

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab Tinjauan Pustaka ini akan dijelaskan mengenai teori-teori yang digunakan dalam penelitian yang meliputi *lean thinking*, prinsip kunci *lean thinking*, *lean assessment*, *lean radar chart* dan *fuzzy logic*.

#### **2.1. *Lean Thinking***

*Lean* adalah sebuah konsep dan metode pemikiran yang memiliki tujuan untuk meminimalkan penggunaan sumber daya yang ada dan memaksimalkan *customer value*. Dalam setiap aliran proses pasti akan terjadi pemborosan (*waste*). Untuk itu, *lean* berusaha untuk mengoptimalkan aliran produk di sepanjang *value stream* dari perusahaan hingga konsumen dengan mengeliminasi *waste* yang timbul di sepanjang proses. Metode *lean production* dipelopori oleh perusahaan Toyota di Jepang (Hines & Taylor, 2000). *Lean production* kini telah berkembang dan *lean thinking* telah diterapkan ke semua aspek *supply chain*, manajemen proyek, konstruksi, desain dan sebagainya (Melton, 2003 dalam Melton, 2005). Menurut Womack & Jones (1996) dalam Wahyuni (2016), mendefinisikan *lean thinking* sebagai “*way to specify value, line up value creating actions in the best sequence, conduct these activities without interruption whenever someone requests them, and perform them more and more effectively*”.

*Lean* adalah revolusi, tidak hanya sekedar tentang menggunakan alat atau mengubah sedikit langkah pada proses manufaktur. *Lean* adalah tentang perubahan menyeluruh untuk bisnis, tentang bagaimana *supply chain* beroperasi, bagaimana para direksi memimpin, bagaimana para manajer dan karyawan dalam mengatur dan melakukan pekerjaan hariannya (Melton, 2003 dalam Melton, 2005).

##### **2.1.1 Prinsip Kunci dari *Lean Thinking***

Kunci sukses dalam implementasi *lean* pada suatu bisnis dapat dilakukan secara optimal dengan mengimplementasikan prinsip-prinsip *lean*. Prinsip-prinsip inilah yang menjadi dasar suatu perusahaan dalam menentukan kebijakan

berdasarkan filosofi *lean* pada sistem bisnisnya. Menurut Thangrajoo & Smith (2015), prinsip kunci dari *lean thinking* meliputi:

1. Mengidentifikasi nilai yang ditentukan oleh pelanggan

Prinsip ini menekankan pada identifikasi *value* dari sudut pandang *customer*, karena *customer* yang akan menentukan *value* dari suatu produk atau jasa.

2. Mengoptimalkan aliran nilai

Untuk mengoptimalkan aliran nilai dibutuhkan tindakan spesifik dalam menciptakan produk tertentu melalui tugas manajemen kritis dari suatu bisnis.

Tugas manajemen kritis tersebut antara lain:

- a. Tugas Penyelesaian Masalah

Tugas ini terdiri dari proses kerja yang dilakukan untuk menemukan solusi dari masalah yang muncul mulai dari pembuatan desain konseptual hingga peluncuran produk.

- b. Tugas Manajemen Informasi

Terkait dengan koordinasi organisasi dari informasi yang berhubungan dengan proses pemesanan hingga pengiriman produk kepada *customer*.

- c. Tugas Transformasi Fisik

Berkaitan langsung dengan akuisisi dari transformasi material dan material menjadi produk jadi sampai pengiriman produk kepada *customer*.

3. Mengkonversi aliran nilai dengan mengendalikan dan menghilangkan *waste*

Konsep dasar ini adalah menciptakan *part* secara ideal satu unit dalam sekali waktu mulai dari material menjadi produk jadi sampai memindahkannya satu demi satu pada area kerja selanjutnya tanpa ada waktu tunggu antar stasiun kerja. Prinsip ketiga ini adalah pendahuluan dari aliran pada proses yang *value-added* yang tersisa setelah mengeliminasi *waste* pada *value stream*.

4. Mengaktifkan tarikan permintaan dengan menyinkronkan permintaan pelanggan dan arus informasi

Prinsip ini digunakan untuk memastikan *customer* menerima produk atau jasa ketika customer menginginkannya

5. Kesempurnaan semua proses dan layanan produk.

Prinsip ini mendorong perusahaan atau organisasi untuk terus melakukan perbaikan untuk mencapai kesempurnaan pada sistem bisnis yang dijalankan. Munculnya dorongan tersebut dari implementasi prinsip *lean thinking* dimana transparansi *value stream* meningkat.

## **2.2. *Lean Assessment***

Langkah pertama dari keseluruhan kerangka implementasi *lean* yang akan dilakukan yaitu *lean assessment*. Menurut Almomani, dkk., (2014) dalam Wahyuni (2016), *Lean assessment* memberikan kesempatan kepada perusahaan untuk melakukan *benchmark* terhadap kondisi perusahaan dari standar *lean*. Matriks yang digunakan dalam *lean assessment* memiliki beberapa karakteristik dasar sebagai berikut:

1. Terukur dan selaras dengan strategi objektif perusahaan dan *customer value*
2. Memungkinkan kontrol dan evaluasi kerja
3. Membantu dalam pemahaman skenario saat ini dan membantu mengidentifikasi kesempatan *improvement*
4. Mutakhir dan realistis

Ada beragam jenis data yang telah digunakan dalam penilaian *leanness*. Jenis data dapat diklasifikasikan dalam dua kategori berbeda yaitu kuantitatif dan kualitatif (Oleghe & Salonitis, 2018). Pada dasarnya telah banyak dikembangkan berbagai model *lean assessment* oleh beberapa peneliti, baik untuk *qualitative lean assessment* maupun *quantitative lean assessment*. Pada penelitian ini digunakan model pengukuran yang dikembangkan oleh Vinodh & Balaji (2011), Vimal & Vinodh (2013), Pakdil & Leonard (2014) dan Vidyadhar, dkk., (2016). Karena dimensi dan kriteria pengukuran yang dikembangkan merupakan ringkasan dari sejumlah model pengukuran yang dikembangkan oleh para peneliti dan dapat digunakan secara luas ke setiap perusahaan.

