat prosedur untuk digunakan jika terjadi kebakaran, ledakan, atau keluarnya cairan BBM yang mencakup pemberitahuan ke pemadam kebakaran, evakuasi personil, pengendalian dan mitigasi ledakan, dan pemadaman api.
 - b) Menunjuk dan memberi pelatihan bagi personil yang bertugas untuk merespons keadaan darurat.
 - c) Melakukan perawatan peralatan pemadam api, peralatan pengendalian tumpahan minyak, dan peralatan tanggap darurat lainnya.
 - d) Melakukan latihan tanggap darurat.
 - e) Menyimpan peralatan tanggap darurat secara tertutup untuk mencegah penggunaan peralatan tanpa sengaja.
 - f) Personil yang bertanggung jawab untuk menggunakan peralatan pengendalian kebakaran harus diberikan pelatihan dan mampu mempraktikkan penggunaan peralatan tersebut. Pelatihan perlu dilakukan secara berkala.
 - g) Prosedur tanggap darurat harus tersedia di area operasional dan prosedur harus diperbaharui setiap terdapat perubahan kondisi.
 - h) Apabila area tangki penyimpanan tidak memiliki personil *stand by*, maka ringkasan rencana tanggap darurat harus dipasang pada lokasi yang strategis dan mudah diakses oleh orang yang dapat menanggapi keadaan darurat.
 - i) Seluruh peralatan perlindungan kebakaran dan peralatan tanggap darurat lainnya harus dirawat, diinspeksi, dan diuji sesuai dengan peraturan, praktik standar, dan rekomendasi pemanufaktur.

Standar Safety Penutupan dan Pembongkaran

Akhir siklus sebuah TBBM terjadi ketika tangki sudah tidak digunakan lagi untuk menyimpan cairan BBM. Opsi penutupan sementara dapat dipertimbangkan jika tidak terdapat pasokan suatu produk BBM dan di masa yang akan datang tangki akan digunakan kembali baik untuk menyimpan cairan BBM kembali ataupun menyimpan cairan lainnya. Pembongkaran dapat menjadi sebuah opsi apabila tangki tidak akan digunakan kembali karena penghentian fasilitas TBBM atau relokasi ke area yang baru.

Persiapan

- 1) Perlu dilakukan identifikasi dan persiapan untuk memenuhi persyaratan legal dan menghubungi pihak legal dan administrasi yang berwenang untuk mendapat pemahaman mengenai persyaratan penutupan atau pembongkaran.
- 2) Pemberitahuan perlu diberikan kepada pihak-pihak yang berwenang, misalnya pemerintah daerah atau nasional, mengenai rencana pembongkaran.
- 3) Setelah aktivitas operasional tangki dihentikan, pihak TBBM harus melakukan pengujian kontaminasi tanah, air, dan air tanah dan membandingkannya dengan kondisi normalnya.
- 4) TBBM harus menerapkan manajemen risiko terhadap polusi suara, polusi tanah, dan polusi air.

Persiapan Pengamanan

- 1) Semua sirkuit listrik atau sumber energi lain yang memasok daya ke pompa atau peralatan lain yang terhubung ke tangki dan berpotensi membahayakan pekerja di area tangki harus diputus atau dilepas dan dikunci atau diberi tanda, atau keduanya, sesuai dengan peraturan yang berlaku.

- 2) Jika diperlukan pengujian, memosisikan, atau mengaktifkan peralatan dengan melepas sementara kunci atau tag, atau keduanya, harus diterapkan prosedur untuk mengendalikan potensi bahaya bagi pekerja dan harus seizin pihak yang berkualifikasi.
- 3) Proses penguncian atau penandaan, atau keduanya, untuk peralatan, sistem, dan proses harus dikonfirmasi kepada orang yang memiliki kualifikasi sebelum melakukan pekerjaan pada tangki.

Pengosongan Tangki dari Cairan BBM

- 1) Sebelum membuka atau membongkar tangki, zat berbahaya, air, dan sedimen harus dikeluarkan sebanyak mungkin dari tangki menggunakan pipa. Proses ini juga mencakup pengurasan cairan atau gas dari dalam pipa yang dapat dikeluarkan atau dipompa tanpa membuka tangki.
- 2) Semua pipa atau peralatan untuk bahan yang mudah terbakar, mudah terbakar, atau bahan berbahaya lainnya yang terhubung ke tangki harus dikeringkan, disiram, atau diisolasi.
- 3) Jika reaktivitas dan kelarutan tidak menjadi perhatian, maka air, bahan bakar minyak, atau bahan kimia lain dapat dipompa ke dalam tangki untuk mengapungkan cairan yang tersisa dari tempat yang rendah sehingga dapat dikeringkan atau dipompa dari tangki.
- 4) Motor pompa, selang hisap, nozel, dan saluran, serta tangki penerima, kontainer, truk, atau kapal, harus terhubung ke tangki atau kontainer yang dikosongkan untuk mencegah bahaya listrik statis.
- 5) Semua cairan, pembilasan, residu padat, dan uap BBM yang muncul sebagai hasil dari prosedur pembersihan dan pengamanan harus dibuang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Prosedur Pengujian

