

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Peneliti Sebelumnya

1. Faisal Aqlan dan Ebrahim Mustafa Ali (*Intergrating Lean Principles and Fuzzy Bowtie Analysis for Risk Assesment in Chemical Industry, 2014*). Jenis penelitian kualitatif deskriptif dengan pendekatan studi kasus di industri kimia. Dengan memanfaatkan *Lean Manufacturinhg* serta menggunakan metode *Fuzzy-Bowtie Analysis* untuk mengetahui dan mengukur tingkat risiko yang kemungkinan terjadi kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan *Bowtie Analysis* sehingga dapat diketahui penyebab dan dampak yang akan terjadi, selanjutnya mengukur skor nilai risiko dengan metode *fuzzy analysis* sehingga dapat diketahui kemungkinan terbesar risiko dalam kasus tersebut. Persamaan dengan penelitian tersebut adalah metode yang digunakan. Sedangkan perbedaan dengan penelitian tersebut adalah objek penelitian dan tidak menggunakan *FMEA* untuk memperkuat mitigasi risiko. Kesimpulan dari penelitian tersebut bahwa risiko dengan probabilitas tertinggi adalah risiko ergonomis kerja (0,95), risiko cedera pada karyawan (0,94), dan risiko paparan bahan beracun (0,94), sedangkan ditemukan tujuh risiko yang mengakibatkan perlu perbaikan berkelanjutan untuk mengurangi risiko tersebut.
2. Bimo Kukuh Wicaksono (*Analisis Penyebab, Risiko, dan Dampak dengan Menggunakan integrasi Fuzzy Bowtie Analysis dan usulan perbaikan pada Bengkel Sub Assembly Divisi Kapal Niaga PT. PAL INDONESIA, 2017*). Jenis penelitian kualitatif dengan pendekatan studi kasus, yang mana potensi

menganalisis potensi kecelakaan kerja. Hal tersebut untuk mengetahui tingkat probabilitas risiko, sebab serta dampak yang ditimbulkan dan akar permasalahan yang menyebabkan risiko pada bengkel sub *assembly* divisi kapal niaga PT. PAL INDONESIA. Penelitian tersebut menggunakan teknik analisis *bowtie* dengan diperkuat *fuzzy analysis* untuk mengukur tingkat risiko yang kemungkinan terjadi pada kasus tersebut. Persamaan penelitian tersebut terlihat dari metode yang digunakan sedangkan perbedaan penelitian tersebut terdapat pada objek penelitian dan metode *fishbone diagram* yang dilakukan untuk mencari penyebab risiko. Kesimpulan yang didapat, bahwa risiko tertinggi terdapat pada risiko produk tidak sesuai (0,96), risiko ergonomi kerja (0,88), dan risiko kebocoran bahan kimia (0,85). Secara keseluruhan hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa akar permasalahan yang menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja dalam proses produksi disebabkan oleh faktor manusia. Hal ini disebabkan rendahnya tingkat kesadaran terhadap keselamatan dan berbedanya latar belakang pendidikan karyawan bengkel.

3. Iyori Kharisma Muhammad (Analisis kinerja Berth Time kapal kargo muatan curah kering dan usulan perbaikannya di terminal Jambrud pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, 2017) jenis penelitian deskriptif dengan menggunakan pendekatan kualitatif yang bersifat studi kasus melalui pengumpulan data dari perusahaan dan proses analisis menggunakan metode *cause and effect diagram* dengan membagi 5 kategori yaitu *man/manusia*, *machine/mesin* dan fasilitas, *process/metode* dan proses, *environment/lingkungan*, dan *material/muatan*. Pada penelitian tersebut bertujuan menganalisis kinerja *Berth*

Time yang berhubungan dengan efektivitas dan efisiensi. Kinerja *Berth Time* dianalisis dengan menggunakan standart kinerja produktivitas (T/G/J) dan waktu efektif (ET : BT). Penelitian tersebut juga mengidentifikasi faktor – faktor yang mempengaruhi kinerja *Berth Time* dengan melakukan wawancara dan observasi langsung.

Tabel 2
Perbedaan dan Persamaan Penelitian Terdahulu
dengan Peneliti Sekarang

No.	Penelitian Terdahulu	Penelitian Sekarang	Persamaan	Perbedaan
1.	a. Nama : Faisal Aqlan dan Ebrahim Mustafa Ali	a. Nama : Diah Fitri Rahmatianti	-	Nama Peneliti
	b. Judul : <i>Intergrating Lean Principles and Fuzzy Bowtie Analysis for Risk Assesment in Chemical Industry</i>	b. Judul : Analisis Penyebab Tidak Tercapainya Standar (ET : BT) <i>Berthing Time</i> Pelayanan Kapal dengan Metode <i>Fuzzy Bowtie Analysis</i> di PT. Pelindo III Cabang Gresik	-	Judul dan Objek Penelitian
	c. Teknik Analisis : Pendekatan kualitatif dengan metode <i>fuzzy – bowtie Analysis</i>	c. Teknik Analisis : Pendekatan kualitatif dengan metode <i>fuzzy – bowtie Analysis</i>	Pendekatan kualitatif dengan metode <i>fuzzy – bowtie Analysis</i>	-
	d. Objek Penelitian : <i>Chemical industry,</i> Texas	d. Objek Penelitian : PT. Pelindo III Gresik	-	Jenis Lokasi
2.	a. Nama : Bimo Kukuh Wicaksono	a. Nama : Diah Fitri Rahmatianti	-	Nama Peneliti

