

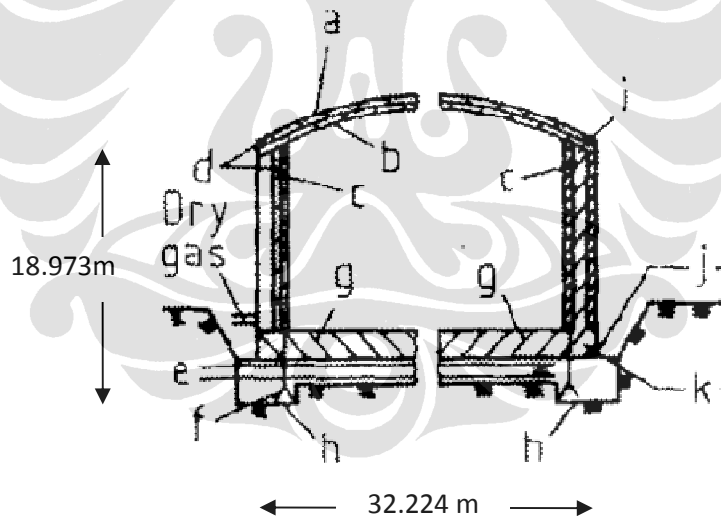
BAB VI

HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1. Gambaran Tangki Penyimpanan

6.1.1 Gambaran Rancang Bangun Dan Fungsi

Pemilihan tanki timbun yang digunakan oleh PT. Pupuk Kujang tanki Atmospheric pada suhu -33°C dengan dinding ganda dengan kapasitas 10.000 MT dengan tinggi 18,973 m dan diameter 32,224 m. Tanki dengan dinding ganda terdiri dari dua dinding. Yaitu, dinding bagian dalam atau *inner tank* (gambar c) yang menampung Amonia dan dinding bagian luar atau *outer tank* (gambar j) yang melingkupi dinding bagian dalam. Dinding bagian luar tanki berfungsi sebagai pelapis jika terjadi kebocoran pada tanki bagian dalam. Antara dinding luar, terdapat rongga yang disebut bagian annular atau annulus (gambar d). di dalam bagian annular terdapat material pelindung yang menggunakan N_2 dan perlite (gambar i).

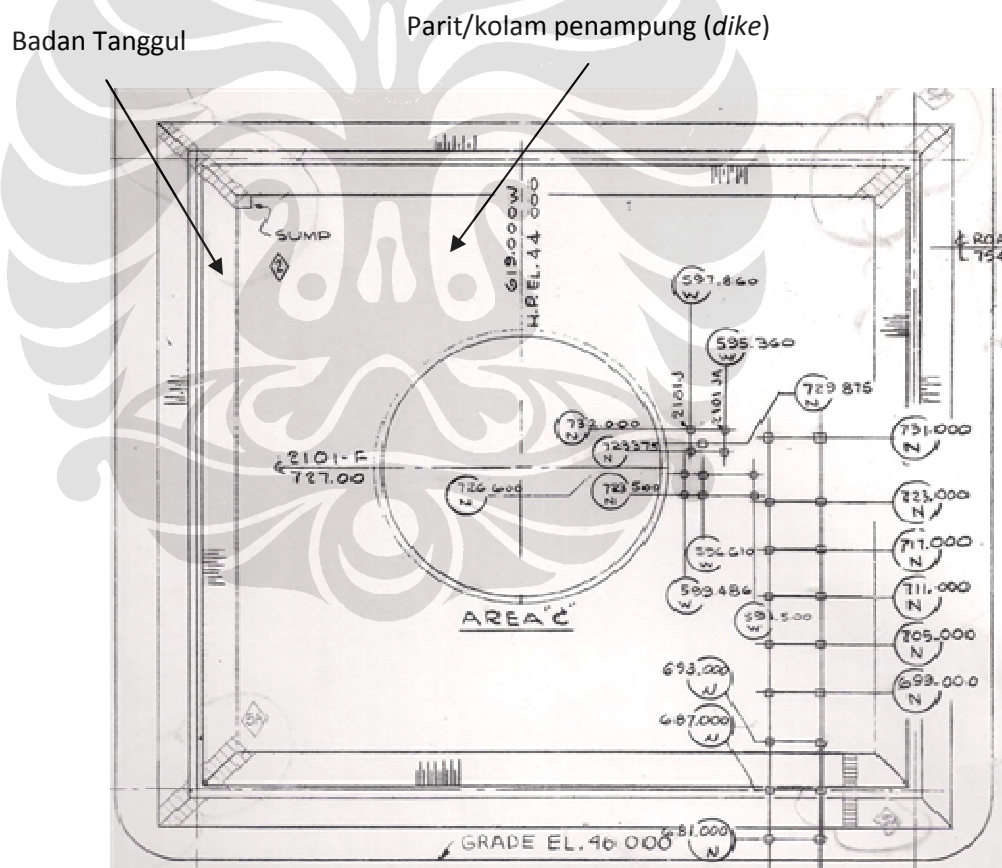


Gambar 13 Storage Tank Double Wall

Max Appl. (1999).

Bagian atap dibangun agar tidak tembus air (gambar a) dengan lapisan kedua yang terbuat dari baja (gambar b) begitu juga pada lapisan dalam bagian dasar, bahan baku yang digunakan adalah baja (gambar g). Bagian luar dari dasar menggunakan beton (gambar k) dengan perkuatan fondasi menggunakan baut (gambar f). Bagian dasar tanki yang terbuat dari beton dilengkapi dengan pemanhangat (gambar e) yang menggunakan *coil* untuk mencegah terjadinya pembentukan es pada dasar tanki.

Pada area tanki penyimpanan dibangun tanggul membentuk kolam dengan tinggi $\pm 1,5$ mengelilingi tanki yang berfungsi untuk menampung tumpahan bahan kimia jika terjadi kebocoran. Selain itu, *hydrant* terletak disekeliling parit yang untuk menangkal penyebaran amonia jika kebocoran terjadi.



Gambar 14. Tanggul Sekitar *Storage Tank*

Sumber : Biro Rancang Bangun PT. Pupuk Kujang

6.1.2 Valve Tank

Dengan struktur tangki yang menggunakan dua lapis, bagian dalam tangki digunakan untuk menyimpan Amonia dengan tekanan 320 mmH₂O dan bagian Annulus dengan tekanan yang sama. Pengaturan tekanan bagian tangki dilakukan oleh *refrigerant sistem* 105-J dan *package compressor*. *Refrigerant sistem* bertugas untuk menurunkan suhu amonia hingga mencapai -30°C dan tekanan 350 mmH₂O sebelum Amonia dimasukkan kedalam *storage tank* dan *package compressor* berfungsi menghisap amonia vapor yang dapat meingkatkan tekanan dalam tangki dengan menekan dan menurunkan suhu *vapor* Amonia hingga mencapai tekanan 30°C dan tekanan 350 mmH₂O lalu dimasukkan kembali ke dalam *storage tank*. Dalam hal ini *package compressor* merupakan compressor pengatur tekanan cadangan jika *refrigerant sistem* 105-J tidak berfungsi.

Selain dari pada *refrigerant sistem* dan *package compressor* yang mengatur asupan *ammonia* yang juga berpengaruh dalam pengaturan tekanan dalam tangki, peningkatan tekanan dalam tangki bagian dalam diatur juga oleh *safety valve*, *vacuum valve* dan *block valve*.

6.1.2.1 Safety Valve

Safety valve (gambar a) berfungsi untuk melepaskan tekanan keluar tangki jika tekanan *inner tank* mengalami peningkatan. *Safety valve* berfungsi secara otomatis akibat dari dorongan tekanan *inner tank* yang berlebih yang membuka *safety valve* sehingga *vapor ammonia* yang menyebabkan peningkatan tekanan terlepas ke udara sehingga tekanan berkurang lalu *safety valve* tertutup kembali.

6.1.2.2 Vacuum Valve

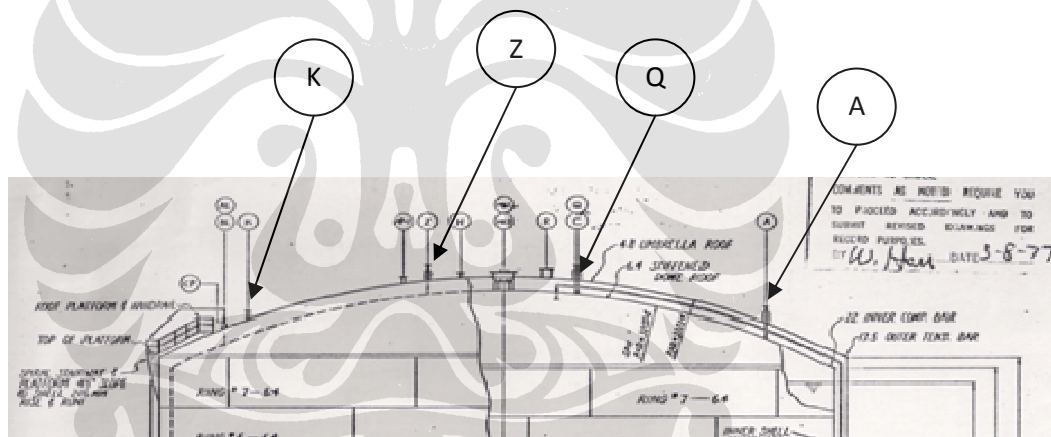
Vacuum valve (gambar Q) berfungsi untuk mengembalikan tekanan jika tekanan dalam *inner tank* berkurang yang dapat menyebabkan dinding tangki mengalami depresi. *Vacuum valve* berfungsi secara otomatis akibat dari penurunan tekanan dari *inner tank*.