### 2.2.1 Kualitatif *Lean Assessment*

Kualitatif data merupakan jenis data yang tidak dapat diukur atau dikuantitatif secara langsung (Oleghe & Salonitis, 2018). Pada penelitian ini kualitatif *lean assessment* diadopsi dari Vinodh & Balaji (2011), Vimal & Vinodh (2013), Pakdil & Leonard (2014) dan Vidyadhar, dkk., (2016) yang berbasis pada dimensi *quality, customer, process, human resources, dan delivery & supplier.*

Berikut dimensi dan kriteria yang digunakan untuk melakukan kualitatif *lean assessment.*

**Tabel 2.1 Kriteria dari Dimensi *Quality* untuk Kualitatif *Lean Assessment***

<i>Quality</i>	Definisi	
<i>Reduction of non-value-added items</i>	Usaha-usaha untuk mengurangi <i>item</i> yang tidak bernilai tambah seperti <i>defect</i>	Vidyadhar, dkk., (2016)
<i>Culture</i>	Adanya komitmen terhadap budaya untuk terus meminimalisasi <i>waste</i>	
<i>Product information system</i>	Adanya informasi tertulis dan tidak tertulis (misal melalui <i>briefing</i> atau rapat) secara rutin pada area tertentu tentang kualitas	

Tabel 2.1 di atas menunjukkan kriteria-kriteria yang akan digunakan untuk melakukan kualitatif *lean assessment* pada dimensi *quality*, dimana terdapat 3 kriteria yang akan dipilih kemudian digunakan untuk melakukan *assessment.* Berikut ini merupakan kriteria yang akan digunakan untuk dimensi *customer*

**Tabel 2.2 Kriteria dari Dimensi *Customer* untuk Kualitatif *Lean Assessment***

<i>Customer</i>	Definisi	
<i>Incorporation of customer feedback mechnism</i>	Melakukan <i>follow up</i> (respon) pelanggan terkait dengan <i>feedback</i> dari kualitas atau pelayanan	Vidyadhar, dkk., (2016)
<i>Proper capture of customer requirement</i>	Kemampuan menjelaskan tentang keinginan atau kebutuhan pelanggan	

Kriteria untuk dimensi *customer* pada kualitatif *lean assessment* dimana terdapat 2 kriteria yang akan dipilih. Berikut ini merupakan kriteria yang akan digunakan untuk dimensi *process.*

**Tabel 2.3 Kriteria dari Dimensi *Process* untuk Kualitatif *Lean Assessment***

<b><i>Process</i></b>	<b>Definisi</b>	
<i>Effective usage of quality tools/techniques</i>	Perusahaan menggunakan teknik/ <i>tools</i> untuk mereduksi tidak konsistennya proses	Vidyadhar, dkk., (2016)
<i>Proper storage of tools</i>	Ketepatan penyimpanan peralatan produksi	
<i>Minimum idle time of machines</i>	Penerapan teknik/ <i>tools</i> untuk mengurangi waktu <i>setup</i> untuk seluruh proses produksi	
<i>Planning of work cells</i>	Perencanaan tata letak yang digunakan oleh perusahaan berbasis pada produk	
<i>Adoption of TPM</i>	Perusahaan menerapkan TPM	
<i>Value stream mapping</i>	Penggunaan <i>value stream mapping</i> pada sistem kerja	
<i>Effective product family formation</i>	Perusahaan menentukan konfigurasi produk yang akan di produksi	
<i>Utilization of work cells</i>	Pemanfaatan area kerja per <i>cell</i> manufaktur	Pakdil & Leonard (2014)
<i>Machine information systems</i>	Perusahaan memberikan informasi secara tertulis dan tidak tertulis (misal menempelkan catatan pemeliharaan dan berkomunikasi secara aktif dengan tenaga kerja) secara rutin	

Kriteria untuk dimensi *process* pada kualitatif *lean assessment* dimana terdapat 9 kriteria yang akan dipilih. Berikut ini merupakan kriteria yang akan digunakan untuk dimensi *human resources*.

**Tabel 2.4 Kriteria dari Dimensi *Human Resources* untuk Kualitatif *Lean Assessment***

<b><i>Human Resources</i></b>	<b>Definisi</b>	
<i>Employee involvement</i>	Keterlibatan tenaga kerja dalam memberikan pendapat /usulan	Vimal & Vinodh (2013)
<i>Employee empowerment</i>	Tenaga kerja menginisiasi upaya perbaikan produk/proses	Vinodh & Balaji (2011)
<i>Implementation of job rotation system</i>	Penerapan lintas fungsi/lintas departemen (rotasi pekerjaan) untuk tenaga kerja	
<i>Multi-skilled personnel</i>	Tenaga kerja memiliki banyak keterampilan	

Kriteria untuk dimensi *human resources* pada kualitatif *lean assessment* dimana terdapat 4 kriteria yang akan dipilih. Berikut ini merupakan kriteria yang akan digunakan untuk dimensi *delivery & supplier*.