	<p>b. Judul :</p> <p>Analisis Penyebab, Risiko, dan Dampak dengan Menggunakan integrasi <i>Fuzzy Bowtie Analysis</i> dan usulan perbaikan pada Bengkel Sub Assembly Divisi Kapal Niaga PT. PAL INDONESIA</p>	<p>b. Judul :</p> <p>Analisis Penyebab Tidak Tercapainya Standar (ET : BT) <i>Berthing Time</i> Pelayanan Kapal dengan Metode <i>Fuzzy Bowtie Analysis</i> di PT. Pelindo III Cabang Gresik</p>	-	Judul dan Objek Penelitian
	<p>c. Teknik Analisis : Pendekatan kualitatif dengan metode <i>fuzzy-bowtie Analysis</i></p>	<p>c. Teknik Analisis : Pendekatan kualitatif dengan metode <i>fuzzy – bowtie Analysis</i></p>	-	Teknik Analisis
	<p>d. Objek Penelitian : PT.PAL INDONESIA</p>	<p>d. Objek Penelitian : PT.Pelindo III Gresik</p>	-	Jenis Lokasi
3	<p>a. Nama :</p> <p>Iyori Kharisma Muhammad</p>	<p>a. Nama :</p> <p>Diah Fitri Rahmatianti</p>	-	Nama Peneliti
	<p>b. Judul :</p> <p>Analisis kinerja Berth Time kapal kargo muatan curah kering dan usulan perbaikannya di terminal Jambrud pelabuhan Tanjung Perak Surabaya</p>	<p>b. Judul :</p> <p>Analisis Penyebab Tidak Tercapainya Standar (ET : BT) <i>Berthing Time</i> Pelayanan Kapal dengan Metode <i>Fuzzy Bowtie Analysis</i> di PT. Pelindo III Cabang Gresik</p>	-	Judul dan Objek Penelitian
	<p>c. Teknik Analisis : Pendekatan kualitatif dengan metode <i>cause and effect diagram</i></p>	<p>c. Teknik Analisis : Pendekatan kualitatif dengan metode <i>fuzzy – bowtie Analysis</i></p>		

	d. Objek Penelitian : Terminal Jambrud Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya	d. Objek Penelitian : PT. Pelindo III Gresik	-	Jenis Lokasi
--	--	--	---	---------------------

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Definisi Pelabuhan

Pelabuhan merupakan tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas – batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan layanan jasa. Utamanya pelabuhan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi.

Menurut Lasse (2014:4) pelabuhan dapat diartikan juga sebagai area tempat kapal dapat melakukan kegiatan permuatan atau pembongkaran kargo, termasuk dalam area dimaksud suatu lokasi dimana kapal dapat antri menunggu giliran atau tunggu perintah aktivitas, pengertian Hopskins tentang pelabuhan mencakup lokasi perairan labuh jangkar merupakan bagian dari lingkungan kerja pelabuhan. Sedangkan jasa usaha kepelabuhanan memiliki arti segala sesuatu yang berkaitan dengan kegiatan penyelenggaraan pelabuhan dan kegiatan lainnya dalam melaksanakan fungsi pelabuhan untuk menunjang kelancaran, keamanan, ketertiban arus lalu lintas di pelabuhan.

2.2.2. Kinerja Operasional Pelabuhan

2.2.1.1. Kinerja Pelayanan Kapal

Indikator yang digunakan untuk menggambarkan tingkat kinerja pelayanan kapal adalah :

a. Waktu kapal di pelabuhan (*Trun Round Time*) TRT

Indikator ini digunakan untuk mengetahui berapa rata – rata lama kapal bersinggah di pelabuhan dihitung sejak kapal tiba sampai dengan kapal meninggalkan pelabuhan.

b. Waktu tunggu (*Waiting Time*) WT

Merupakan waktu yang digunakan kapal untuk menunggu pelayanan masuk atau keluar pelabuhan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor – faktor kesiapan pemanduan maupun kesiapan dermaga atau sebab – sebab lain yang ditimbulkan oleh pihak kapal itu sendiri. WT terdiri dari *Waiting Time Net* (WTN) dan *Postpone Time* (PT).