6.1.2.3 Block Valve

Block valve (gambar K) berfungsi untuk menutup asupan amonia sehingga peningkatan tekanan dalam *inner tank* berhenti. *Block valve* diaktifkan dengan cara manual.

6.1.2.4 Safety Valve Annulus N₂ dan Perlite

Pada bagian *Annulus* dilengkapi juga oleh *safety valve* (gambar Z) yang berfungsi melepaskan N₂ jika terjadi *supply* berlebih pada N₂ atau peningkatan tekanan pada *annulus*. *Safety valve* ini berkerja secara otomatis jika terjadi peningkatan tekanan pada *annulus* dan menutup secara otomatis jika tekanan kembali normal



Gambar 15. Letak Valve Storage Tank

Sumber : Biro Inspeksi PT. Pupuk Kujang Cikampek

6.4 Fungsi-Fungsi Pengamanan Pada Tanki

Seperti disebutkan diatas *Storage tank* dinding ganda yang menggunakan metoda *low pressure* dengan suhu -30°C umumnya dinilai aman dan paling banyak digunakan bagi penyimpanan amonia dengan kapasitas hingga 50.000 MT (Amonia : principles and industrial practice I Max Appl. – Weinheim ; New York : Chichester ; Brisbane ; Singapore ; Toronto : Wiley-VCH, 1999).

Hal ini dapat dilihat dari fitur-fitur keamanan pada desain tanki yang umumnya berlapis. Seperti pada lapisan dinding yang memiliki dua lapis dengan rongga *annulus* diantara kedua dinding tersebut. Dinding bagian ini di desain untuk mampu menampung *ammonia* jika terjadi kebocoran pada bagian *inner tank*. Selain itu, didalam *annulus* terdapat N_2 dan *perlite* yang berfungsi sebagai insulator jika terjadi kebocoran pada *inner tank*.

Pada bagian *compressor* yang berfungsi untuk mengatur tekanan *ammonia* sebelum masuk kedalam *storage tank*, pemeran utamanya adalah *refrigerant sistem* 105-J dengan pendukung dan pemeran pengganti *package compressor* yang berfungsi secara otomatis jika *refrigerant sistem* 105-J mengalami kerusakan atau *shut down*.

Selain dari pada itu, jika terjadi peningkatan ataupun penurunan tekanan, bagian *inner tank* dan *annulus* memiliki *valve* yang dapat melepaskan tekanan berlebih sehingga tidak terjadi *over pressure* pada *inner tank* ataupun *annulus*.

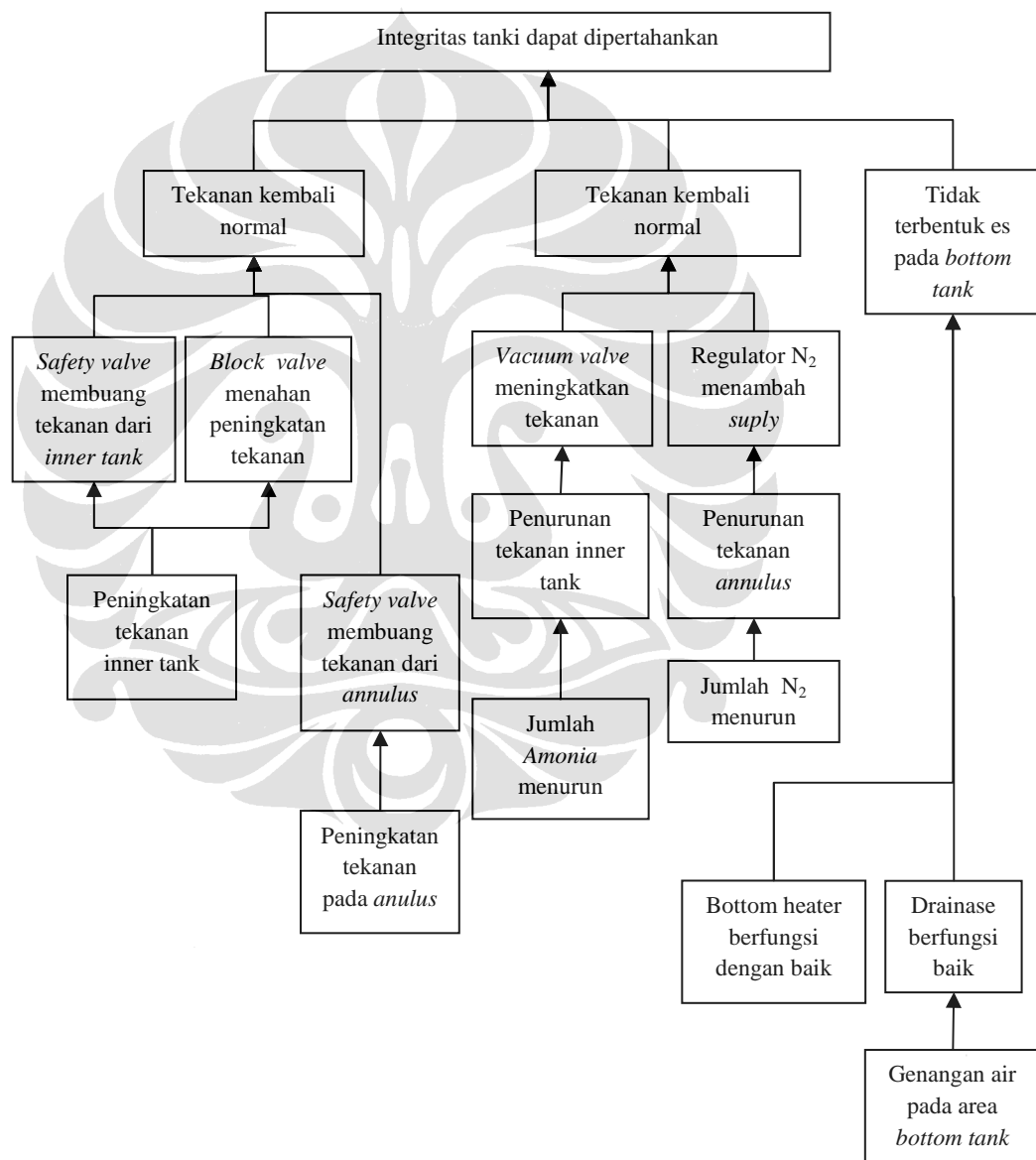
Suhu dalam tanki yang mencapai $-30^{\circ}c$, berpotensi untuk menyebabkan terjadinya pembentukan es pada bagian bawah tanki yang dapat merusak intergrasi tanki. Dalam menghadapi kemungkinan tersebut *Storage tank* dinding ganda yang menggunakan metoda *low pressure* dengan suhu $-30^{\circ}c$ memiliki pemanas pada bagian tanki yang mencegah terjadinya pembentukan air. Selain itu tanah bagian dasar tanki digantikan oleh lapisan pasir yang memiliki kemampuan rendah dalam menyimpan air sehingga memperkecil kemungkinan terjadinya pembentukan es.

Pengamanan lapis terakhir dari area *storage tank* diperankan oleh parit dengan tinggi $\pm 1,5$ m yang berfungsi untuk menampung cairan *ammonia* jika terjadi kebocoran pada *storage tank*. Area parit ini dipersenjatai dengan *hydrant* yang terletak mengelilingi areal tanki.

Terlepas dari dari fitur keamanan yang berlapis, kemungkinan kebocoran dan pelepasan zat *ammonia* dalam jumlah besar pada *storage tank Ammonia* 2101-F PT. Pupuk Kujang tidak dapat dihilangkan secara total hingga mencapai nilai nol persen. Maka dari itu diperlukan analisis yang dapat memaparkan kemungkinan-kemungkinan *skenario* kebocoran dan analisis zona ancaman (*threat zone*) kontaminasi amonia akibat kebocoran tersebut.

6.5 Functional Block Diagram

Berdasarkan fungsi dari fitur-fitur pengamanan yang tersedia pada desain tanki 2101-F yang digunakan PT. Pupuk Kujang dalam penyimpanan Amonia, maka penulis membuat *Functional Block Diagram* sebagai landasan dalam pembuatan *Fault Tree Analysis*.



Gambar 16 *Functional Block Diagram*

6.6 Analisis Skenario Kebocoran

Masing-masing *skenario* penyebab kebocoran memiliki karakteristik yang berbeda, hal ini mengakibatkan pola penyebaran bahan kimia yang berbeda pula sehingga penentuan *skenario* kebakaran menjadi dasar yang penting untuk mengetahui area yang terancam kontaminasi kebocoran amonia yang berasal dari *storage tank ammonia* 2101-F.

Pada analisa *skenario* kebocoran, penulis menggunakan perangkat tehnik *Hazard Analysis Fault Tree Analysis (FTA)* yang termasuk kedalam tipe Sistem *Design Hazard Analysis Type* dan *Functional Block Diagram* sebagai landasan pembuatn *FTA*. Tipe *Hazard Analysis* ini memiliki kelebihan dalam mengevaluasi desain sistem yang terintegrasi secara keseluruhan. Analisis ditekankan interaksi dari semua sub sistem ketika subsistem tersebut bekerja secara bersamaan. Di dalam subsistem tersebut fungsi *hardware* dan *software* tidak dibedakan.

