

IMPLEMENTASI FUZZY INFERENCE SYSTEM METODE TSUKAMOTO UNTUK MENENTUKAN RUMUS PENERIMAAN WASTE PAPER LOCAL

Haris Triono Sigit¹, Iqbal Fernando², Teja Laksana Putra³

¹Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Serang Raya

²Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Serang Raya

³Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Serang Raya

Jl. Raya Serang – Cilegon Km. 05 (Taman Drangong), Serang – Banten

E-mail: haris.t.sigit@gmail.com¹, iqbal.28nando@gmail.com², tejalaksanaputra@gmail.com³

ABSTRAKS

PT. XYZ membutuhkan 2 jenis bahan baku yaitu bahan baku Pulp dan bahan baku Kimia. Bahan baku untuk membuat Pulp terdiri dari 2 jenis yaitu serat alam (Virgin Pulp) dan serat sekunder (Waste Paper). Penggunaan serat sekunder dimaksudkan dalam rangka menghemat konsumsi sumber daya alam yang terbatas. Pihak perusahaan mendapatkan bahan baku Waste Paper baik dari dalam negeri maupun luar namun yang terbanyak adalah dari dalam negeri yang disebut Waste Paper Local. Sistem penerimaan Waste Paper Local menggunakan rumus yang selalu mengalami perubahan misalnya terhadap hasil cek QC yang selalu membingungkan pihak supplier dan pihak supplier mengeluhkan tingginya prosentase potongan yang diterima sehingga merasa dirugikan. Semua itu dikarenakan sifat dari perubahan rumus QC yang hanya diketahui oleh pihak perusahaan saja. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dilakukan perbandingan dengan melakukan pengujian menggunakan rumus Fuzzy Inference System Metode Tsukamoto dan juga rumus yang digunakan perusahaan. Hasil yang diperoleh adalah penghitungan menggunakan metode Tsukamoto bersifat adil dan tidak merugikan kedua belah pihak.

Kata Kunci: Fis Tsukamoto, Waste Paper Local, QC

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pembuatan kertas pada PT. XYZ menggunakan 2 jenis bahan baku yaitu bahan baku Pulp dan bahan baku Kimia. Bahan baku untuk membuat Pulp terdiri dari 2 jenis yaitu serat alam (Virgin Pulp) dan serat sekunder (Waste Paper). Penggunaan serat alam (Virgin Pulp) secara terus menerus akan mengakibatkan bertambah besarnya konsumsi sumber daya alam. Untuk mengurangi penggunaan serat alam (Virgin Pulp) dan sebagai upaya mengurangi polusi lingkungan, pihak perusahaan menggunakan serat sekunder (Waste Paper) sebagai bahan produksi Pulp. Waste Paper ini terdiri dari Waste Paper Local dan Waste Paper Import. Berdasarkan data penimbangan kendaraan pada kuartal pertama tahun 2014. Total kendaraan yang masuk lokasi PT. XYZ berjumlah 99.118 kendaraan, dengan total rata-rata setiap bulannya adalah 24.780 kendaraan. Dari jumlah total tersebut, Waste Paper Local menjadi penyumbang angka terbanyak, yaitu dengan 30.321 kendaraan pada kuartal pertama tahun 2014. Kemurnian dari Waste Paper Local sangat berbanding jauh jika dibandingkan Waste Paper Import sehingga bahan baku ini harus melalui proses pengecekan secara intensif. Dalam proses penerimaan Waste Paper Local, PT. XYZ selalu melakukan pembaharuan terhadap sistem yang sedang berjalan. Pembaharuan-pembaharuan tersebut, misalnya: cara penyusunan barang bagi kendaraan yang membawa lebih dari 1

jenis barang, perubahan rumus untuk cek Quality Control (selanjutnya disebut QC), modifikasi print out hasil penerimaan Waste Paper Local dan lain sebagainya. Perubahan rumus terhadap hasil cek QC selalu membingungkan pihak supplier dan pihak supplier mengeluhkan tingginya prosentase potongan yang diterima sehingga merasa dirugikan. Semua itu dikarenakan sifat dari perubahan rumus QC bersifat intern sehingga hanya pihak perusahaan saja yang mengetahui rumus yang digunakan untuk menghitung hasil cek QC.

Berdasarkan fakta diatas maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Bagaimana menentukan perumusan untuk penerimaan Waste Paper Local agar bisa menguntungkan kedua belah pihak?
- Bagaimana tingkat efektifitas Fuzzy Inference System metode Tsukamoto jika dibandingkan dengan perumusan dari perusahaan?