WT *Net* adalah selisih waktu yang merupakan waktu tunggu bagi kapal yakni selisih waktu antara ketika kapal meminta pelayanan pandu/pemanduan dengan kapal mulai bergerak masuk pelabuhan atau selisih antara waktu yang telah ditetapkan untuk kapal memasuki pelabuhan sampai dengan kapal bergerak masuk pelabuhan.

Sedangkan *Postpone Time*/PT adalah selisih waktu antara ketika kapal tiba di perairan pelabuhan dengan saat kapal mulai meminta pandu/pemanduan untuk memasuki/meninggalkan pelabuhan. Maka rumus *Waiting Time* secara keseluruhan adalah :

$$WT (gross) = WT (net) + Postpone Time (PT)$$

Dengan demikian untuk melihat tingkat kesiapan pemanduan dan pelayanan terbatas di pelabuhan, dapat menggunakan *WT (net)* sebagai tolak ukur dan sementara penggunaan *WT (gross)* adalah kurang tepat untuk menggambarkan tingkat pelayanan yang sebenarnya.

c. *Aproaching time (AT)*

Yakni waktu ketika kapal mulai bergerak memasuki pelabuhan sampai dengan kapal mulai bertambat di dermaga yang ditandai dengan saat terikatnya tali tambat pertama di dermaga (kapal masuk) dan waktu yang digunakan oleh kapal sejak lepas tali tambat sampai dengan saat meninggalkan perairan pelabuhan.

d. *Berthing time (BT)*

Berthing Time adalah waktu yang dipakai selama bertambat di dermaga untuk melakukan kegiatan bongkar muat yang dihitung sejak tali pertama terikat di dermaga sampai dengan lepasnya tali tambatan terakhir dari dermaga. *Berthing*

Time terdiri dari :

- a. $BT = ET + IT + NOT$
- b. $ET = \textit{Effective Time}$
- c. $IT = \textit{Idle Time}$
- d. $NOT = \textit{Non Operation Time}$
- e. $ET + NOT = \textit{Berth Working Time}$
- f. $BT = BWT + IT$

Effective Time (ET) Adalah waktu sesungguhnya (*Real Time*) yang dipakai oleh kapal selama bertambat di dermaga untuk berlangsungnya kegiatan bongkar muat. *Idle Time (IT)* adalah waktu yang terpakai oleh kapal selama bertambat di dermaga yang tidak digunakan untuk kegiatan bongkar muat dan berada di dalam jam kegiatan bongkar muat misalnya kegiatan yang terhenti karena hujan, sedangkan *Non Operating Time (NOT)* adalah kapal selama bertambat di dermaga yang berada di luar jam kegiatan bongkar muat misalnya saat istirahat untuk makan siang.

2.2.3. Risiko

Istilah risiko sudah biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari, namun menurut Djodosoedarso (1999:1) pengertian risiko secara ilmiah sampai saat ini masih beragam. Berikut ini pengertian risiko dan beberapa ahli, antara lain:

1. Risiko adalah suatu variasi dari hasil-hasil yang dapat terjadi selama periode tertentu (Arthur Williams dan Richard, M.H)
2. Risiko adalah ketidaktentuan (*uncertainty*) yang mungkin melahirkan kerugian (*loss*) (A. Abas Salim)
3. Risiko adalah ketidakpastian atas terjadinya suatu peristiwa (Soekarno)
4. Risiko merupakan penyebaran penyimpangan hasil aktual dari hasil yang diharapkan (Herman Darmawi)
5. Risiko adalah probabilitas sesuatu hasil atau *outcome* yang berbeda dengan yang diharapkan (Herman Darmawi)

Dari definisi-definisi tersebut, Djodosoedarso (1999:2) menyimpulkan bahwa risiko selalu dihubungkan dengan kemungkinan terjadinya sesuatu yang

merugikan yang tidak terduga atau tidak diinginkan. Jadi risiko merupakan ketidakpastian atau kemungkinan terjadinya sesuatu, yang sudah terjadi akan mengakibatkan kerugian. Dengan demikian risiko mempunyai dua karakteristik, yaitu ketidakpastian terjadinya suatu peristiwa dan ketidakpastian yang bila terjadi akan menimbulkan kerugian. Ketidakpastian akan risiko dapat muncul karena adanya keterbatasan informasi yang tersedia dan keterbatasan pengetahuan atau kemampuan perencana untuk pengambilan keputusan. Wujud dari risiko dapat bermacam-macam, antara lain kerugian atas harta milik/kekayaan, penderitaan seseorang. Tanggung jawab hukum, dan kerugian karena perubahan keadaan pasar.