Berdasarkan metoda analisis yang dilakukan penulis yang didasari oleh alur proses subsistem dari sistem penyimpanan *ammonia* ke dalam *storage tank*, penulis mendapatkan beberapa *skenario* kebocoran yang dapat terjadi pada *storage tank ammonia* 2101-F PT. Pupuk Kujang Cikampek adalah:

1. Pembentukan es pada *bottom tank*
2. *Over pressure* pada *inner tank*
3. *Over pressure* pada *annulus*

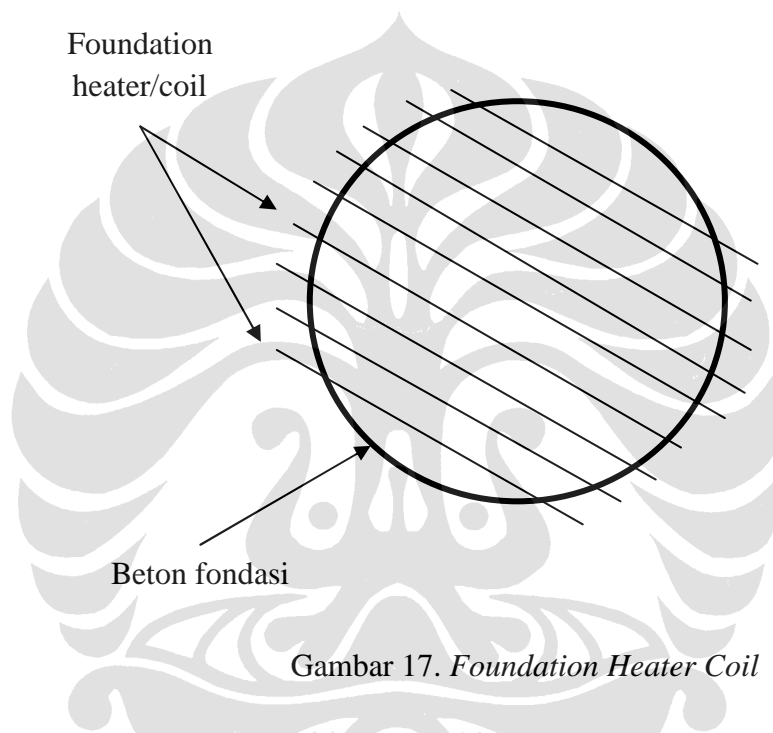
Setelah dilakukan analisis *skenario*, maka penulis melakukan pemodelan penyebaran bahan kimia dengan menggunakan perangkat lunak *Area Locations of Hazardous Athmosphere (ALOHA)* pada masing-masing *skenario*

6.6.1 Pembentukan Es Pada *Bottom Tank*

Suhu tanki penyimpanan yang mencapai -33°C dapat menyebabkan terjadinya pembentukan es di bagian luar tanki. Pembentukan es dapat mengancam integritas tanki jika pembentukan es terjadi di area lapisan luar antara *bottom tank* dengan fondasi beton. Pembentukan es di area tersebut dapat

mengakibatkan pengangkatan pada tanki yang dapat membuat tanki mengalami robekan.

Untuk mencegah terjadinya pembentukan es di dasar tanki. Pada fondasi dilengkapi dengan pemanas/*coil* dengan bentuk memanjang (gambar) untuk menghangatkan fondasi pada suhu $\pm 40^{\circ}\text{F}$ sehingga tidak terjadi pembentukan es di *bottom tank*. Selain itu material tanah sebagai landasan menggunakan pasir, hal ini untuk mengurangi pengumpulan air pada tanah dasar tanki.

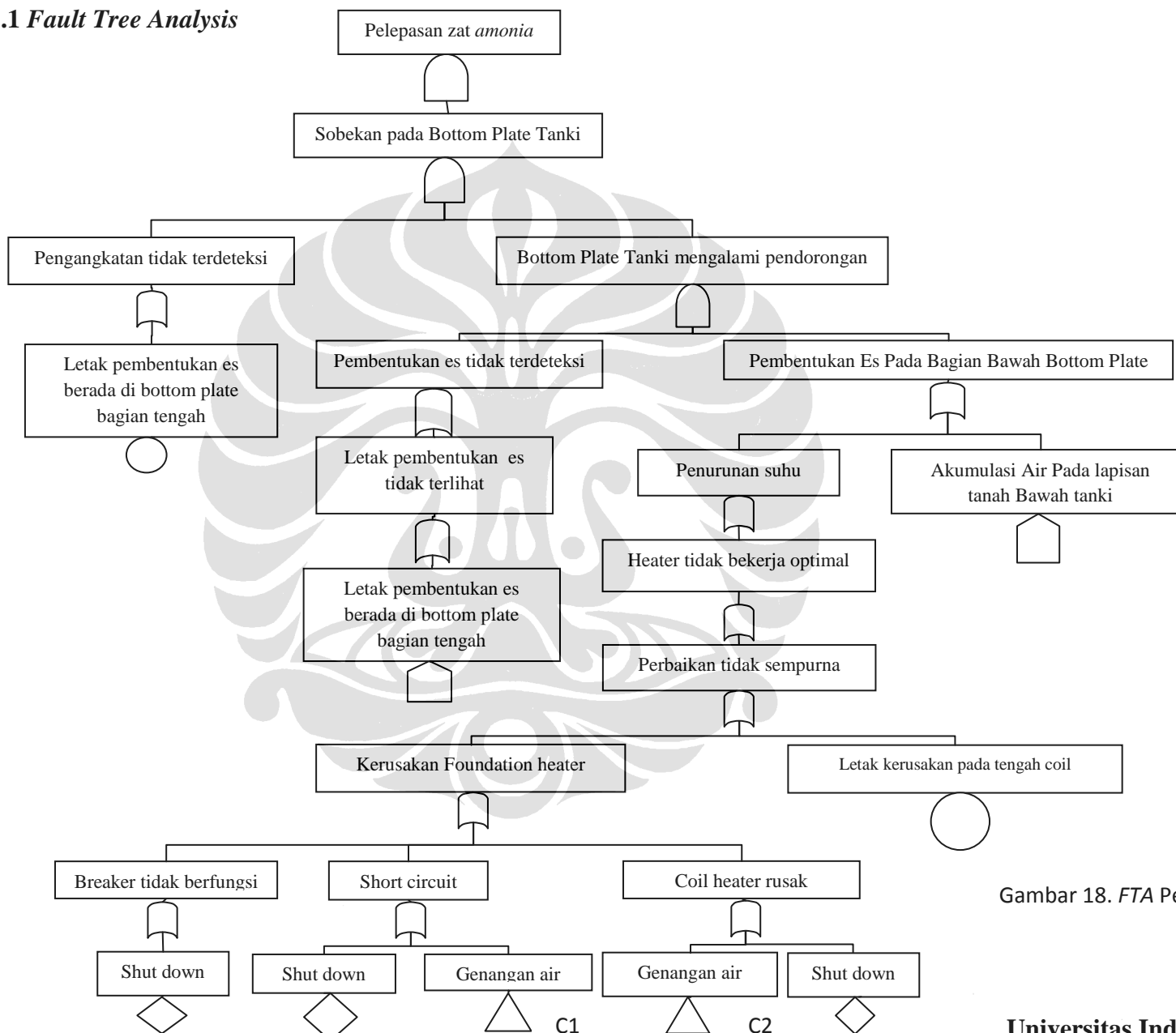


Gambar 17. *Foundation Heater Coil*

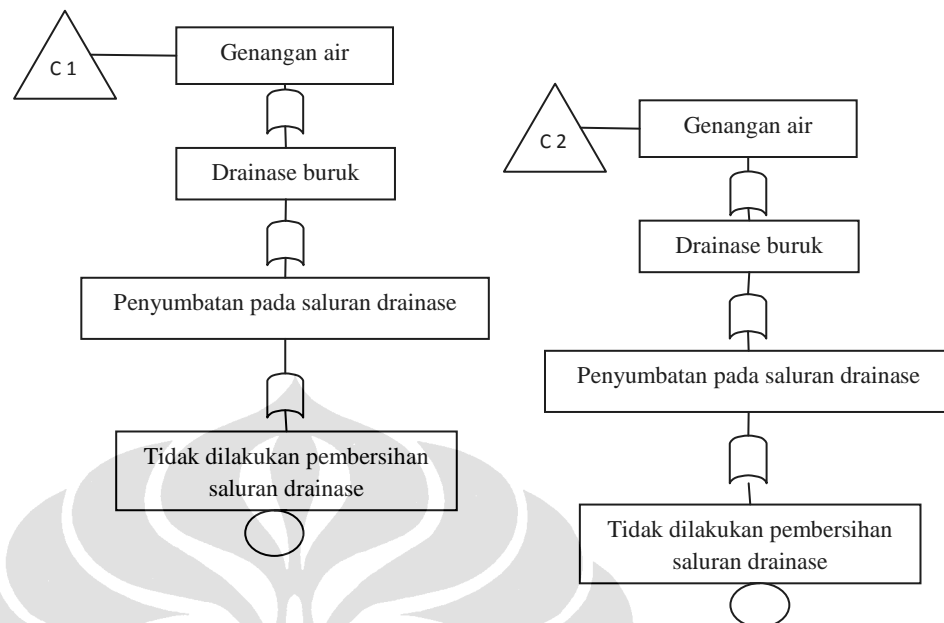
Penghangat secara otomatis aktif jika suhu fondasi mencapai 2,5% dari suhu desain (suhu desain -33°c) dan secara otomatis menghentikan proses pemanasan jika suhu mencapai 10% dari suhu desain. Kerusakan pada *coil foundation heater* dapat terjadi karena beberapa hal. Seperti, *short circuit* atau hubungan pendek yang bisa diakibatkan oleh gangguan arus akibat shut down atau adanya genangan air di sekitar foundation. Atau kerusakan terjadi akibat dari peralatan yang melewati usia pakai.