**Tabel 2.5 Kriteria dari Dimensi *Delivery & Supplier* untuk Kualitatif *Lean Assessment***

<i>Delivery &amp; Supplier</i>	Definisi	
<i>Involvement of suppliers</i>	Keterlibatan <i>supplier</i> dalam menyelesaikan masalah, dan memberikan usulan terhadap kualitas bahan baku	Vidyadhar, dkk., (2016)
<i>Training to supplier</i>	Adanya program sertifikasi <i>supplier</i> untuk membangun hubungan jangka panjang	
<i>Supplier collaboration</i>	Keterlibatan <i>supplier</i> dalam perencanaan dan penentuan tujuan serta menganggap <i>supplier</i> sebagai <i>partner</i>	
<i>Demand driven production</i>	Perencanaan produksi ditentukan oleh permintaan	
<i>JIT Purchase &amp; Delivery</i>	Penerapan sistem <i>just in time</i> dalam penjualan dan pengiriman	
<i>Selection Supplier</i>	Pemilihan <i>supplier</i> dengan kualitas sebagai kriteria utama	Pakdil & Leonard (2014)

Kriteria untuk dimensi *delivery & supplier* pada kualitatif *lean assessment* dimana terdapat 6 kriteria yang akan dipilih.

Pendekatan yang digunakan untuk melakukan kualitatif *lean assessment* adalah variabel linguistik. Berikut variabel linguistik yang digunakan

**Tabel 2.6 Variabel Linguistik dan Fuzzy Number**

<i>Performance Rating</i>		<i>Importance Weighting</i>	
<i>Linguistic Variabel</i>	<i>Fuzzy Number</i>	<i>Linguistic Variabel</i>	<i>Fuzzy Number</i>
Worst (W)	(0, 0.5, 1.5)	Very Low (VL)	(0.0, 0.05, 0.15)
Very Poor (VP)	(1, 2, 3)	Low (L)	(0.1, 0.2, 0.3)
Poor (P)	(2, 3.5, 5)	Fairly Low (FL)	(0.2, 0.35, 0.5)
Fair (F)	(3, 5, 7)	Medium (M)	(0.3, 0.5, 0.7)
Good (G)	(5, 6.5, 8)	Fairly High (FH)	(0.5, 0.65, 0.8)
Very Good (VG)	(7, 8, 9)	High (H)	(0.7, 0.8, 0.9)
Excellent (E)	(8.5, 9.5, 10)	Very High (VH)	(0.85, 0.95, 1.0)

Lin, dkk., (2006)

### 2.3. Fuzzy Logic

Teori *fuzzy* adalah teori matematika dimana *fuzziness* didefinisikan sebagai ketidakjelasan atau ambiguitas yang terjadi dalam pendefinisian suatu konsep (Simmernann, 1996 dalam Wahyuni, 2016). Metode *fuzzy* telah digunakan di berbagai penelitian dan aplikasi bidang-bidang seperti ilmu matematika, industri, manufaktur, dan ilmu alam. Menurut Sahinidis (2004) dalam Wahyuni (2016),

Dalam melakukan optimasi ketidakpastian terdapat dua pendekatan yang bisa digunakan, yaitu:

1. Pendekatan stokastik, yaitu penggunaan fungsi probabilitas kontinyu untuk memodelkan ketidakpastian
2. Pendekatan *fuzzy*, yaitu memodelkan ketidakpastian dengan menggunakan *fuzzy set* atau *fuzzy numbers*

*Fuzzy logic* dikatakan sebagai logika baru yang lama karena konsep tentang *fuzzy logic* sudah ada sejak lama.. Beberapa alasan digunakan *fuzzy logic* (Kusumadewi, 2004) antara lain:

1. Konsep *fuzzy logic* mudah dimengerti
2. *Fuzzy logic* sangat fleksibel
3. *Fuzzy logic* memiliki toleransi terhadap data yang kurang tepat
4. *Fuzzy logic* mampu memodelkan fungsi nonlinear yang kompleks
5. *Fuzzy logic* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan
6. *Fuzzy logic* dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional
7. *Fuzzy logic* memudahkan antara para pakar dengan manajer

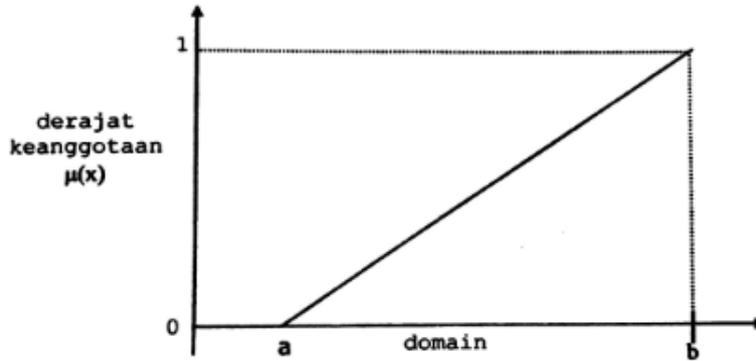
### **2.3.1 Fungsi Keanggotaan**

Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan (Kusumadewi, 2004).