2.2.4. Risk Management

Menurut Larson dan Gray (2011:210) *risk management* adalah suatu aktivitas untuk mengenali dan mengatur kejadian tidak terduga yang mungkin terjadi, dan mengidentifikasi berbagai macam risiko kejadian dan menimalkan dampaknya. Sedangkan menurut Waring dan Glendon (2002) *risk management* dapat didefinisikan sebagai aktivitas yang bertujuan untuk mengeliminasi, mengurangi dan mengontrol risiko murni dan menguatkan utilitas atau keuntungan dari risiko spekulatif. Sebuah organisasi dapat mengalami kerugian karena adanya efek kumulatif dari kejadian-kejadian kecil. Kerugian ini dapat memengaruhi kesehatan dan keamanan dari pekerja, kerusakan pabrik, peralatan, lingkungan, produk atau bahkan aset finansial. Selain itu kerugian dapat berpengaruh terhadap faktor-faktor yang tidak terlihat status/posisi perusahaan, kehilangan pangsa pasar, kehilangan kepercayaan pelanggan, dan kehilangan moral pekerja.

Menurut Larson dan Gray (2011:213) proses *risk management* dimulai dari identifikasi risiko, pengukuran risiko, pengembangan risiko, dan kontrol respon risiko. Agar lebih mudah memahami cakupan dari *risk management*, Waring dan Glendon (2002) membaginya menjadi empat dimensi utama.

1. Hazard or threats

Secara umum *hazard* berhubungan dengan risiko murni seperti kesehatan, keselamatan dan lingkungan, sedangkan *threat* keamanan dan beberapa risiko spekulatif lainnya (bisnis, investasi, keuangan, sumber daya manusia, pemasaran)

2. Risk Content

Dimensi ini berhubungan dengan dimana risiko itu dirasakan, secara umum dibagi menjadi *inner* dan *outer*. *Inner* seperti struktur organisasi, sumber daya, budaya, dan lain-lain. Sedangkan *outer* berhubungan dengan lingkungan organisasi seperti ekonomi, pasar, kebijakan publik, politik, dan lain-lain.

3. Risk Management Objectives

Risk Management dapat membantu perusahaan dalam mengurangi biaya dan meningkatkan kemungkinan dari suksesnya sebuah bisnis. Tujuan dari *risk management* dapat dirangkum menjadi mengeliminasi, mengurangi, dan mengontrol risiko murni dan menguatkan utilitas atau keungungan dari risiko spekulatif.

4. Risk Management Methods

Management system model yang menunjukkan kerangka berfikir untuk mengaitkan dengan *risk management process* menjadi tiga tahap yaitu:

a. *Hazard threat identification*

Identifikasi disini berguna agar organisasi dapat menentukan langkah yang tepat dan menjawab beberapa pertanyaan seperti “Apa yang menyebabkan bahaya, seberapa besar kemungkinan dari bahaya itu akan terjadi?” menjadi “Bagaimana dampak yang ditimbulkan dan apakah risiko itu dapat diterima?”

b. *Risk analysis dan assesment*

Sebagai salah satu komponen dalam sistem manajemen, *risk assesment* adalah tahapan penting untuk memberi pembobotan/prioritas untuk menciptakan aturan, strategi, dan tujuan dalam organisasi. *Risk assesment* terbagi menjadi beberapa tahapan, pertama adalah estimasi risiko, evaluasi risiko, pengambilan keputusan dan strategi risiko.

c. *Risk strategies*

Berhubungan dengan beberapa pendekatan atau gabungan pendekatan untuk satu atau lebih risiko. Beberapa strategi yang dapat digunakan dalam menghindari, menunggu, mengurangi, mitigasi, memagik, menyimpan, dan membatasi.

2.2.5. Risk assesment

Menurut Waring dan glendon (2002;20), risk assesment adalah proses pengukuran kemungkinan dari sekumpulan kejadian, situasi, atau konsekuensi yang memiliki pengaruh terhadap organisasi. Metodologi risk assesment telah berkembang untuk menghadapi berbagai situasi, hal ini dikarenakan resiko bersifat multi-dimensi sehingga dibutuhkan pendekatan yang berbeda untuk melakukan risk assesment

terhadap berbagai macam resiko. Teknik pengukuran risiko dapat proses dalam risk assesment bersifat subjektif, hal ini dikarenakan keputusan yang diambil dari pendapat seseorang, meskipun hal itu merupakan pendapat ahli.