Pada analisis *fault tree* berikut dapat diperlihatkan proses terjadinya kebocoran yang diakibatkan oleh pembentukan es di *bottom tank*.

6.4.1.1 Fault Tree Analysis



Gambar 18. FTA Pembentukan Es 1



Gambar 19. FTA Pembentukan Es 2

Pembentukan es pada *bottom tank* akan mengakibatkan terjadinya robekan di area bawah tanki yang disebabkan oleh dorongan dari es yang terbentuk. Hal ini mengakibatkan sumber kebocoran berasal dari dasar tanki. Sifat zat yang keluar dari tanki akan berbentuk cairan lalu mengalir ke luar tanki. Sesuai mekanisme pengamanan dari desain tanki, cairan akan ditampung oleh tanggul sehingga cairan tidak keluar dari area storage.

Amonia yang mengalir dari tanki penyimpanan dan tertampung di tanggul dan membentuk genangan akan mengalami kenaikan suhu yang mengakibatkan terbentuknya *vapour* yang terlepas ke udara.

6.6.1.3 Proyeksi Penyebaran Dengan ALOHA

Berdasarkan analisis *skenario* kebocoran akibat pembentukan es di dasar tanki yang sudah dijabarkan diatas, maka berikut adalah proyeksi penyebaran amonia menggunakan ALOHA.

6.6.1.4 Text summary ALOHA

Pada *entry* data ALOHA, penulis menggunakan beberapa asumsi untuk jumlah volume amonia yang terkandung pada tanggul atau *puddle volume*. Asumsi yang digunakan adalah seluruh isi tanki mengalami kebocoran sehingga nilai *puddle volume* sama dengan nilai volume tanki dalam kondisi terisi pada ketinggian 12 m atau 6600 MT.

Data *puddle area* menggunakan perhitungan luas tanggul disekitar tanki. Sedangkan suhu permukaan tanah diasumsikan sama dengan suhu udara sekitar. Temperature genangan menggunakan suhu amonia sebelum keluar dari tanki, yaitu -30°C.

Dengan asumsi-asumsi diatas, maka berikut ini adalah *text summary* yang dihasilkan oleh ALOHA :

SITE DATA:

Location: PT. PUPUK KUJANG, CIKAMPEK, INDONESIA

Building Air Exchanges Per Hour: 0.69 (unsheltered single storied)

Time: June 20, 2009 0509 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: AMONIA Molecular Weight: 17.03 g/mol

ERPG-1: 25 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 750 ppm

IDLH: 300 ppm LEL: 160000 ppm UEL: 250000 ppm

Ambient Boiling Point: -33.5° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3 meters/second from se at 3 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 33° C Stability Class: D

No Inversion Height Relatif Humidity: 25%

SOURCE STRENGTH:

Evaporating Puddle (Note: chemical is flammable)

Puddle Area: 7763 square meters Puddle Volume: 7920 cubic meters

Ground Type: Moist sandy soil Ground Temperature: 33° C

Initial Puddle Temperature: -33.5° C

Release Duration: *ALOHA* limited the duration to 1 hour

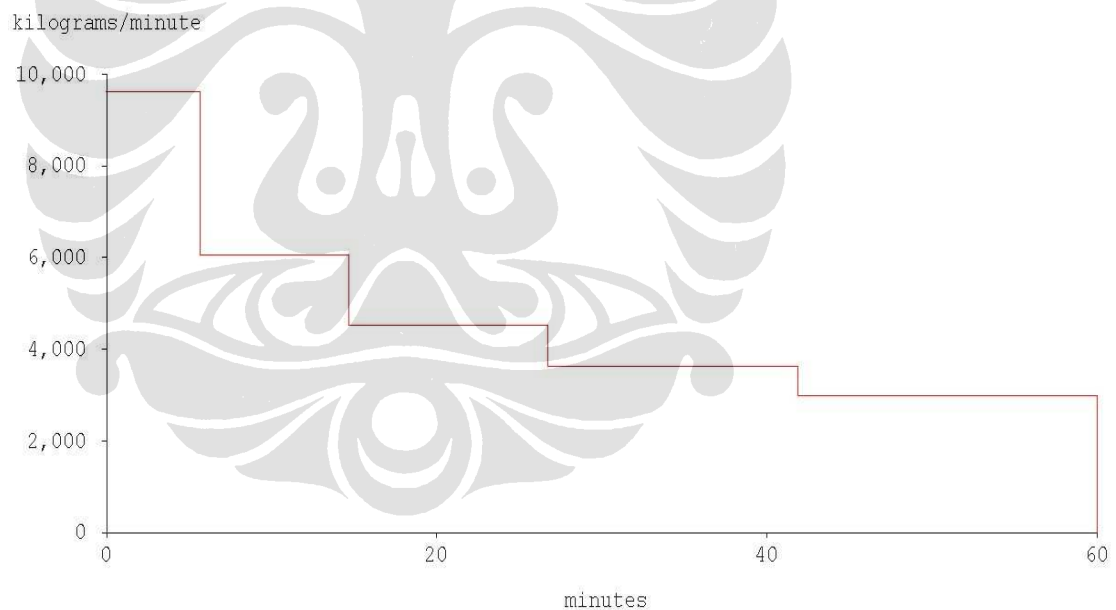
Max Average Sustained Release Rate: 9,620 kilograms/min
(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 272,574 kilograms

Sumber : *ALOHA*

6.4.1.4 Evaporation Rate

Berdasarkan text summary diatas, maka *ALOHA* memperhitungkan laju penguapan hanya dalam rentang waktu 1 jam adalah sebagai berikut:



Gambar 20. *Evaporation Rate Skenario Pembentukan Es*

Sumber : *ALOHA*

Pada perhitungan yang dihasilkan *ALOHA*, laju penguapan pada menit pertama hingga 5 menit mencapai ± 9.500 kg/menit, lalu pada sekitar menit ke 5 hingga menit ke 15 laju penguapan menurun hingga ± 6.000 kg/menit, lalu hingga

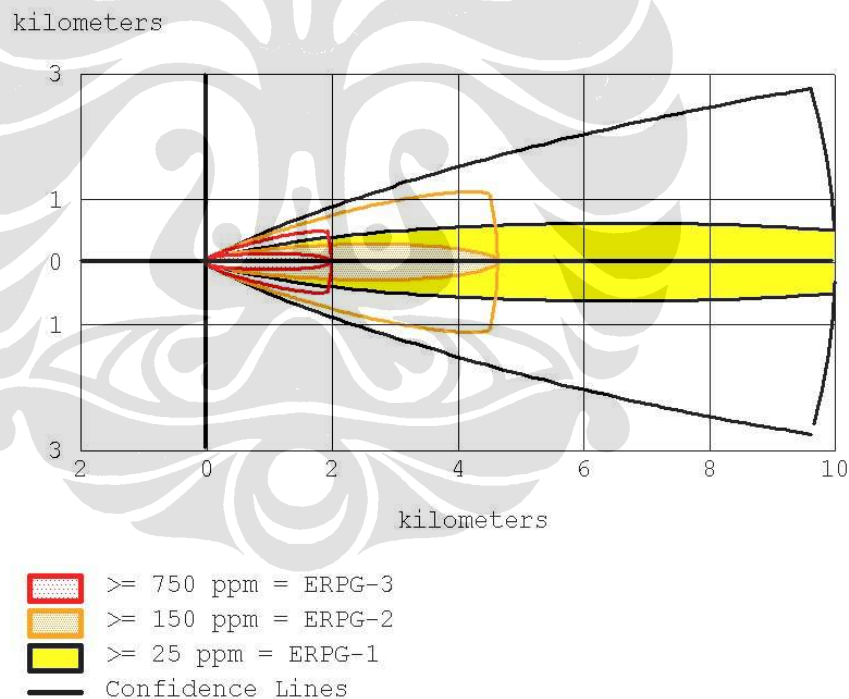
menit ke 26 laju penguapan menjadi ± 4.500 kg/menit dan hingga menit 42 laju penguapan menurun hingga ± 3500 kg/menit dan ± 3000 kg/menit setelah menit 42.

Dengan demikian, selama 1 jam pertama *ALOHA* memperhitungkan sebanyak 272,574 kg *vapor ammonia* terbentuk dan dilepaskan keudara dari 7.290.000 liter amonia yang diasumsikan membentuk kolam amonia dalam tanggul/dike.

6.4.1.5 Threat Zone

Berdasarkan perhitungan yang dihasilkan *ALOHA* perkiraan jangkauan terjauh penyebaran *vapor ammonia* adalah >10 km dengan kadar ≥ 25 ppm, kadar ≥ 150 ppm mencapai $\pm 4,5$ km dan ± 2 km untuk kadar 750 (Gambar).

Dengan variasi kemungkinan pelebaran area penyebaran ditunjukkan oleh garis hitam (confidence line).