- 1) Pengujian dilakukan untuk memastikan keadaan telah aman untuk masuk, membersihkan, atau melakukan perbaikan pada tangki. Pengujian oksigen dan uap bahan yang mudah terbakar, atau bahan berbahaya lainnya, asap, atau debu harus dilakukan untuk pekerjaan sebagai berikut:
 - a) Sebelum masuk tangki.
 - b) Sebelum memulai perbaikan tangki.
 - c) Sebelum dan saat melakukan pekerjaan yang melibatkan panas.
 - d) Secara berkala saat melakukan pekerjaan oleh petugas yang memiliki kualifikasi.
 - e) Setelah membersihkan bagian dalam tangki untuk menentukan bahwa pembersihan efektif.
 - f) Setelah melakukan proses atau kegiatan apapun yang memungkinkan terjadinya perubahan atmosfer dalam tangki.
- 2) Personil yang memiliki kualifikasi harus menentukan akan dilakukan pengujian lagi terhadap uap BBM dan tingkat racun dari bahan mudah terbakar apabila pengujian sebelumnya mengindikasikan uap BBM atau tingkat racun sudah hilang atau tidak melebihi level yang diizinkan.
- 3) Personil yang memiliki kualifikasi yang bertanggungjawab melakukan pengujian harus dibekali dengan pengetahuan dan pelatihan penggunaan instrumen peralatan, memahami batasan dan pembacaan instrumentasinya.
- 4) Seluruh pengujian untuk menguji kadar oksigen, bahan mudah terbakar, dan uap beracun harus dilakukan menggunakan instrumen yang terkalibrasi.
- 5) Jumlah dan lokasi titik sampling ditentukan oleh personil yang memiliki kualifikasi dengan mempertimbangkan ukuran dan konfigurasi tangki sehingga dapat merepresentasikan keadaan atmosfer di dalam tangki dan potensi bahaya di sekitar tangki.

Pengendalian dan Pengeluaran Uap BBM

- 1) Personil yang memiliki kualifikasi harus memilih metode untuk mempertukarkan udara dalam tangki atau memurnikan tangki.
- 2) Apabila di dekat tangki ditemukan cairan yang mudah terbakar atau uap BBM yang terjebak di area seperti antara kolom, struktur berlubang, dasar tangki, pipa, atau lainnya, maka harus buang terlebih dahulu sebelum melakukan proses pembersihan.
- 3) Material lain yang tidak berbahaya ataupun tidak mudah terbakar tetapi berpotensi menimbulkan efek pada lingkungan atau kesehatan, harus disingkirkan terlebih dahulu.
- 4) Sebelum pengeluaran uap BBM dari tangki dilakukan, regulasi yang berlaku, kode, dan standar harus ditinjau terlebih dahulu oleh personil yang memiliki kualifikasi.

Inspeksi dan Pembersihan

- 1) Apabila prosedur pengosongan, pengujian, dan pengeluaran cairan dan uap BBM dari tangki telah dilakukan, maka personil yang memiliki kualifikasi harus menguji dan memeriksa tangki. Personil juga harus melakukan sertifikasi dengan tulisan (biasanya dengan mengeluarkan izin) bahwa aktivitas seperti memasuki tangki, hot work, atau pekerjaan lain yang melibatkan tangki dapat dilakukan.
- 2) Sertifikat atau izin harus mengikutsertakan deskripsi pekerjaan yang diizinkan dan juga mencantumkan kriteria pengamanan personil serta menjaga kondisi aman selama pekerjaan berlangsung.
- 3) Pembersihan tangki termasuk di dalamnya pembersihan residu cairan dan padatan di dasar tangki dan menempatkannya pada kontainer yang aman.
- 4) Apabila tidak memungkinkan untuk menghilangkan seluruh residu cairan dan padatan karena terjebak dan tidak terdeteksi, maka personil yang memiliki kualifikasi harus melakukan evaluasi hazard dan menentukan ukuran pengendalian dan pencegahan yang harus dilakukan.
- 5) Setelah tangki dibersihkan, tangki harus diperiksa untuk menentukan efektivitas pembersihan.
- 6) Jika ketika pemeriksaan dinyatakan bahwa tangki belum bersih, maka prosedur pembersihan harus diulangi.
- 7) Berikut merupakan metode pembersihan tangki yang dapat dipergunakan sesuai standar NFPA 326:
 - a) *Abrasive blasting*
 - b) *Lowpressure water*
 - c) *Highpressure water blasting* [contoh: 172,250- 275,600 kPa (25,000-40,000 psi)]
 - d) *Highpressure steam*
 - e) *Special cleaning agents* (contoh: solvents, degreasers, neutralizing agents, atau emulsifiers)
 - f) *Physical removal* (contoh: vakum, sekop, pengelapan)
 - g) Perlu menjadi catatan bahwa metode *steam*, *special cleaning agent*, dan *high-pressure water blasting* dapat menimbulkan listrik statis.

III. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif-analitis dengan mengkaji data dari laporan internal mengenai kondisi TBBM Plumpang dan membandingkannya dengan literatur serta hasil penelitian terdahulu yang relevan. Analisis mencakup:

1. Identifikasi Risiko Eksisting: Mengidentifikasi secara spesifik risiko-risiko yang ada berdasarkan laporan, seperti jarak antar tangki yang tidak memenuhi standar NFPA 30 dan fasilitas yang *overdue*.
2. Kajian Literatur: Mengumpulkan informasi dari berbagai sumber (artikel ilmiah, laporan pemerintah, dan berita) terkait kebakaran di TBBM Plumpang dan rekomendasi-rekomendasi yang muncul.
3. Sintesis Temuan: Menggabungkan temuan dari laporan internal dengan wawasan dari literatur untuk merumuskan rekomendasi yang komprehensif.

IV. Hasil dan Pembahasan

Keamanan merupakan hal utama yang perlu diperhatikan dalam menjalankan aktivitas di TBBM (Nizar et al., 2016). Berdasarkan jenis industrinya, maka tangki memegang peranan penting dalam operasional suatu TBBM (Norrgård, 2018). Tangki penyimpanan BBM memiliki potensi bahaya karena karakteristik BBM yang mudah terbakar. Kebakaran dan ledakan merupakan risiko utama yang dapat terjadi dalam industri TBBM sehingga standar safety harus dipenuhi (Lee et al., 2021). Maka dari itu evaluasi standar *safety* dilakukan untuk menilai kesesuaian tangki yang ada di TBBM Plumpang dengan standar yang berlaku (Aronietis et al., 2016).

TBBM Plumpang saat ini memiliki 26 tangki yang beroperasi dengan kapasitas tangki bervariasi mulai dari 2000 kL hingga 20000 kL. Berdasarkan rancangan dan konstruksinya, tangki penyimpanan BBM di Plumpang dirancang dengan jenis *fixed roof* bertekanan operasional sebesar 1,5-3,5 bar. Tangki di TBBM Plumpang juga sudah dilengkapi dengan vapour relieve unit (VRU) danantisipasi tumpahan minyak dengan sistem drainase. Perihal operasional tangki, selama penerimaan dan pengiriman BBM baik menggunakan pipa atau kapal, TBBM Plumpang senantiasa menjalankan SOP dan dilakukan pengukuran isi tangki secara otomatis di sistem ATG. Hal ini sudah memenuhi standar safety minimum yang harus dimiliki TBBM, meskipun NFPA 30, HSE UK (2009), dan UNECE (2015) menyarankan adanya instalasi

alarm peringatan pada tangki untuk meningkatkan keamanan dalam pencegahan overflowing. Berdasarkan evaluasi standar safety terhadap rancangan dan konstruksi tangki serta operasionalnya, tangki yang ada di fasilitas TBBM Plumpang sudah memenuhi standar *safety*.

Evaluasi jarak antar tangki dengan properti lain di dalam area fasilitas TBBM sudah memenuhi standar safety. Tangki terdekat dengan sisi jalan raya adalah tangki dengan kapasitas 5000 kL. Maka, jarak minimum antara tangki dengan sisi terdekat jalan raya adalah 13,5 meter dan secara aktual terukur 140 meter. Jarak minimum antara tangki dengan gedung lain dalam fasilitas TBBM untuk tangki kapasitas 20,000 kL adalah 18 meter. Tangki dengan kapasitas 20,000 kL berdekatan dengan area penyimpanan drum pelumas dan control room. Aktual jarak ke area penyimpanan pelumas terukur 37 meter dan jarak ke control room sebesar 24 m, sehingga sudah memenuhi standar safety. Jarak minimum antara tangki atau bangunan lain dengan filling shed adalah 7,6 meter dan secara aktual terukur 39 meter.

Selain jarak ke gedung lain, evaluasi standar *safety* juga dilakukan untuk jarak antar tangki. Jarak aman antar tangki perlu diperhatikan untuk mencegah dan meminimalisasi risiko rambatan kebakaran. Berdasarkan hasil survei, jarak antar tangki-tangki di TBBM Plumpang di atas 10 meter. Hal ini menunjukkan bahwa jarak antar tangki di TBBM Plumpang sudah memenuhi standar *safety*.