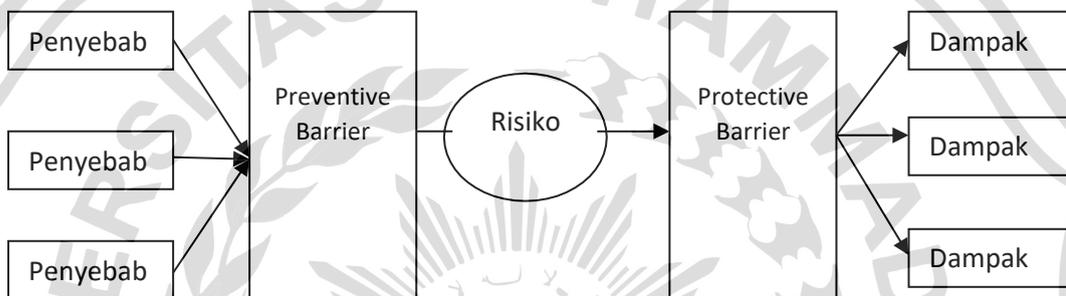
Risk assesment adalah peroses pengukuran bagaimana upaya dalam mengurangi risiko sudah tepat atau seberapa besar risiko tersebut, dan apakah risiko tersebut dapat diterima. Selain itu, dengan menggunakan prosedur *risk assesment* dapat bertujuan untuk mencari upaya untuk mengatasi risiko dan mengontrol risiko tersebut. Prosedur *risk assesment* dimulai dari *define, identify, analyze, estimate*, hingga *decide*.

2.2.6. Bowtie Analysis

Bowtie analysis merupakan teknik analisis yang digunakan untuk menganalisis skenario kecelakaan dengan tujuan memberikan penilaian peluang kejadian dan alur kejadian (Duijm, 2009). Alat ini bertujuan untuk mencegah, mengontrol, dan mengurangi kejadian yang tidak diinginkan melalui pengembangan hubunganlogika antara penyebab dan dampak dari kejadian yang tidak diinginkan (Dianous dan Fieve, 2006). *Bowtie* analysis menggabungkan dua analisis yang sudah ada, yaitu Fault Tree Analysis (FTA) dan Event Tree Analysis (ETA). Metode ini dapat menangani ketidakpastian pada FTA atau ETA karena menganalisis kedua sisinya dan berfokus pada penghambat (barrier) antara penyebab dengan risiko, serta antara risiko dengan dampaknya (Ferdous, 2013). Metode ini disebut *bowtie* karena diagramnya berbentuk seperti dasi kupu – kupu.

Menurut Aqlan (2014) dalam jurnalnya menyatakan bahwa diagram *bowtie* terbagi menjadi tiga bagian utama, yakni penyebab dan risiko berada dikiri,

kejadian risiko berada ditengah, dan dampak dari risiko berada dikanan diagram. Penahan risiko dibagi menjadi dua kategori : 1) *preventive barriers*, bertujuan untuk mengurangi probabilitas terjadinya risiko. Hal ini berarti preventive barriers berada diantara penyebab dan risiko. 2) *protective barriers*, berfungsi untuk mengurangi dampak dari terjadinya risiko, penahan ini berada diantara risiko dan dampaknya. Mitigasi risiko harus berfokus pada kedua penahan tersebut.



Sumber : Aqlan, Faisal dan Ebrahim Mustafa Ali. 2014. *Integrating lean principles and Fuzzy bowtie analysis for risk assesment in chemical Industry. Journal of Loss Prevention in Process Industries Vol 29: 39-48*

Gambar 1.1

Skema Bowtie Analysis

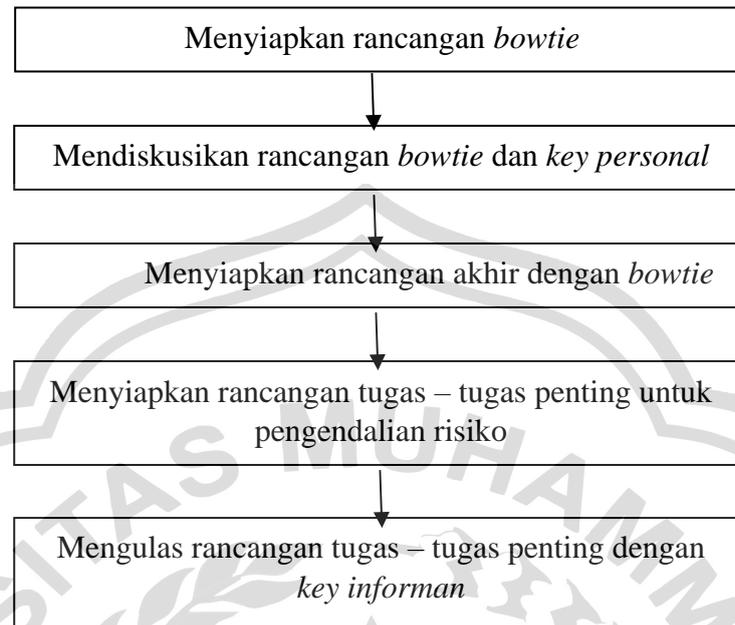
Bowtie analysis merupakan metode yang dianggap tepat sebagai alat manajemen risiko karena memiliki beberapa keuntungan (Ferdous, 2013), antara lain :

- a) Menyediakan gambaran grafis dari skenario kecelakaan.
- b) Menyediakan hubungan penyebab dan kemungkinan dampaknya.
- c) Menghubungkan kemungkinan akibat dari kejadian yang tidak diinginkan.
- d) Menyediakan panduan mulai dari penyebab dasar hingga dampak akhir.
- e) Menyediakan bantuan secara sistematis untuk membantu ahli dalam melakukan analisis risiko dan penelitian keselamatan.