Gambar 21. Dispersi amonia Skenario Pembentukan Es

Sumber : *ALOHA*

6.4.2 Over pressure pada inner tank

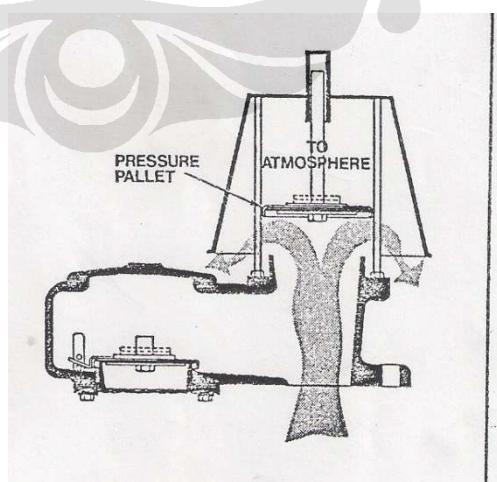
Walaupun tanki 2101-F memiliki sistem pengamanan berganda, kemungkinan terjadinya kebocoran akibat tekanan tinggi masih mungkin terjadi.

Peningkatan tekanan dapat terjadi jika terjadi akibat pembentukan *vapor* dalam jumlah besar dan dengan waktu yang relatif cepat dalam tanki dan tidak sebanding dengan jumlah pelepasan yang dilakukan atau sama sekali tidak dilakukan pelepasan tekanan oleh *safety valve* dan *package compressor*.

Peningkatan pembentukan *vapor* dalam *inner tank* di pengaruhi oleh jumlah dan laju asupan amonia kedalam tanki yang diatur oleh *refrigerant sistem* 105-J dan pengeluaran yang diperuntukkan oleh pabrik *Urea* ataupun truk tangki pengiriman. Dalam kondisi pabrik *Urea shut down*, maka permintaan amonia akan menurun, sehingga amonia yang diproduksi akan disimpan dalam tanki lalu dilanjutkan dengan menurunkan kapasitas produksi pabrik amonia sehingga tidak terjadi ketidak seimbangan pemasukan dan pengeluaran.

Dalam hal pengaturan *vapor* yang berada di dalam *inner tank*, *package compressor* bertanggung jawab untuk menghisap *vapor* lalu dikompresikan hingga menjadi cair sehingga dapat disimpan ke dalam *inner tank* kembali. Jika tekanan masih terus meningkat maka akan terjadi pembuangan tekanan (*popping*) oleh *safety valve* secara otomatis (gambar).

Pada kondisi shut down pabrik amonia secara tiba-tiba, *refrigerant sistem* 105-J yang bertanggung jawab untuk menurunkan tekanan dan suhu amonia sebelum memasuki tanki, secara otomatis melakukan *Pump Out* atau menyalurkan seluruh amonia yang berada di *refrigerant sistem* ke dalam tanki.



Gambar 22. *Safety Valve*

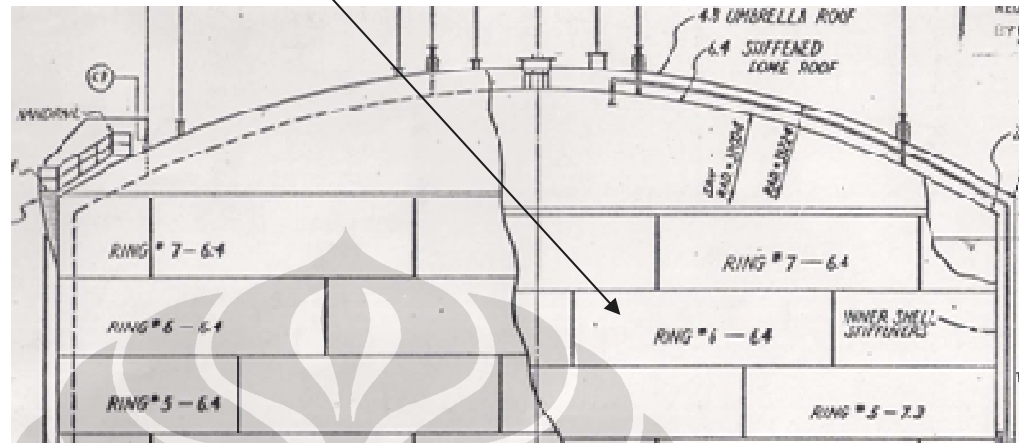
Sumber : Biro Inspeksi

Pump out yang dilakukan oleh refrigerant sistem dilakukan dengan cepat sehingga memicu terbentuknya *vapor ammonia* di dalam *inner tank* dengan cepat sehingga berakibat meningkatnya tekanan dalam tanki dengan cepat. Dalam keadaan seperti ini, *package compressor* secara otomatis bekerja menghisap *vapor* dalam tanki. Hanya saja, kapasitas kerja *package compressor* tidak dapat mengimbangi laju pembentukan *vapor* dalam kondisi *pump out* jika jumlah amonia yang di pompakan cukup besar 105-J sehingga keadaan tersebut memiliki potensi untuk menimbulkan tekanan pada tangki yang melebihi desain dari tanki.

Peningkatan tekanan yang progresif seperti disebut diatas dalam *inner tank* akan menyebabkan terjadinya kebocoran pada bagian tanki yang memiliki toleransi tekanan terlemah. Untuk mengetahui hal ini, dibutuhkan penelitian mendalam mengenai desain tanki dan riwayat dari tanki 2101-F untuk mengetahui bagian mana dari tanki yang memiliki toleransi terendah terhadap peningkatan tekanan.

Hal yang demikian diluar dari batasan lingkup penelitian ini, dengan keterbatasan tersebut, penulis menggunakan asumsi dan untuk menentukan skenario bagian tanki yang mengalami kebocoran. Maka penulis mengasumsikan kebocoran terjadi pada bagian sambungan antar plat tanki dan penulis mengasumsikan kebocoran terjadi pada pelat dengan luas bidang terbesar.