Saat ini, pagar FT Plumpang di sisi utara berbatasan langsung dengan pemukiman penduduk, sehingga kondisi ini tidak aman. Sehingga diperlukan biaya untuk meningkatkan safety dan asset integrity dari TBBM Plumpang (ITJ) dengan cara merelokasi pemukiman warga di sisi utara Plumpang (memperluas buffer zone eksisting). Untuk menciptakan buffer zone perlu dilakukan relokasi lahan di sisi utara Plumpang seluas 31.567 m². Berdasarkan luasan wilayah dan asumsi luas rumah 100 m² diperkirakan akan ada sekitar 315 unit bangunan yang terdampak pembangunan *buffer zone*. Harga Terendah Rumah di Plumpang adalah Rp 800.000.000 (Darisman, 2023). Untuk menciptakan buffer zone perlu dilakukan relokasi lahan di sisi utara Plumpang, nilai proyek yang telah dihitung oleh fungsi IMP PPN senilai Rp. 723.443.808.102.

V Kesimpulan

Kajian ini menegaskan bahwa peningkatan aspek keselamatan dan integritas aset di TBBM Plumpang merupakan keharusan untuk menjaga keandalan suplai energi dan melindungi masyarakat sekitar. Temuan utama dari studi ini menggarisbawahi urgensi untuk mengatasi masalah teknis, seperti jarak tangki yang tidak sesuai standar dan aset yang telah melewati batas usia pakai (*overdue*), yang secara langsung memengaruhi keselamatan operasional.

Rekomendasi perbaikan yang telah dan akan dilakukan oleh Pertamina, seperti peremajaan aset, penerapan manajemen risiko yang lebih ketat, serta kolaborasi dengan berbagai pihak terkait, menunjukkan komitmen kuat terhadap perbaikan berkelanjutan. Langkah-langkah ini sangat penting untuk mengurangi potensi bahaya dan memastikan operasional yang lebih aman.

Selain itu, pengembangan infrastruktur baru seperti *Jakarta Integrated Green Terminal (JIGT)* muncul sebagai solusi strategis jangka panjang. Langkah ini tidak hanya akan mengurangi beban operasional TBBM Plumpang, tetapi juga menyediakan alternatif yang lebih modern dan aman, sejalan dengan visi keberlanjutan energi.

Secara keseluruhan, tujuan penelitian ini untuk menganalisis kondisi eksisting, mengidentifikasi potensi bahaya, dan merumuskan rekomendasi telah tercapai. Implementasi dari rekomendasi ini, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang, diharapkan dapat mewujudkan operasional TBBM Plumpang yang lebih andal dan aman bagi semua pihak.

Daftar Pustaka

- API RP 2350: Overfill Prevention for Storage Tanks in Petroleum Facilities*. (2023).
- Aronietis, R., Sys, C., Van Hassel, E., & Vanelander, T. (2016). Forecasting port-level demand for LNG as a ship fuel: The case of the port of Antwerp. *Journal of Shipping and Trade*, 1(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s41072-016-0007-1>

- Darisman, M. (2023, February 9). Demi Swasembada Gula & Energi Bersih, Jokowi Mau 700 Ribu Ha Lahan Tebu Baru. *Kumparan Bisnis*. <https://kumparan.com/kumparanbisnis/demi-swasembada-gula-and-energi-bersih-jokowi-mau-700-ribu-ha-lahan-tebu-baru-216q2FRGMz7/1>
- LeBlanc, J. (2024). *NFPA 30: Flammable and Combustible Liquids Code*.
- Lee, Y.-G., Kim, J.-K., & Lee, C.-H. (2021). Analytic Hierarchy Process Analysis for Industrial Application of LNG Bunkering: A Comparison of Japan and South Korea. *Energies*, *14*(10), 2965. <https://doi.org/10.3390/en14102965>
- Nizar, A. M., Artana, K. B., & Ariana, M. (2016). Kajian Teknis dan Ekonomis Bunkering LNG untuk Pemenuhan Bahan Bakar Gas Kapal Peln. *Jurnal Teknik ITS*, *5*(2), 361–366.
- Norrgård, J. (2018, May 14). *LNG terminals – land-based vs. Floating storage and regasification technology*. <https://www.wartsila.com/Insights/Article/Lng-Terminals-Land-Based-vs-Floating-Storage-and-Regasification-Technology>
- Safety Guidelines and Good Practices for the Management of Tailings Facilities*. (2014).
- Swartz, A. B., & Burnett, M. (2024). *ASME B31.3—Process Piping Guide* (No. 17; Version 3). The American Society of Mechanical Engineering.