Tujuan yang hendak dicapai dengan adanya penelitian ini adalah:

- Menerapkan metode Tsukamoto dalam suatu perumusan untuk menghitung hasil test QC Waste Paper Local, yang bertujuan menguntungkan antara pihak perusahaan dan supplier.
- Melakukan analisis tingkat efektifitas perhitungan QC dengan menggunakan FIS metode Tsukamoto.

1.2 Referensi

1.2.1 Penerimaan Barang

Penerimaan barang adalah Menerima fisik barang dari pabrik, prinsipal atau distributor yang disesuaikan dengan dokumen pemesanan dan pengiriman dan dalam kondisi yang sesuai dengan persyaratan penanganan barangnya (www.academia.edu/4719101/Master_Plan_Logistics_Improvement). Penting untuk dipahami segala sesuatu yang berkaitan dengan penerimaan barang, dan penting pula memberikan instruksi yang jelas kepada tenaga staf mengenai penerimaan barang. Hal ini sering diabaikan, dan dapat mengakibatkan kerugian yang besar. Pekerjaan gudang pada tahap ini biasanya kurang mendapat penyeliaan (*supervision*) yang baik, padahal besar kemungkinannya dapat terjadi kecurangan (Warman, 2007:89).

1.2.2 Himpunan Fuzzy

Menurut Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo (2010) pada himpunan tegas (*Crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A(x)$, memiliki dua buah kemungkinan, yaitu:

- Satu(1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau
- Nol(0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Ada beberapa cara untuk menotasikan himpunan fuzzy, antara lain:

- Himpunan fuzzy ditulis sebagai pasangan berurutan, dengan elemen pertama menunjukkan nama elemen dan elemen kedua menunjukkan nilai keanggotaannya.
- Apabila semesta X adalah himpunan yang diskret, maka himpunan fuzzy \tilde{A} dapat dinotasikan sebagai:

$$\tilde{A} = \mu_{\tilde{A}}(x1)/x1 + \mu_{\tilde{A}}(x2)/x2 + \dots + \mu_{\tilde{A}}(xn)/xn \quad (1)$$

Tanda Σ bukan menotasikan operasi penjumlahan seperti yang dikenal pada aritmetika, tetapi melambangkan keseluruhan unsur-unsur $x \in X$ bersama dengan fungsi keanggotaan $\mu_{\tilde{A}}(x)$ dalam himpunan fuzzy \tilde{A} . Tanda $+$ bukan menotasikan penjumlahan, tetapi melambangkan pemisahan antara keanggotaan elemen himpunan fuzzy \tilde{A} dan fungsi keanggotaan yang lain. Tanda $/$ juga bukan lambang pembagian yang dikenal dalam kalkulus, tetapi melambangkan hubungan antara satu elemen himpunan fuzzy \tilde{A} dan fungsi keanggotaannya.

- Apabila semesta X adalah himpunan yang kontinu maka himpunan fuzzy \tilde{A} dapat dinotasikan sebagai:

$$\tilde{A} = \int X \mu_{\tilde{A}} X / X \quad (2)$$

Tanda \int bukan lambang integral seperti dalam kalkulus, yang menotasikan suatu integrasi, melainkan keseluruhan unsur-unsur titik $x \in X$ bersama dengan fungsi keanggotaan $\mu_{\tilde{A}}(x)$ dalam himpunan fuzzy \tilde{A} . Tanda $/$ juga bukan lambang pembagian yang dikenal dalam kalkulus, tetapi melambangkan hubungan antara satu elemen x pada himpunan fuzzy \tilde{A} dengan fungsi keanggotaannya.

1.2.3 Metode Tsukamoto

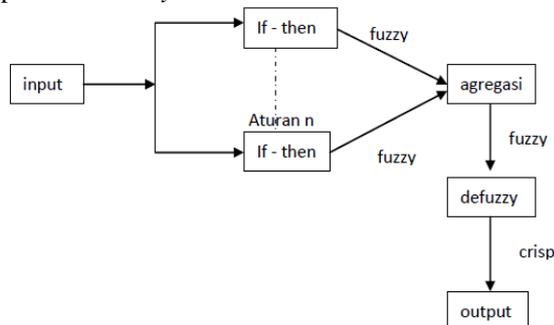
Menurut Sri kusumadewi dan Hari Purnomo (2010), pada Metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *IF-Then* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *Fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*Crisp*) berdasarkan α -predikat (*Fire Strength*). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot.