Asumsi area
kebocoran

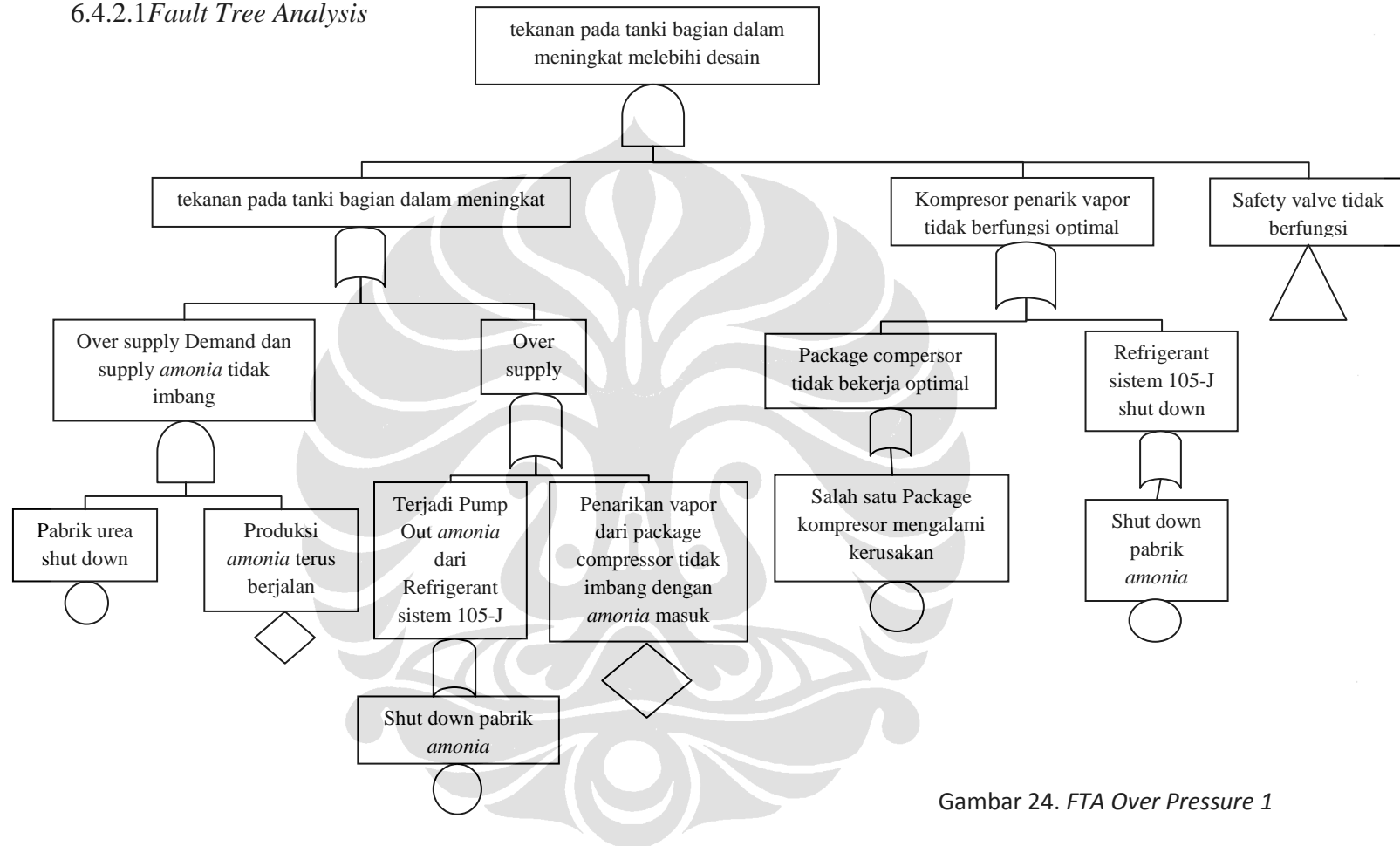


Gambar 23. Asumsi Letak Kebocoran *skenario Over Pressure*

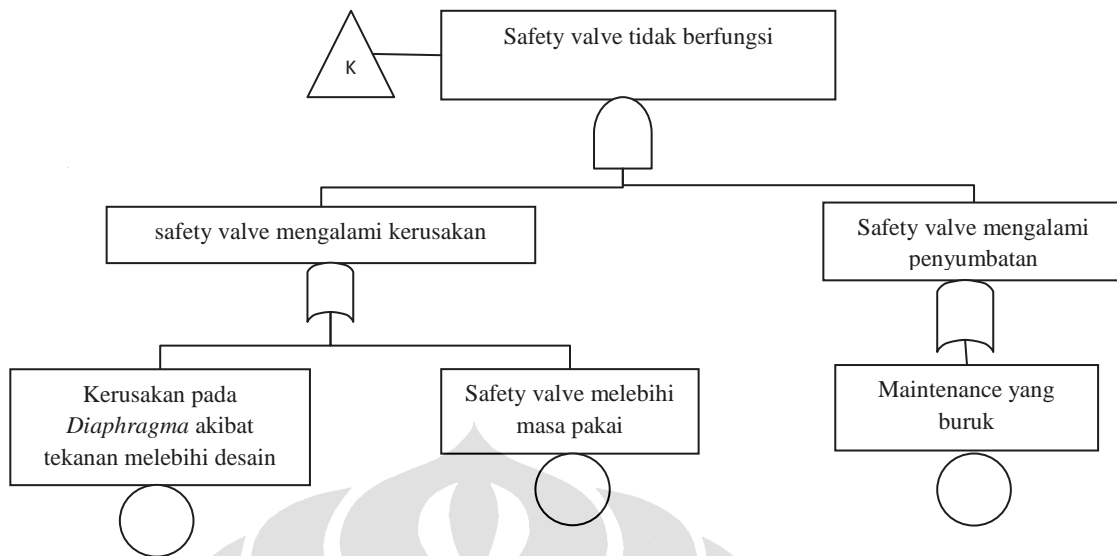
Sumber : Biro Inspeksi

Berdasarkan paparan mengenai kemungkinan terjadi kebocoran diatas, berikut adalah *Fault Tree Analysis* dari *skenario* kebocoran akibat *over pressure* di dalam *inner tank*.

6.4.2.1 Fault Tree Analysis



Gambar 24. FTA Over Pressure 1



Gambar 25. FTA Over Pressure 2

6.4.2.2 Text Summary ALOHA

SITE DATA:

Location: PT. PUPUK KUJANG, CIKAMPEK, INDONESIA

Building Air Exchanges Per Hour: 0.69 (unsheltered single storied)

Time: June 20, 2009 0509 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: AMONIA Molecular Weight: 17.03 g/mol

ERPG-1: 25 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 750 ppm

IDLH: 300 ppm LEL: 160000 ppm UEL: 250000 ppm

Ambient Boiling Point: -33.5° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3 meters/second from se at 3 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 33° C Stability Class: D

No Inversion Height Relatif Humidity: 25%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in vertical cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 18 meters Tank Length: 32 meters

Tank Volume: 8,143 cubic meters

Tank contains liquid Internal Temperature: -33° C

Chemical Mass in Tank: 5,947 tons Tank is 97% full

Opening Length: 15 centimeters Opening Width: 15 centimeters

Opening is 24.0 meters from tank bottom

Release Duration: *ALOHA* limited the duration to 1 hour

Max Average Sustained Release Rate: 6,750 kilograms/min (averaged over a minute or more)

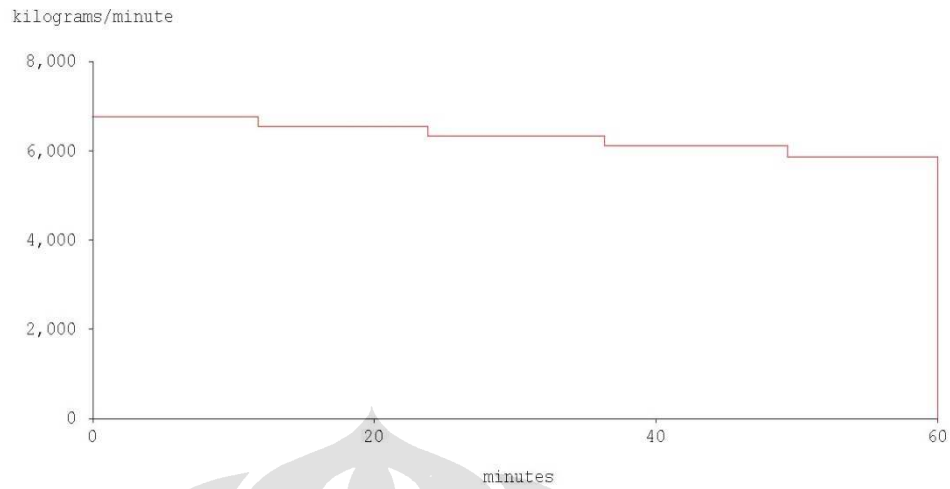
Total Amount Released: 378,723 kilograms

Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

Sumber : *ALOHA*

Pada text summary diatas, *ALOHA* diasumsikan isi tanki dalam keadaan penuh dengan volume 8,143 m³ dengan bobot isi sebesar 5,947 Ton. *ALOHA* memperhitungkan bahan kimia yang terlepas ke udara merupakan campuran aerosol dan gas.

6.4.2.3 Evaporation Rate

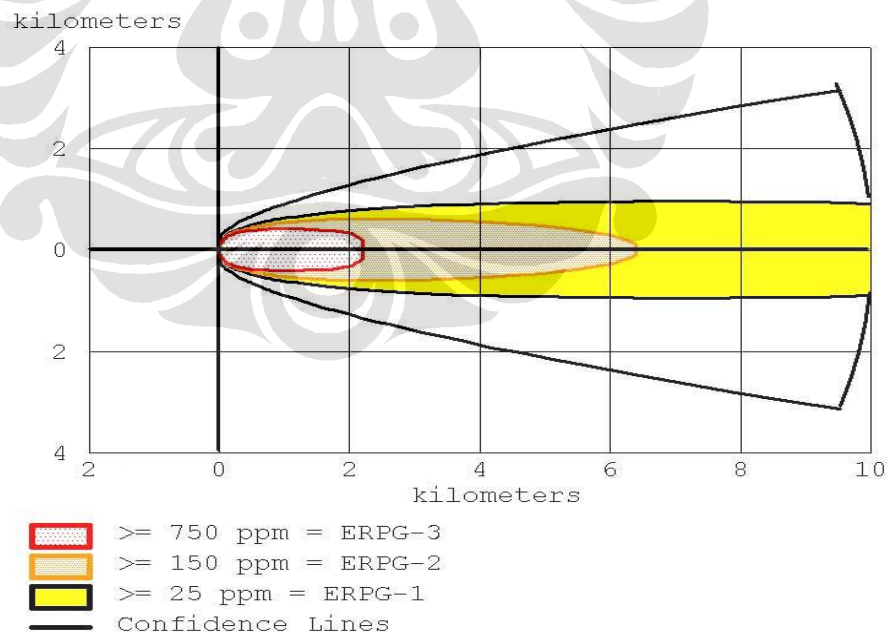


Gambar 26. *Evaporation Rate Over Pressure*

Sumber : ALOHA

Perhitungan laju penguapan yang dihasilkan ALOHA menunjukkan, laju evaporasi antara $\pm 7,000$ kg/menit hingga $\pm 6,000$ kg/menit dalam satu jam

6.4.2.4 Pemodelan Threat Zone ALOHA



Gambar 27 *Dispersi skenario Over pressure*

Sumber : ALOHA

Perhitungan *Threat zone* yang dihasilkan oleh *ALOHA* menunjukkan penyebaran mencapai lebih dari 10 km (diluar batas perhitungan *ALOHA*) dengan kadar ≥ 25 ppm, pada kadar ≥ 150 ppm mencapai 6,5 km dan 2,5 km untuk kadar 750 ppm.