2.2.6.1. Langkah – langkah *Bowtie Analysis*

Dalam sebuah pengembangan diagram *bowtie*, perusahaan harus melakukannya secara terstruktur untuk mendapatkan kualitas informasi dan penjelasan yang terbaik mengenai pengendalian risiko yang terjadi. Lewis dan Kris (2010) menjelaskan bagaimana membangun *bowtie analysis* yang efektif, penjelasan ini telah dikembangkan dan diperbaiki melalui pengalaman dalam berbagai perusahaan maupun industri :

1. Langkah pertama adalah mendapatkan informasi yang cukup saat melakukan identifikasi risiko dan kunjungan atau survey yang akhirnya dapat menciptakan rancangan awal diagram *bowtie*.
2. Menjadikan faktor penting untuk mendiskusikan rancangan awal diagram *bowtie* dengan pihak terkait seperti daribagian operasi, perawatan, keamanan, dan lain – lain. Dalam tahap ini akan tergambar jelas mengenai apa saja yang terjadi di lapangan.
3. Menetapkan diagram *bowtie* setelah rancangan awal diulas oleh pihak – pihak terkait.
4. Menyiapkan rancangan aktivitas – aktivitas dan tugas – tugas yang dapat mengontrol risiko yang ada pada diagram *bowtie*, seperti wawancara terstruktur saat melakukan kunjungan perusahaan dan mengulas diagram *bowtie* untuk mendapatkan informasi yang cukup.
5. Mengulas rancangan tugas dengan pihak – pihak terkait untuk memastikan bahwa informasi yang didapat itu akurat. Prosedur telah teridentifikasi dan memastikan bahwa tugas – tugas tersebut telah terverifikasi.



Sumber: Lewis, Steve dan Smith, Kris (2010). Lesson Learned from Real World Application of the *Bowtie* Method. *Journal of Process Safety*. Unpublished.

Gambar 2.1
Langkah – langkah bowtie Analysis

2.2.7. *Fuzzy Analysis*

Dalam melakukan sebuah pemecahan masalah, pengambilan harus dilakukan secara tepat. Namun serinkali terdapat ketidak jelasan dalam pengambilan keputusan. *Fuzzy* jika diterjemahkan kedalam bahasa Indonesia memiliki arti kabur, tidak jelas, atau ketidak pastian. Sejak ditemukan pertama kali oleh Lotfi A. Zadeh (1965), logika *fuzzy* telah digunakan pada lingkup permasalahan yang cukup luas, seperti kendali proses, klasifikasi dan pencocokan pola. Manajemen dan pengambil keputusan, riset operasi, ekonomi dan lain – lain.

Zadeh berpendapat bahwa teori probabilitas tradisional kurang efektif dalam menjelaskan berbagai macam ketidakjelasan karena kurangnya kemampuan ahli.

Sedangkan logika *fuzzy* mampu mengatasi kelemahan itu dan menjadi alat yang efektif dan efisien dalam menghadapi ketidakjelasan, seperti ketidaktepatan, ketidakjelasan, atau kurangnya pengetahuan (Ferdous et al.,2013)

Logika *fuzzy* menggunakan angka *fuzzy* untuk memanfaatkan hubungan numerik antara ketidakjelasan jumlah dan fungsi keanggotaan yang memiliki rentang antara 0 sampai dengan 1 (Ferdous et al.,2013). Saat ini logika *fuzzy* telah banyak diterapkan dalam perhitungan keselamatan dan analisis risiko, dan menjadi alat yang tepat dan diterima oleh banyak ahli khususnya dalam menghadapi ketidakjelasan. Berikut ini adalah alasan – alasan mengapa orang – orang menggunakan logika *fuzzy* (Kusumadewi, 2005) :

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap tahap – tahap yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi – fungsi nonlinier yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman – pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik – teknik kendali secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.