Inferensi adalah proses penggabungan banyak aturan berdasarkan data yang tersedia. Komponen yang melakukan inferensi dalam sistem pakar disebut mesin inferensi. Dua pendekatan untuk menarik kesimpulan pada *IF-THEN rule* (aturan Jika-Maka) adalah *Forward Chaining* dan *Backward Chaining* (Turban dkk, 2005:726).

Forward Chaining mencari bagian JIKA terlebih dahulu. Setelah semua kondisi dipenuhi, aturan dipilih untuk mendapatkan kesimpulan. Jika kesimpulan yang diambil dari keadaan pertama, bukan dari keadaan yang terakhir, maka ia akan digunakan sebagai fakta untuk disesuaikan dengan kondisi JIKA aturan yang lain untuk mendapatkan kesimpulan yang lebih baik. Proses ini berlanjut hingga dicapai kesimpulan akhir.

Backward Chaining adalah kebalikan dari *Forward Chaining*. Pendekatan ini dimulai dari kesimpulan dan hipotesis bahwa kesimpulan adalah benar. Mesin inferensi kemudian mengidentifikasi kondisi JIKA yang diperlukan untuk membuat kesimpulan benar dan mencari fakta untuk menguji apakah kondisi JIKA adalah benar. Jika semua kondisi JIKA adalah benar, maka aturan dipilih dan kesimpulan dicapai. Jika beberapa kondisi salah, maka aturan dibuang dan aturan berikutnya digunakan sebagai hipotesis kedua. Jika tidak ada fakta yang membuktikan bahwa semua kondisi JIKA adalah benar atau salah, maka mesin inferensi terus mencari aturan yang kesimpulannya sesuai dengan kondisi JIKA yang tidak diputuskan untuk bergerak satu langkah ke depan memeriksa kondisi tersebut. Proses ini berlanjut hingga suatu set aturan didapat untuk mencapai kesimpulan atau untuk membuktikan tidak dapat mencapai kesimpulan.

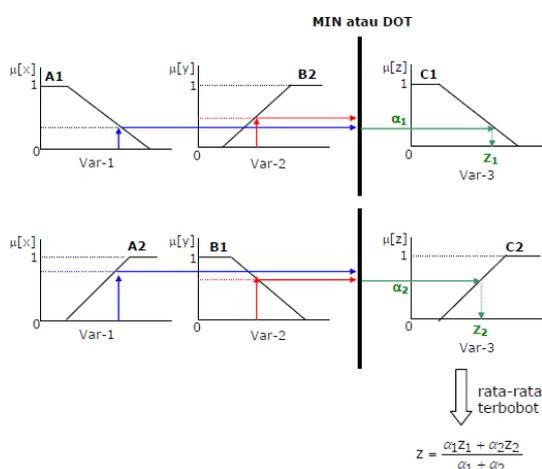
Menurut Sri Kusumadewi dan Sri Hartati (2006) Sistem Inferensi Fuzzy merupakan suatu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan Fuzzy, aturan Fuzzy yang berbentuk IF-THEN, dan penalaran Fuzzy.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem Inferensi Fuzzy menerima input Crisp. Input ini kemudian dikirim ke basis pengetahuan yang berisi n aturan Fuzzy dalam bentuk IF-THEN. Fire Strength (nilai keanggotaan anteseden atau α) akan dicari pada setiap aturan. Apabila aturan lebih dari satu, maka akan dilakukan agregasi semua aturan. Selanjutnya pada hasil agregasi akan dilakukan Defuzzy untuk mendapatkan nilai Crisp sebagai output sistem. Salah satu metode FIS yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan adalah metode Tsukamoto. Berikut ini adalah penjelasan mengenai metode FIS Tsukamoto.

Pada metode Tsukamoto, implikasi setiap aturan berbentuk implikasi “Sebab-Akibat”/Implikasi “Input-Output” dimana antara anteseden dan konsekuen harus ada hubungannya. Setiap aturan direpresentasikan menggunakan himpunan-himpunan Fuzzy, dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Kemudian untuk menentukan hasil tegas (Crisp Solution) digunakan rumus penegasan (Defuzifikasi) yang disebut “Metode rata-rata terpusat” atau “Metode Defuzifikasi rata-rata terpusat (Center Average Defuzzifier).