#### **a. Representasi Linear**

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 keadaan himpunan fuzzy yang linear. Pertama, kenaikan himpunan

dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



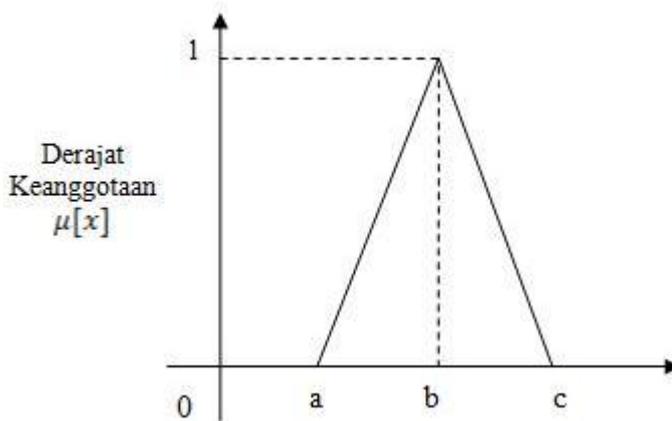
**Gambar 2.1 Representasi Linear Naik**

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \dots\dots\dots(2.1)$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear) seperti terlihat pada Gambar 2.2



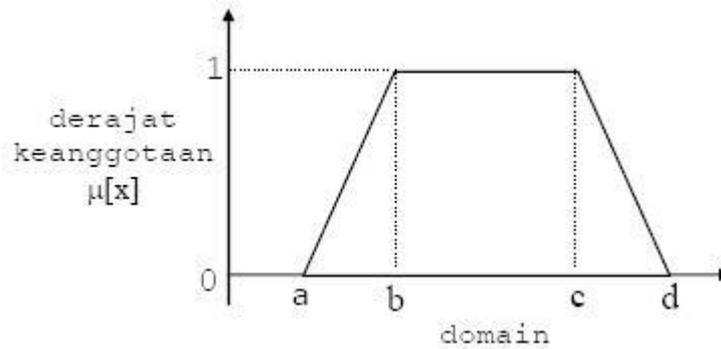
**Gambar 2.2 Kurva Segitiga**

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \dots\dots\dots(2.2)$$

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva Trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 :



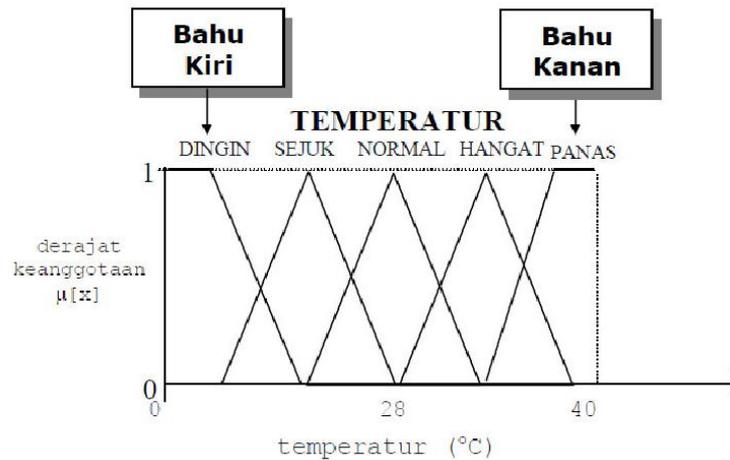
**Gambar 2.3 Kurva Trapesium**

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \end{cases} \dots\dots\dots(2.3)$$

d. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun (misalkan: DINGIN bergerak ke SEJUK bergerak ke HANGAT dan bergerak ke PANAS). Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Sebagai contoh, apabila telah mencapai kondisi PANAS, kenaikan temperatur akan tetap berada pada kondisi PANAS. Himpunan fuzzy ‘bahu’, bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah fuzzy. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Gambar 2.4 menunjukkan variabel TEMPERATUR dengan daerah bahunya.

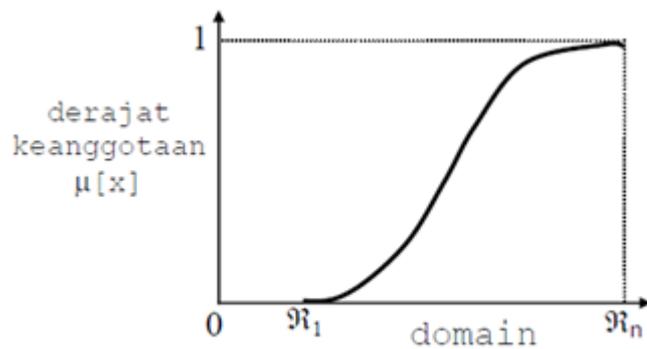


**Gambar 2.4 Daerah Bahu Pada Variabel TEMPERATUR**

e. Representasi Kurva-S

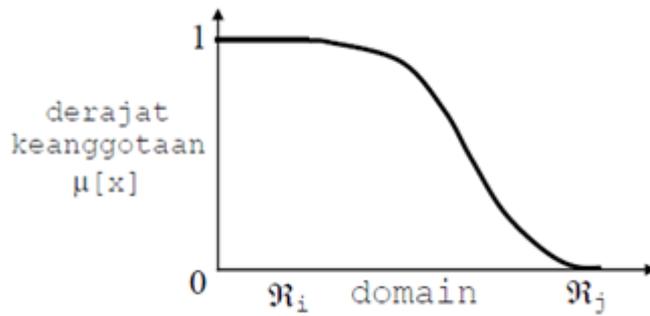
Kurva PERTUMBUHAN dan PENYUSUTAN merupakan kurva-S atau sigmoid yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara tak linear.