6.4.3 *Over pressure pada annulus*

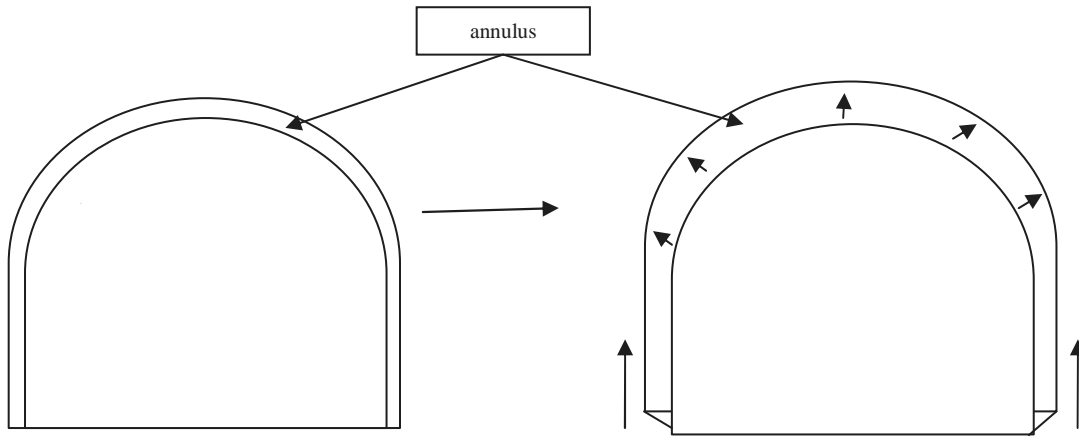
Rongga *annulus* pada tanki 2101-F berisi N_2 yang digunakan sebagai lapisan pelindung jika terjadi kebocoran. Rongga *annulus* yang terisi N_2 memiliki tekanan yang sama dengan bagian *inner tank* yaitu 350 mmH₂O, pengaturan tekanan ditentukan oleh laju asupan N_2 yang meningkatkan tekanan dengan *safety valve* yang berfungsi melepaskan tekanan berlebih pada *annulus* keudara.

Kemungkinan terjadinya peningkatan berlebih pada rongga *annulus* dapat terjadi jika *regulator* yang mengatur asupan N_2 mengalami kerusakan sehingga asupan N_2 menjadi tidak terkendali.

Dalam *skenario* yang ditampilkan pada *Fault Tree Analysis* (gambar), peningkatan tekanan pada *annulus* dapat saja menimbulkan kerusakan integritas tanki jika dibarengi dengan kerusakan pada *safety valve* yang tidak dapat berfungsi dengan baik.

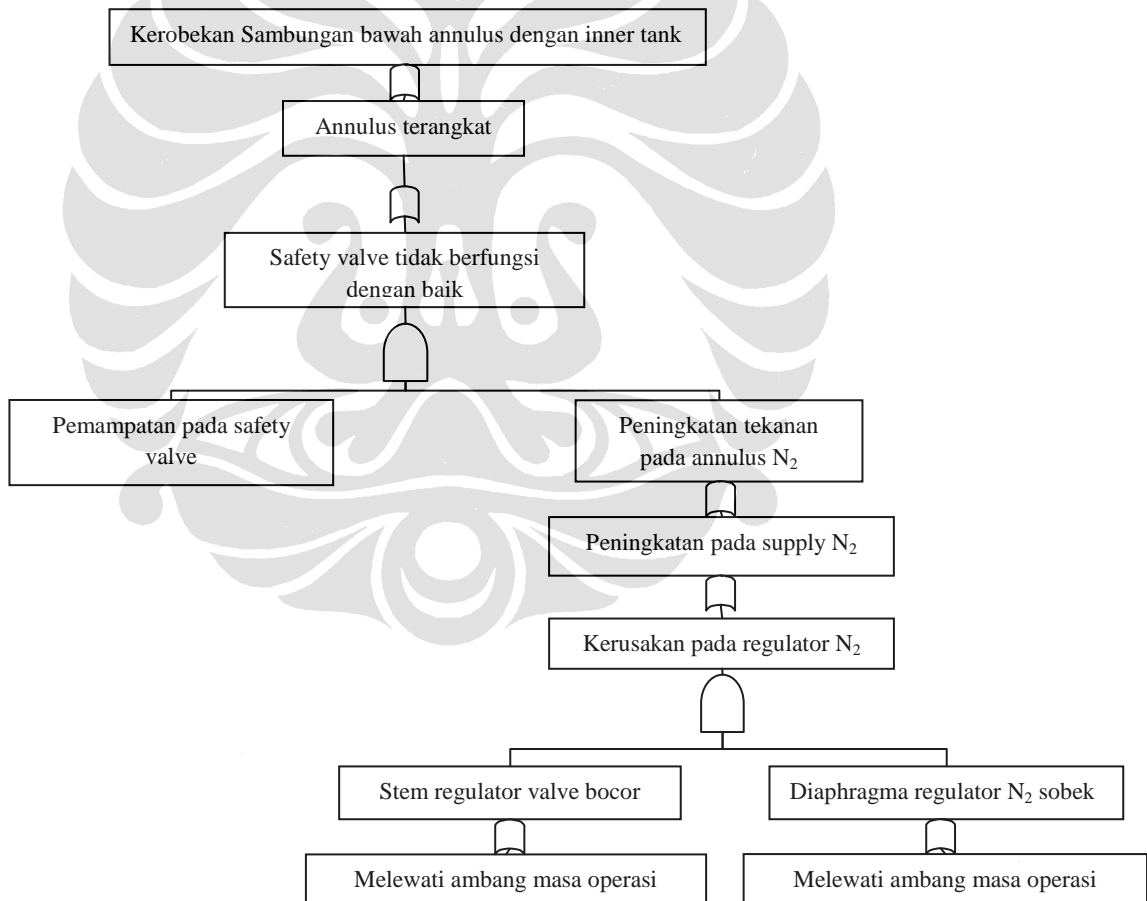
Jika *skenario* yang demikian terjadi maka peningkatan tekanan akan mengakibatkan bagian *annulus* mengalami pengangkatan (gambar) sehingga dapat menyebabkan robekan pada lapisan sambungan antara lapisan *Annulus* dengan *inner tank*.

Sobekan pada sambungan tersebut, akan mengakibatkan kebocoran amonia cair melalui dasar tanki. Sperti pada *skenario* kerusakan integritas dasar tanki akibat dari pembentukan es, cairan amonia akan membentuk kolam zat kimia pada parit/*dike* yang kemudian menghasilkan *vapor ammonia* yang terlepas bebas ke udara.



Gambar 28. Pengangkatan rongga annulus

6.4.3.1 Fault Tree Analysis

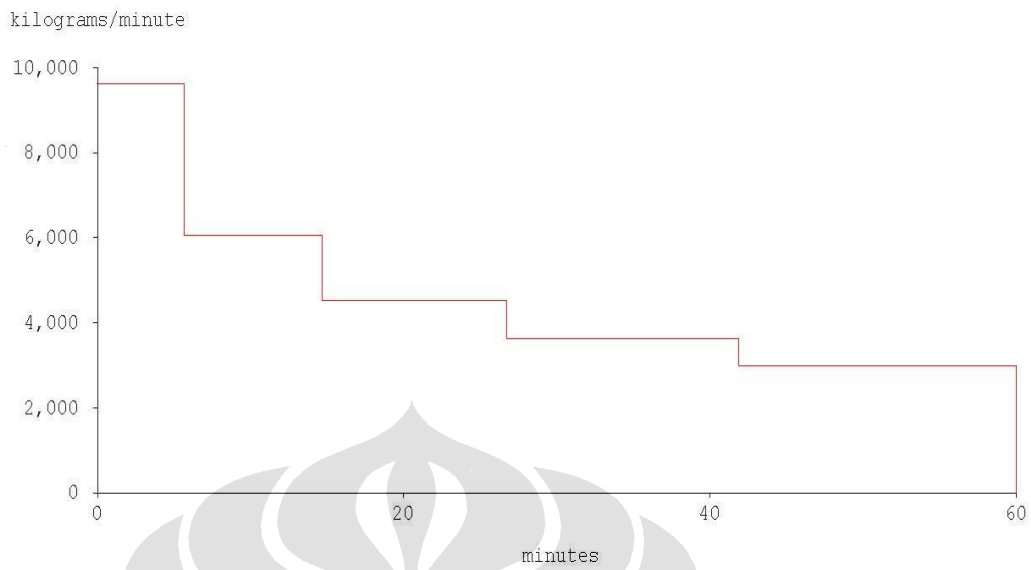


Gambar 29. FTA Over pressure annulus

6.4.3.2 Text Summary ALOHA

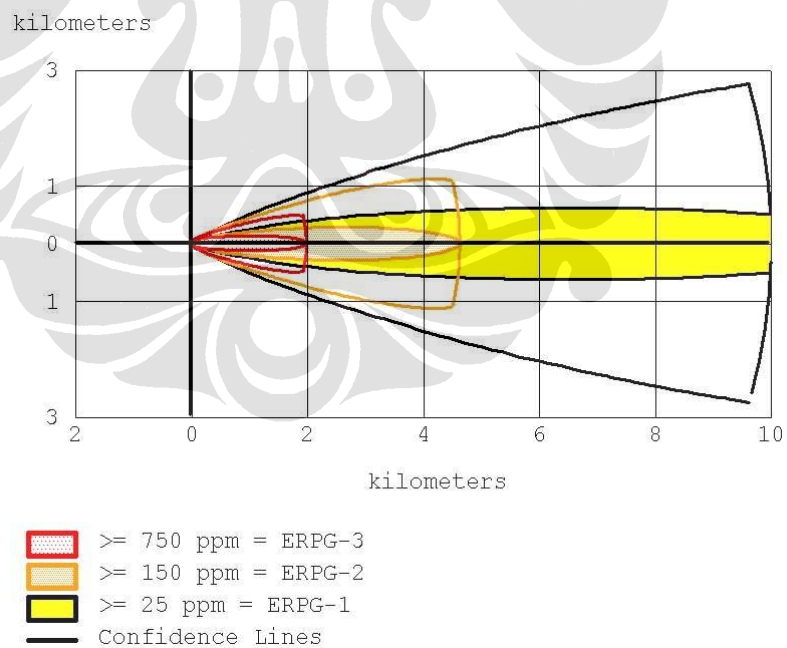
<p>SITE DATA:</p> <p>Location: PT. PUPUK KUJANG, CIKAMPEK, INDONESIA</p> <p>Building Air Exchanges Per Hour: 0.69 (unsheltered single storied)</p> <p>Time: June 20, 2009 0509 hours ST (user specified)</p>
<p>CHEMICAL DATA:</p> <p>Chemical Name: AMONIA Molecular Weight: 17.03 g/mol</p> <p>ERPG-1: 25 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 750 ppm</p> <p>IDLH: 300 ppm LEL: 160000 ppm UEL: 250000 ppm</p> <p>Ambient Boiling Point: -33.5° C</p> <p>Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm</p> <p>Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%</p>
<p>ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)</p> <p>Wind: 3 meters/second from se at 3 meters</p> <p>Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths</p> <p>Air Temperature: 33° C Stability Class: D</p> <p>No Inversion Height Relatif Humidity: 25%</p>
<p>SOURCE STRENGTH:</p> <p>Evaporating Puddle (Note: chemical is flammable)</p> <p>Puddle Area: 7763 square meters Puddle Volume: 7920 cubic meters</p> <p>Ground Type: Moist sandy soil Ground Temperature: 33° C</p> <p>Initial Puddle Temperature: -33.5° C</p> <p>Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour</p> <p>Max Average Sustained Release Rate: 9,620 kilograms/min</p> <p>(averaged over a minute or more)</p> <p>Total Amount Released: 272,574 kilograms</p>