Gambar 2. Inferensi menggunakan metode Tsukamoto

1.2.4 Unified Modeling Language (UML)

Menurut Shalahuddin dan Rosa (2011), UML merupakan standar bahasa yang banyak digunakan di dunia industri untuk mendefinisikan requirement, membuat analisis dan desain, serta menggambarkan arsitektur dalam pemrograman berorientasi objek. Sedangkan menurut Adi Nugroho (2010) UML (Unified Modeling Language) adalah Bahasa pemodelan untuk sistem atau perangkat lunak yang berparadigma berorientasi objek.

UML sendiri terdiri atas pengelompokan diagram-diagram sistem menurut aspek atau sudut pandang tertentu. Diagram adalah sebuah simulasi yang menggambarkan permasalahan maupun solusi dari permasalahan suatu model. Sebenarnya UML mempunyai 9 diagram. Tetapi yang sering dijabarkan dalam pengembangan sistem hanya empat diagram, yaitu Use-Case Diagram, Class Diagram, Sequence Diagram dan Activity Diagram.

2. PEMBAHASAN

2.1 Himpunan Fuzzy dan Derajat Keanggotaan

secara umum terdapat tiga langkah untuk menentukan grade pada penerimaan waste paper local yang diterima berdasarkan data moisture dan impurities dengan metode Tsukamoto, yaitu: mendefinisikan variabel, inferensi dan defuzzifikasi (menentukan output Crisp). Data berikut diambil secara acak dari kendaraan-kendaraan yang melakukan pengiriman waste paper local ke PT. XYZ pada tanggal 18 Juni 2014.

Tabel 1. Sample data QC penerimaan tanggal 18 Juni 2014 Supplier Amir Sutan

No	No IML	No Polisi	Netto	MC%	IMP%	Disc	Netweight	Tanggal	Disc%
1	323535823	B9795FZ	8670	27.00	0.00	5063.3	3606.72	6/18/2014 5:31	58
2	323535870	B9720UYV	9140	15.00	0.00	517.93	8622.07	6/18/2014 5:45	6
3	323535864	BA9176AU	4640	16.00	0.00	259.84	4380.16	6/18/2014 6:23	6
4	323535871	B9316UYW	9100	12.00	0.00	533.87	8566.13	6/18/2014 6:21	6
5	323535877	B9317UYW	8700	19.00	3.00	1216	7484.05	6/18/2014 6:28	14
6	323535905	B9182RY	5850	17.00	0.00	323.7	5526.30	6/18/2014 6:51	6
7	323536015	B9663AA	3510	21.00	0.00	1478.9	2031.12	6/18/2014 8:47	42
8	323536081	F8031SJ	6470	15.00	0.00	366.63	6103.37	6/18/2014 10:22	6
9	323536156	H1356TW	6570	14.00	0.00	376.68	6193.32	6/18/2014 12:47	6
10	323536496	BK888RB	11210	33.00	2.00	6538.7	4671.27	6/18/2014 15:10	58

Pada proses penerimaan Waste Paper Local ada 3 variable yang digunakan untuk menentukan diterima atau tidaknya suatu barang. Kriterianya yaitu: Moisture, Impurities dan Grade.

Fuzzy Inference System (FIS) pada proses penerimaan Waste Paper Local mempunyai variabel (n) input dan 1 variabel output. Variabel (n) adalah variabel Moisture dan variabel Impurities, sebagai mewakili variabel yang akan di fuzzyfikasi untuk mencari nilai potongan QC. Variabel output terdiri atas grade A dan grade B yang menjadi keputusan kualitas Waste Paper Local yang diterima di PT. XYZ.

Dalam fuzzyfikasi terdapat 2 buah variabel, yaitu: *Moisture* dan *Impurities*. Dimana variabel *Moisture* terdiri dari 3 himpunan, yaitu: lembab, kering dan tolak. Variabel *Impurities* terdiri dari 3 himpunan, yaitu: murni, campur dan tolak, dimana dapat dicantumkan pada tabel berikut:

Tabel 2. Nilai Masing-Masing Variabel

No	No IML	No Polisi	MC%	IMP%	Disc%
1	323535823	B9795FZ	27.00	0.00	58
2	323535870	B9720UYV	15.00	0.00	6
3	323535864	BA9176AU	16.00	0.00	6
4	323535871	B9316UYW	12.00	0.00	6
5	323535877	B9317UYW	19.00	3.00	14
6	323535905	B9182RY	17.00	0.00	6
7	323536015	B9663AA	21.00	0.00	42
8	323536081	F8031SJ	15.00	0.00	6
9	323536156	H1356TW	14.00	0.00	6
10	323536496	BK8888RB	33.00	2.00	58