Kurva-S untuk PERTUMBUHAN akan bergerak dari sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) ke sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1). Fungsi keanggotaannya akan tertumpu pada 50% nilai keanggotaannya yang sering disebut dengan titik infleksi (Gambar 2.5)



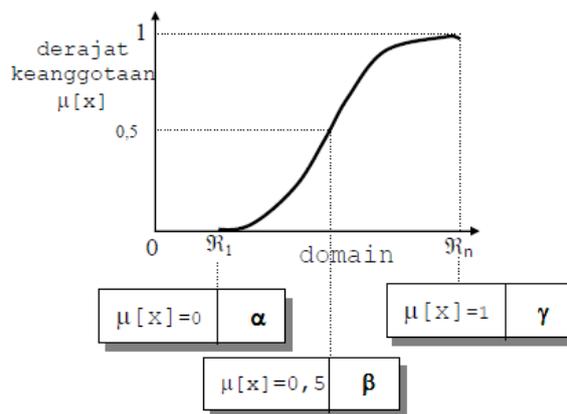
**Gambar 2.5 Himpunan Fuzzy dengan Kurva-S; Pertumbuhan**

Kurva-S untuk PENYUSUTAN akan bergerak dari sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1) ke sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) seperti terlihat pada (Gambar 2.6).



**Gambar 2.6 Himpunan fuzzy dengan Kurva-S; Penyusutan**

Kurva-S didefinisikan dengan menggunakan 3 parameter, yaitu: nilai keanggotaan nol ( $\alpha$ ), nilai keanggotaan lengkap ( $\gamma$ ), dan titik infleksi atau crossover ( $\beta$ ) yaitu titik yang memiliki domain 50% benar. Gambar 2.7 menunjukkan karakteristik kurva-S dalam bentuk skema.



**Gambar 2.7 Karakteristik Fungsi Kurva-S**

Fungsi keanggotaan pada kurva PERTUMBUHAN adalah :

$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0 & \rightarrow x \leq \alpha \\ 2 \left( \frac{x-\alpha}{\gamma-\alpha} \right)^2 & \rightarrow \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2 \left( \frac{\gamma-x}{\gamma-\alpha} \right)^2 & \rightarrow \beta \leq x \leq \gamma \\ 1 & \rightarrow x \geq \gamma \end{cases} \dots\dots\dots(2.4)$$

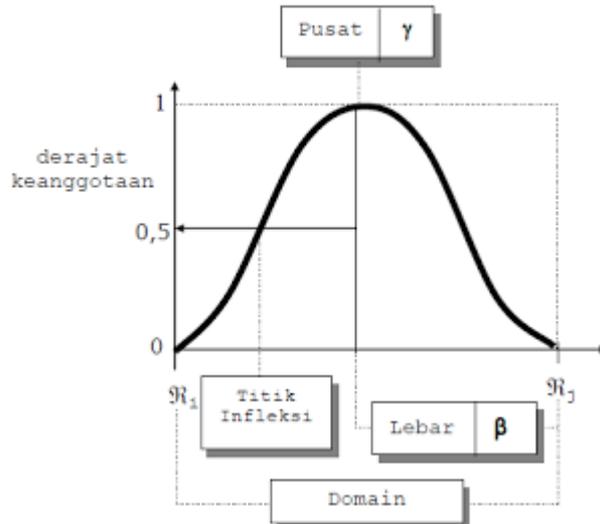
f. Representasi Kurva Bentuk Lonceng (*Bell Curve*)

Untuk merepresentasikan bilangan fuzzy, biasanya digunakan kurva berbentuk lonceng. Kurva berbentuk lonceng ini terbagi atas 3 kelas, yaitu:

himpunan fuzzy PI, beta, dan Gauss. Perbedaan ketiga kurva ini terletak pada gradiennya.

(i). Kurva PI

Kurva PI berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat dengan domain ( $\gamma$ ), dan lebar kurva ( $\beta$ ) seperti terlihat pada Gambar 2.11. Nilai kurva untuk suatu nilai domain x diberikan sebagai:



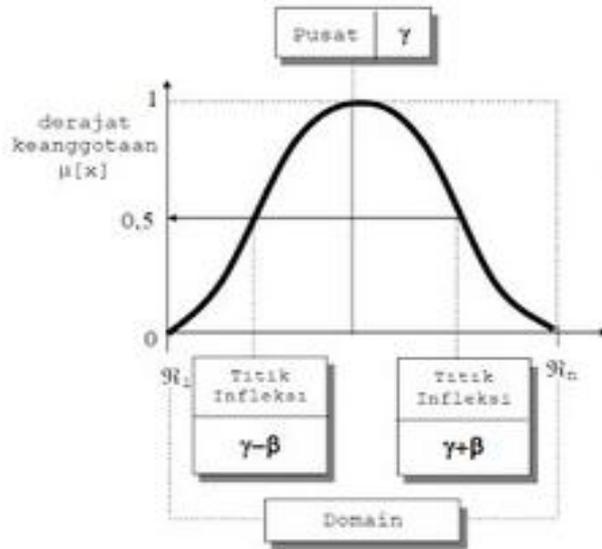
**Gambar 2.8 Karakteristik Fungsional Kurva  $\pi$ .**