6.4.3.3 Evaporation Rate



Gambar 30. Evaporation skenario Rate Over pressure annulus

6.4.3.4 Pemodelan Threat Zone ALOHA

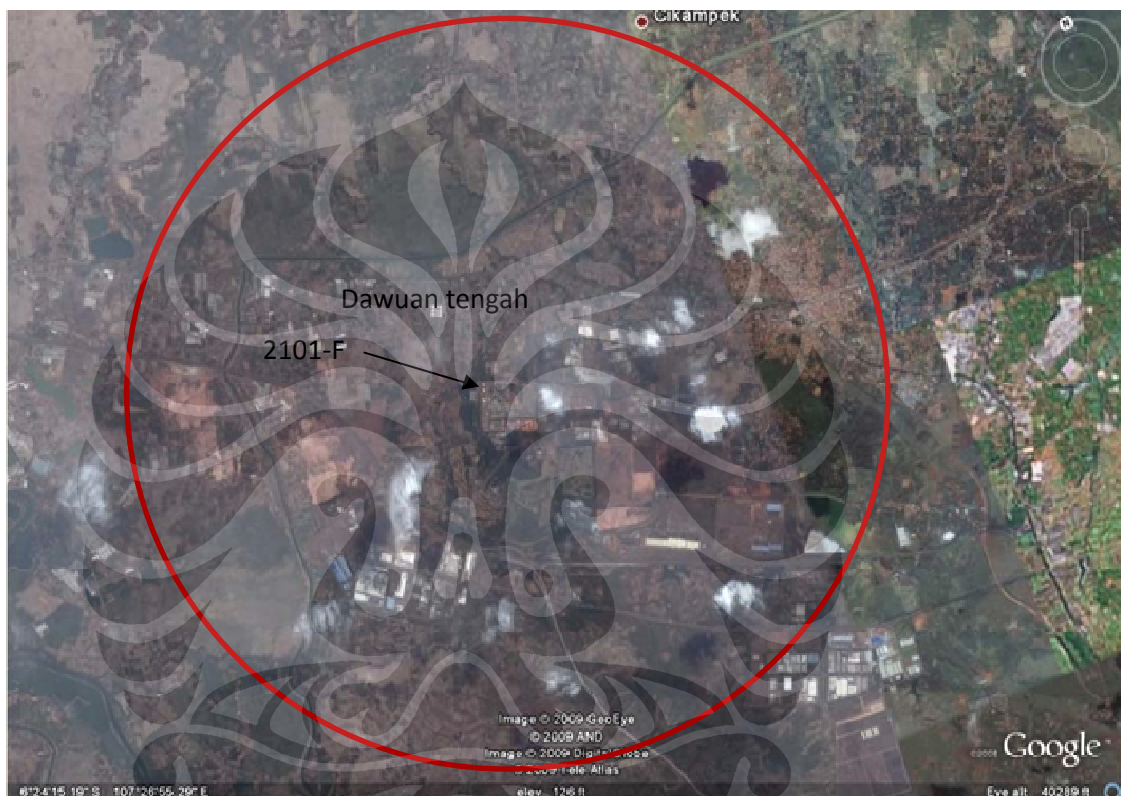


Gambar 31. Dispersi skenario Over pressure annulus

Sumber : ALOHA

6.4.4 Proyeksi *threat zone* menggunakan *google earth*

Dari tiga *skenario* yang diasumsikan, dilakukan pemodelan *threat zone* dengan *ALOHA*, pada emisi dengan kadar 750 ppm dari ketiga *skenario* tersebut. Pada *skenario* kebocoran akibat pembetukan es area dan *over pressure annulus threat zone area threat zone* yang tercipta memiliki diameter 2 km, pada *skenario over pressure, threat zone* mencapai 2,5 km.



Gambar 32. Threat Zona Dengan Konsentrasi >750 Ppm (diolah kembali)

Sumber : www.googleearth.com (3 mei 2009)

Dari hasil pemodelan *threat zone* diatas maka area kelurahan yang terancam adalah dawuan tengah (17.864 jiwa) dan seluruh area PT. Pupuk Kujang (945 jiwa). Maka dapat disimpulkan jika terjadi *skenario* kebocoran storage tank maka akan mengancam sekitar 12.000 jiwa.

6.4.5 Prosedur Keadaan Gawat Darurat di PT Pupuk Kujang Cikampek

6.4.5.1 Keadaan Darurat

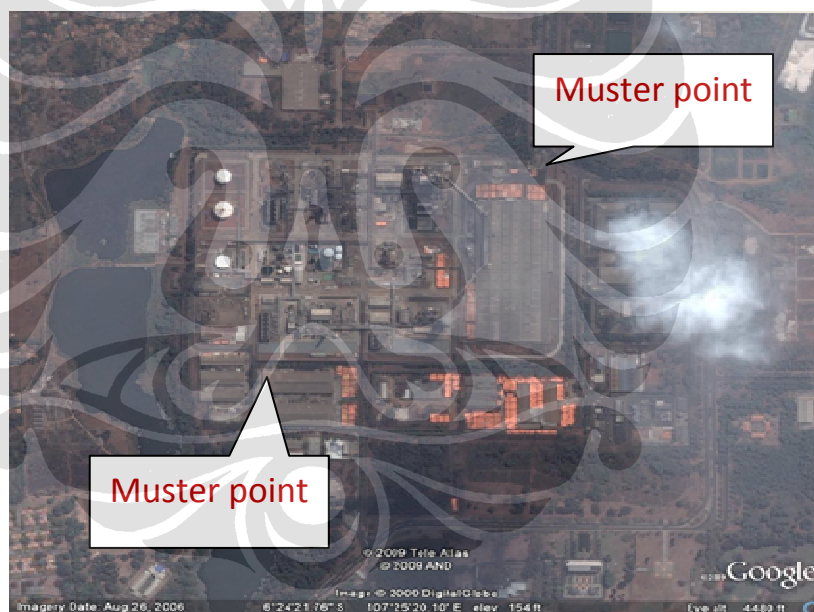
Keadaan darurat di PT. Pupuk Kujang didefinisikan sebagai keadaan yang membahayakan manusia disekitar instalasi dimana perlu penanganan khusus dan tidak dapat ditangani secara biasa oleh personel yang ada.

Pabrik dinyatakan dalam keadaan darurat apabila:

- a. Terjadi bocoran amonia dalam jumlah yang besar
- b. Terjadi kebakaran atau ledakan pada salah satu unit pabrik

6.4.5.2 Evakuasi

Adalah proses meninggalkan tempat dari lokasi kejadian ke tempat yang dianggap cukup aman (*Muster point*) untuk menyelamatkan diri dari ancaman bahaya.



Gambar 33. Muster Point (diolah kembali)

Sumber : www.googleearth.com (3 mei 2009)

6.4.5.3 Tanda Keadaan Darurat

Tanda keadaan darurat berupa bunyi sirine, adapun bunyi sirine tersebut adalah sebagai berikut:

- Tingkat I : bunyi sirine naik turun dengan periode 2x15 detik, selang waktu satu menit sebanyak tiga kali.
- Tingkat II : bunyi sirine naik turun dengan periode 6x15 detik, selang waktu satu menit sebanyak tiga kali.
- Tingkat III : bunyi sirine naik turun dengan periode tiap 15 detik, selama 15 menit
- Tingkat IV : bunyi sirine monoton (keadaan aman selama 60 detik)

6.4.5.3 Hal – hal yang harus dilakukan

- Perhatikan arah angin, dapat dilihat dari petunjuk arah angin (*wind direction*) yang ada disekitar tempat upacara.
- Bila tercium bau amonia, tutuplah hidung atau mulut dengan saputangan atau tisu basah atau dengan alat pelindung yang tersedia dan bernafaslah seperti biasa.
- Bergeraklah menuju arah yang menjauhi sumber atau tidak searah dengan arah angin.
- Segera masuk ke dalam kendaraan dan aktifkan *air conditioning* (AC) serta tutup jendela dengan rapat.
- Ikuti petunjuk para petugas.