Metode logika *fuzzy* kemudian dikembangkan, menurut Aqlan dan Ebrahim (2014), logika *fuzzy* dapat digunakan sebagai metode lanjutan untuk mencari

agregat ataupun nilai dari variabel kata – kata menjadi sebuah angka dengan pemberian pembobotan. Sedangkan menurut Sahriar (2012), pemberian skala dalam logika *fuzzy* lebih fleksibel, hal ini dapat mempermudah peneliti untuk mengekspresikan variabel linguistik sesuai dengan kondisi yang terjadi. Dalam penelitian ini variabel linguistik dan angka *fuzzy* yang digunakan adalah :

Tabel 2.1 Variabel Linguistik dan Angka Fuzzy untuk Faktor Risiko

Variabel Penelitian	Angka Fuzzy	Fungsi Karakteristik dari Angka Fuzzy
Sangat Mungkin Terjadi	0.9	(0.7,0.9,1.0)
Mungkin Terjadi	0.7	(0.5,0.7,0.9)
Tidak Mungkin Terjadi	0.5	(0.3,0.5,0.7)
Sangat Tidak Mungkin Terjadi	0.3	(0.1,0.3,0.5)
Tidak Diharapkan	0.1	(0.0,0.1,0.3)

Sumber: Aqlan, Faisal dan Ebrahim Mustafa Ali. 2014. *Integrating lean principles and fuzzy bowtie analysis for risk assessment in chemical industry journal of loss prevention in the process industries. Vol 29: 39-48*

Dari tabel diatas, dapat diketahui bagaimana variabel linguistik (kata – kata) dari faktor – faktor yang diperoleh. Selanjutnya diberikan bobot guna menemukan nilai probabilitas dengan tahapan rumus sebagai berikut :

1. Mencari nilai minimum maupun maksimum *fuzzy* dari data yang diperoleh guna yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan standar deviasi minimum yang dilakukan dengan rumus :

$$\tilde{P}_i(t) = (\alpha_1 - c_{1i}, \alpha_i, \alpha_i + c_{2i})$$

2. Menentukan standar deviasi minimum dengan menggunakan rumus :

$$d_1 = 1/n \sum_{i=1}^n c_{1i} \text{ and } d_2 = 1/n \sum_{i=1}^n c_{2i}$$

3. Menentukan standar deviasi mutlak dengan menggunakan rumus :

$$b = \min_{1 \leq i \leq n} \alpha_i + \max_{1 \leq i \leq n} \alpha_i / 2$$

4. Menentukan rata – rata nilai atau agregat *fuzzy* (nilai probabilitas) dari data yang telah diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$\check{P}_A(t) = (b- d_1, b, b+ d_2)$$

Tabel 2.2 Variabel Linguistik dan Angka *Fuzzy* untuk Dampak Risiko :

Variabel Penilaian Linguistik	Angka <i>Fuzzy</i>	Fungsi Karakteristik dari Angka <i>Fuzzy</i>
Tinggi	9	(7,9,10)
Sedang	7	(5,7,9)
Rendah	5	(3,5,7)
Sangat Rendah	3	(1,3,5)
Tidak	1	(0,1,3)

Sumber : Aqlan, Faisal dan Ebrahim Mustafa Ali. 2014. Integrating lean principles and fuzzy bowtie analysis for risk assesment in chemical industry. Journal of loss prevention in the process Industries. Vol 29: 39-48

Tabel 2.2 Menunjukkan bagaimana variabel linguistik dari tingkatan dampak risiko yang terjadi dan diberikan bobot guna menemukan nilai dampak risiko yang terjadi. Rumus yang digunakan sama seperti sebelumnya, akan tetapi setelah menemukan nilai probabilitas dilanjutkan kembali dengan perhitungan sebagai berikut:

1. Menentukan probabilitas *fuzzy* dari risiko yang terjadi secara horizontal yang dihitung dengan rumus:

$$\hat{P}_k(t) = \prod_{i=1}^n \hat{P}_i(t) = \prod_{i=1}^n (a_{i1}, a_{i2}, a_{i3})$$

$$= \prod_{i=1}^n a_{i1}, \prod_{i=1}^n a_{i2}, \prod_{i=1}^n a_{i3}$$

2. Menghitung dampak akan risiko yang terjadi secara keseluruhan dengan menggunakan rumus :

$$\hat{L}_k = \frac{\sum_{j=1}^N \hat{p}_j(t) \otimes \hat{L}_j(t)}{\sum_{j=1}^N \hat{p}_j(t)}$$

Dari kedua hasil perhitungan diatas (nilai probabilitas dan dampak total), akan dikalkulasikan menjadi nilai risiko secara keseluruhan dimana risiko tersebut dikatakan tinggi jika nilai probabilitas dan dampak akan risiko yang terjadi secara keseluruhan ditemukan hasil yang sama yaitu sangat tinggi – sangat tinggi, sangat tinggi – tinggi, tinggi – sangat tinggi, dan tinggi – tinggi.