Fungsi Keanggotaan :

$$\pi(x, \beta, \gamma) = \begin{cases} S\left(x; \gamma - \beta, \gamma - \frac{\beta}{2}, \gamma\right) & \rightarrow x \leq \gamma \\ 1 - S\left(x; \gamma, \gamma + \frac{\beta}{2}, \gamma + \beta\right) & \rightarrow x > \gamma \end{cases} \dots\dots\dots(2.5)$$

(ii). Kurva BETA

Seperti halnya kurva PI, kurva BETA juga berbentuk lonceng namun lebih rapat. Kurva ini juga didefinisikan dengan 2 parameter, yaitu nilai pada domain yang menunjukkan pusat kurva ( $\gamma$ ), dan setengah lebar kurva ( $\beta$ ) seperti terlihat pada Gambar 2.9. Nilai kurva untuk suatu nilai domain x diberikan sebagai:



**Gambar 2.9 Karakteristik Fungsional Kurva BETA**

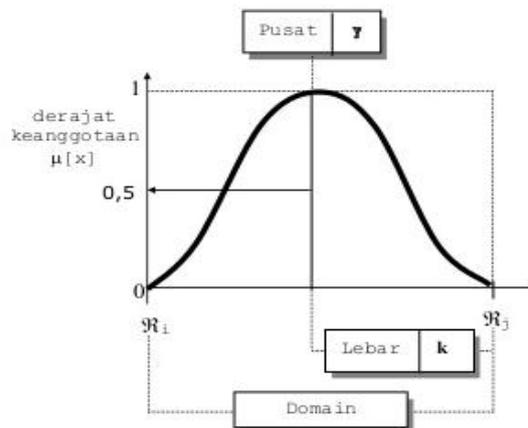
Fungsi Keanggotaan :

$$B(x; \gamma, \beta) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^2} \dots\dots\dots(2.6)$$

Salah satu perbedaan mencolok kurva BETA dari kurva PI adalah, fungsi keanggotaannya akan mendekati nol hanya jika nilai (β) sangat besar.

(iii). Kurva GAUSS

Jika kurva PI dan kurva BETA menggunakan 2 parameter yaitu (γ) dan (β), kurva GAUSS juga menggunakan (γ) untuk menunjukkan nilai domain pada pusat kurva, dan (k) yang menunjukkan lebar kurva (Gambar 2.10). Nilai kurva untuk suatu nilai domain x diberikan sebagai:



**Gambar 2.10 Karakteristik Fungsional Kurva GAUSS**

Fungsi Keanggotaan :

$$G(x; k, \gamma) = e^{-k(\gamma-x)^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

Definisi dasar yang digunakan pada *fuzzy logic* adalah sebagai berikut.

1. *Fuzzy set*  $\tilde{A}$  dalam suatu semesta X dicirikan dengan fungsi keanggotaan  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  yang berkaitan dengan tiap elemen  $x$  pada X, bilangan *real* dalam interval [0,1]. Nilai fungsi  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  menyatakan tingkatan dari keanggotaan  $x$  pada  $\tilde{A}$  (Zadeh, 1965 dalam Pakdil & Leonard, 2014).
2. Dikatakan  $\tilde{A}$  merupakan *fuzzy set* dan  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  merupakan fungsi keanggotaan untuk  $x \in \tilde{A}$ ,

Pada penelitian ini menggunakan pendekatan *fuzzy set* dan fungsi keanggotaan segitiga (*membeship function triangular*) karena dengan pendekatan tersebut diharapkan dapat menghasilkan pengukuran yang optimal dan merupakan gabungan antara 2 garis (linear). *Fuzzy set* adalah sekumpulan obyek  $x$  dengan masing-masing obyek memiliki nilai keanggotaan (*membeship function*) “ $\mu$ ” atau disebut juga dengan nilai kebenaran.

Berdasarkan definisi *fuzzy set* tersebut, kemudian dilakukan penentuan dan perhitungan *performance rating* dan *importance weighting* dengan variabel linguistik dan *fuzzy number* (Lin, dkk., 2006). Untuk menentukan *performance rating* dan *importance weighting* dengan variabel linguistik dapat dilihat pada (Lampiran 6).

Untuk menghitung *performance rating* dengan responden lebih dari satu digunakan rumus (Matawale, dkk., 2013):

$$\begin{aligned} a &= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N a_n & b &= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N b_n \\ c &= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N c_n & & \dots\dots\dots(2.8) \end{aligned}$$

Keterangan:

- a : Nilai atas *performance rating*
- b : Nilai tengah *performance rating*
- c : Nilai bawah *performance rating*
- n : Jumlah responden

Sedangkan untuk menghitung *importance weighting* dengan responden lebih dari satu digunakan rumus (Matawale, dkk., 2013):

$$\begin{aligned}
 w_1 &= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N w_{1n} & w_2 &= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N w_{2n} \\
 w_3 &= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N w_{3n} & & \dots\dots\dots(2.9)
 \end{aligned}$$

Keterangan:

- $w_1$  : Nilai atas *importance weighting*
- $w_2$  : Nilai tengah *importance weighting*
- $w_3$  : Nilai bawah *importance weighting*
- $n$  : Jumlah responden

Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung nilai *leanness* secara keseluruhan.

$$\text{(LEANNES index) } I = \frac{\sum_{i=1}^N R_i \times W_i}{\sum_{i=1}^N W_i} \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

- $R_i$  : Index kinerja untuk kemampuan *lean*
- $W_i$  : Index bobot kepentingan untuk kemampuan *lean*
- $N$  : Nomor untuk kemampuan *lean*

### 2.3.2 Perhitungan Pertama

$$LC_i = \frac{\sum_{j=1}^N W_{ij} \times R_{ij}}{\sum_{j=1}^N W_{ij}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

- $LC_i$  : Kemampuan *lean* dalam dimensi  $i^{\text{th}}$
- $N$  : Nomor untuk kemampuan *lean*
- $W_{ij}$  : Bobot kepentingan dalam kriteria  $j^{\text{th}}$  dimensi  $i^{\text{th}}$
- $R_{ij}$  : Tingkat kinerja dalam kriteria  $j^{\text{th}}$  dimensi  $i^{\text{th}}$

### 2.3.3 Defuzzy (Penegasan)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Berikut rumus defuzzifikasi *centroid* yang digunakan untuk nilai *leanness* (Kusumadewi, 2004):

$$\text{Defuzzifikasi Centroid} = \frac{a+b+c}{3} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan:

a: Nilai atas

b: Nilai tengah

c: Nilai bawah

### 2.3.4 Perhitungan Kedua

$$\text{FLI} = \frac{\sum_{i=1}^N W_i \times LC_i}{\sum_{i=1}^N W_i} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan:

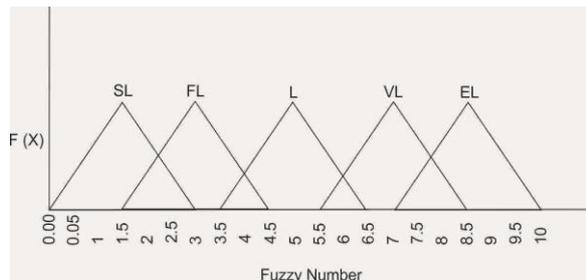
FLI : *Fuzzy leanness index*

N : Nomor untuk kemampuan *lean*

$W_i$  : Index bobot kepentingan untuk kemampuan *lean*

$LC_i$  : Kemampuan *lean* dalam dimensi  $i^{\text{th}}$

Setelah didapat hasil FLI kemudian dimasukkan ke dalam kurva *triangular*/segitiga, untuk mengetahui posisi FLI dalam level linguistik. Seperti pada gambar berikut.



**Gambar 2.11 Level Linguistik**

Pada penelitian ini digunakan metode *euclidean distance*. *Euclidean distance* adalah perhitungan jarak dari 2 buah titik dalam *euclidean space*. Untuk mempelajari hubungan antara sudut dan jarak yang digunakan pada 2 dimensi atau lebih. *Euclidean distance* direkomendasikan untuk digunakan karena metode ini mampu menghitung dan merepresentasikan terhadap kedekatan jarak (Lin, dkk., 2006). Berikut rumus yang digunakan dan variabel yang digunakan pada *euclidean distance*:

$$D(FLI, LL_i) = \{\Sigma(f_{FLI}(X) - f_{LL_i}(X))^2\}^{1/2} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan:

D (FLI, LL<sub>i</sub>) : *Euclidean distance* antara FLI dan LL<sub>i</sub>

FLI : *Fuzzy leanness index*

LL<sub>i</sub> : *Fuzzy number* dari *leanness level*

$f_{FLI}(X)$  : *Triangular fuzzy number* FLI

$f_{LL_i}(X)$  : *Triangular fuzzy number* LL<sub>i</sub>

**Tabel 2.7 Fuzzy Number untuk Tingkat Leanness Level**

<i>Leanness Level</i>	<i>Fuzzy Number</i>
<i>Extremely Lean (EL)</i>	(7, 8.5, 10)
<i>Very Lean (VL)</i>	(5.5, 7, 8.5)
<i>Lean (L)</i>	(3.5, 5, 6.5)
<i>Fairly Lean (FL)</i>	(1.5, 3, 4.5)
<i>Slowly Lean (SL)</i>	(0, 1.5, 3)

Vidyadhar, dkk., (2016)

### 2.3.5 Perhitungan Fuzzy Number

Berikut operasi perhitungan *fuzzy number* penambahan, pengurangan, perkalian dan pembagian (Lin, dkk., 2006). Dimana A1=(a<sub>1</sub>,b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>) dan A2=(a<sub>2</sub>,b<sub>2</sub>, c<sub>2</sub>).