2.2.8. Integrasi Fuzzy – bowtie Analysis

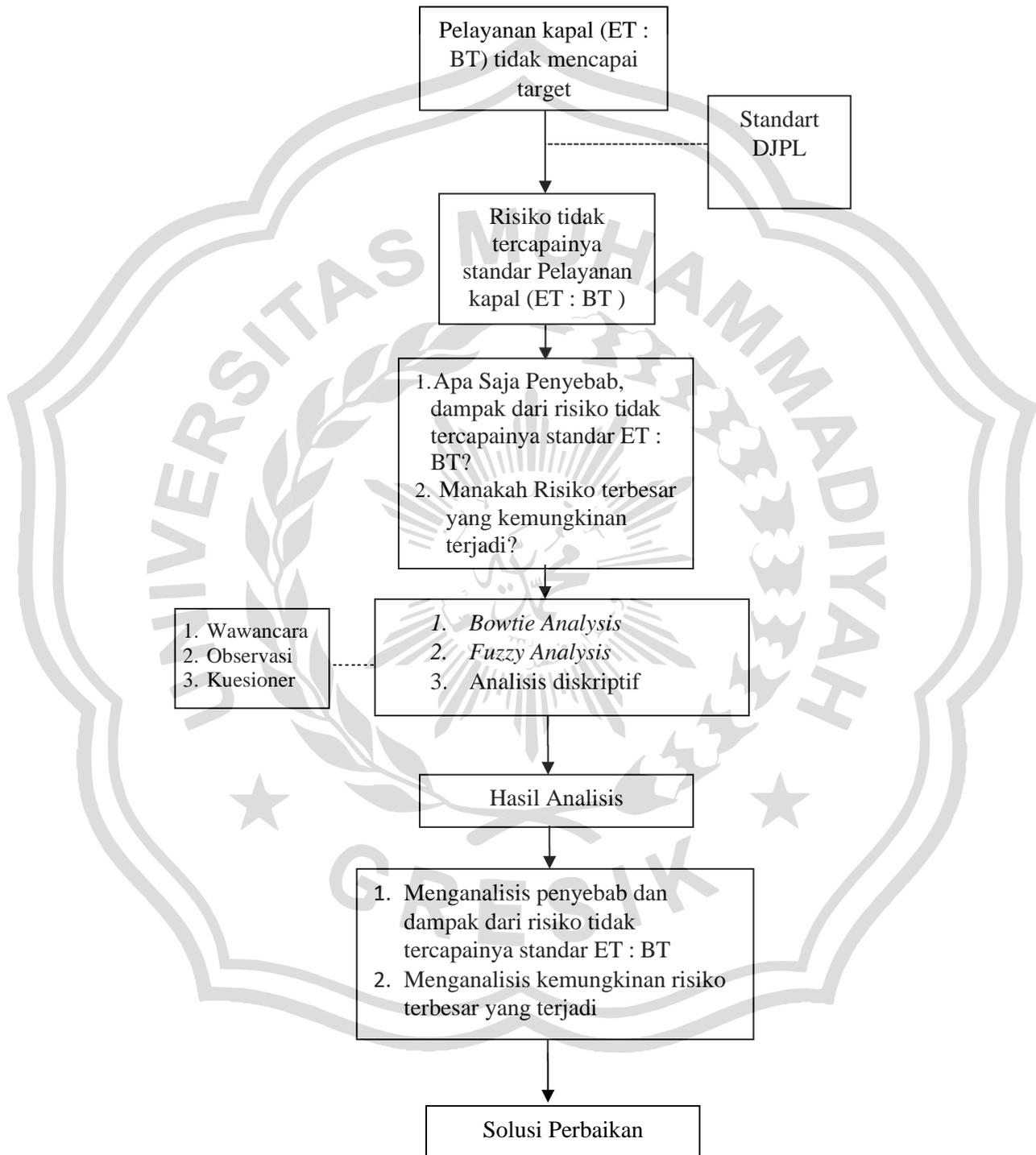
Pada analisis *bowtie*, terdapat dua sisi yaitu pada sisi kiri yang menjelaskan penyebab terjadinya risiko (*fault tree*) dan sisi kanan yang menjelaskan dampak dari risiko itu sendiri (*event tree*). Namun kelemahan dari *bowtie* adalah teknik analisis ini hanya sampai memberikan gambaran visual dari risiko, tidak ada data statistik yang menunjukkan risiko mana yang memiliki bobot paling tinggi. Hal ini disebabkan karena pendekatan *bowtie* tradisional tidak mampu menjelaskan ketidakjelasan yang ada dalam tiap risiko (Shahriar, 2012). Maka dari itu selanjutnya dikembangkanlah integrasi antara analisis *fuzzy* dan analisis *bowtie*.

Fuzzy dapat digunakan untuk menutupi kekurangan dari analisis *bowtie*, yaitu tidak dapat mengolah ketidakjelasan dalam estimasi risiko. Menurut

Aqlan(2014), integrasi *fuzzy bowtie* dilakukan dengan melakukan identifikasi penyebab risiko terlebih dahulu. Kemudian setiap penyebab risiko dihitung dengan *fuzzy* untuk diketahui besarnya probabilitas kejadian.



2.2.9. Kerangka Konseptual



Gambar 3
Kerangka Konseptual