- Pertambahan  $\oplus$ :

$$\begin{aligned} A1 \oplus A2 &= (a_1, b_1, c_1) \oplus (a_2, b_2, c_2) \\ &= (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2) \dots\dots\dots(2.15) \end{aligned}$$

- Pengurangan :

$$A1 \ominus A2 = (a_1, b_1, c_1) \oplus (a_2, b_2, c_2) \\ = (a_1 - c_2, b_1 - b_2, c_1 - a_2) \dots\dots\dots(2.16)$$

- Perkalian  $\otimes$ :

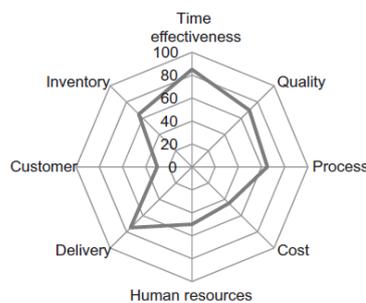
$$A1 \otimes A2 = (a_1, b_1, c_1) \otimes (a_2, b_2, c_2) \\ = (a_1 \times a_2, b_1 \times b_2, c_1 \times c_2) \dots\dots\dots(2.17)$$

- Pembagian :

$$A1 \oslash A2 = (a_1, b_1, c_1) \oslash (a_2, b_2, c_2) \\ = (a_1 / a_2, b_1 / b_2, c_1 / c_2) \dots\dots\dots(2.18)$$

#### 2.4. *Lean Radar Chart*

Menurut Pakdil & Leonard (2014), *lean radar chart* merupakan diagram yang digunakan untuk memvisualisasikan nilai dari hasil *lean assessment*. Manajer dapat dengan mudah melihat *leanness effort* dari perusahaan mereka dan dapat membandingkan dengan *chart* sejenis bahkan lintas industri dengan menggunakan *radar chart*. *Radar chart* digunakan untuk melakukan plot nilai *leanness* dari masing-masing kriteria performansi. Nilai yang mendekati titik pusat merepresentasikan bahwa performansi dari dimensi yang bersangkutan masih kurang dan perlu dilakukan *improvement*. Berikut contoh dari *lean radar chart qualitative lean assessment* terdiri dari *quality, process, human resources, delivery* dan *customer*. Sedangkan *lean radar chart quantitative lean assessment* terdiri dari *time effectiveness, quality, process, cost, human resources, delivery customer* dan *inventory*. (Gambar 2.12)



**Gambar 2.12 *Lean Radar Chart Quantitative dan Qualitative Lean Assessment* (Pakdil & Leonard, 2014)**

## 2.5. Penelitian Terdahulu

Dasar atau acuan yang berupa teori-teori atau temuan-temuan melalui hasil penelitian sebelumnya merupakan hal yang sangat perlu dan dapat dijadikan sebagai data pendukung. Penelitian terhadap *lean assessment* telah banyak dilakukan oleh para ahli baik dari akademika maupun praktisi. Salah satu penelitian tentang *lean assessment* juga ditulis oleh K. E. K. Vimal dan Sekar Vinodh (2013) yang berjudul “*Application of Artificial Neural Network for Fuzzy Logic Based Leanness Assessment*”. dalam penelitian tersebut dilakukan pada industri manufaktur trafo di India, dengan menggunakan tiga puluh kriteria. Kemudian melakukan *assessment* dengan *fuzzy number* atau *fuzzy set triangular*. Namun dalam penelitian ini penulis hanya menggunakan satu responden, sehingga tidak dijelaskan pengukuran *performance rating* dan *importance rating* jika menggunakan responden lebih dari 1. Setelah dilakukan simulasi terhadap model yang dikembangkan tersebut perusahaan dapat mengurangi *defect* sebesar 3,4%.

Penelitian *lean assessment* juga dilakukan oleh Fatma Pakdil dan Karen Moustofa Leonard (2014) yang berjudul “*Criteria for A Lean Organisation: Development of a lean Assessmet Tool*”. Penelitian ini dilakukan pada industri manufaktur dengan menggunakan lima dimensi yang digunakan dalam *lean assessment*. Lima dimensi tersebut terdiri dari *quality*, *process*, *human resources*, *delivery* dan *customer*. Kemudian melakukan *assessment* dengan *fuzzy logic*. Namun dalam penelitian ini penulis tidak memberikan contoh penggunaan dari model untuk *qualitative lean assessment*. Setelah dilakukan penelitian tersebut perusahaan mengetahui faktor kritis yang perlu dilakukan *improvement*.

Pada penelitian ini penulis melakukan *assessment* terhadap lima dimensi yang terdiri dari kualitas, pelanggan, proses, sumber daya manusia dan pengiriman & *supplier*, pada proses produksi *flat bar*. Langkah pertama yang dilakukan, yaitu menentukan kriteria pengukuran. Selanjutnya mengukur *importance weighting* dan *performance rating* dengan variabel linguistik. Setelah itu mengukur *lean assessment* dengan kriteria yang telah ditentukan dengan *fuzzy logic*. Untuk mempermudah pemahaman terhadap perbedaan dari penelitian Tugas Akhir, dilakukan rekap perbandingan sesuai dengan Tabel 2.8 berikut.

**Tabel 2.8 Rekap Perbandingan**

Penulis	Judul	<i>Fuzzy Logic</i>	Kriteria	Jumlah Responden	Fuzzy Set Triangular
K. E. K. Vimal dan Sekar Vinodh (2013)	<i>Application of Artificial Neural Network for Fuzzy Logic Based Leanness Assessment</i>	√	30	1	√
Fatma Pakdil dan Karen Moustofa Leonard (2014)	<i>Criteria for A lean Organisation: Development of A Lean Assessment Tool</i>	√	51	1	-
Nurul Mazidah (2018)	Mengukur Kinerja Penerapan <i>Lean</i> pada Industri Pengolahan Baja dengan Metode <i>Fuzzy Logic</i>	√	24	6	√