Kemudian dari kelompok tersebut dikelompokkan kedalam variabel semesta pembicaraan seperti pada tabel di bawah ini :

Tabel 3. Variabel Semesta Pembicaraan

Fungsi	Nama variabel	Semesta pembicaraan	Keterangan
Input	- <i>Moisture</i>	[12-33]	Nilai range untuk kategori <i>Moisture</i>
	- <i>Impurities</i>	[0-3]	Nilai range untuk kategori <i>Impurities</i>
Output	<i>Grade</i>	[6-58]	Nilai yang menentukan

Setelah diketahui variabel semesta pembicaraan, selanjutnya ditentukan nilai domainnya sebagai berikut:

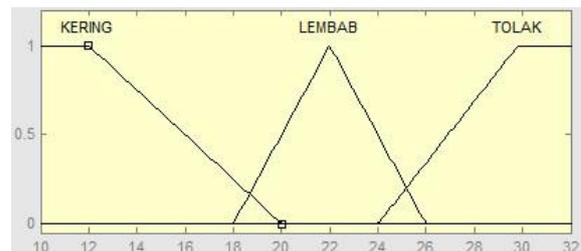
Tabel 4. Domain

Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan	Himpunan Fuzzy	Domain
Input	<i>moisture</i>	[12-33]	Kering	[12-20]
			Lembab	[18-26]
			Tolak	[24-33]
Input	<i>impurities</i>	[0-3]	Murni	[0-1.5]
			Campur	[1-2]
			Tolak	[1.5-3]
Output	<i>Grade</i>	[6-58]	Grade A	[6-21]
			Grade B	[19-33]
			Tolak Sebagian (TS)	[31-45]
			Tolak Total (TT)	[43-58]

Berdasarkan nilai-nilai domain yang sudah ditentukan pada tabel diatas, maka didapat derajat keanggotaan sebagai berikut:

a. Himpunan Fuzzy variabel *Moisture*

Pada variabel *Moisture* didefinisikan tiga himpunan Fuzzy, yaitu: KERING, LEMBAB dan TOLAK. Untuk merepresentasikan variabel *Moisture* digunakan bentuk kurva bahu kiri untuk himpunan KERING, bentuk kurva segitiga untuk kurva LEMBAB dan bentuk kurva bahu kanan untuk kurva TOLAK. Gambar himpunan Fuzzy untuk variabel *Moisture* ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 3. Derajat keanggotaan *Moisture*

Dimana sumbu horizontal merupakan nilai input dari variabel moisture, sedangkan sumbu vertikal merupakan tingkat keanggotaan dari nilai input. Dengan fungsi keanggotaan adalah sebagai berikut:

$$\mu_{mc}[KERING] = \begin{cases} 1 & ; x \leq 12 \\ \frac{20-x}{20-12} & ; 12 \leq x \leq 20 \\ 0 & ; x \geq 20 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{mc}[LEMBAB] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 18 \\ \frac{x-18}{22-18} & ; 18 \leq x \leq 22 \\ \frac{26-x}{26-22} & ; 22 \leq x \leq 26 \\ 0 & ; x \leq 18 \text{ atau } x \geq 26 \end{cases} \quad (4)$$

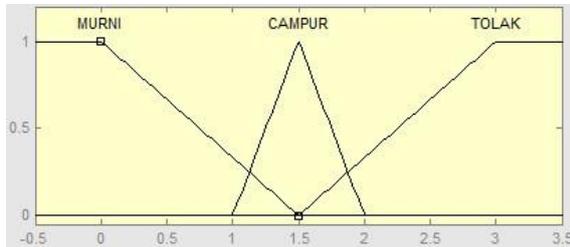
$$\mu_{mc}[TOLAK] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 24 \\ \frac{x-24}{32-24} & ; 24 \leq x \leq 32 \\ 1 & ; x \geq 32 \end{cases} \quad (5)$$

Waste paper yang diterima dianggap memiliki *Moisture* KERING apabila berada di 12% sampai dengan 20%, dianggap LEMBAB apabila memiliki *Moisture* antara 18% sampai dengan 26% dan akan di-TOLAK apabila memiliki *Moisture* antara 24% sampai dengan 32%.

b. Himpunan Fuzzy variabel *Impurities*

Pada variabel *Impurities* didefinisikan tiga himpunan Fuzzy, yaitu: MURNI, CAMPUR dan TOLAK. Untuk merepresentasikan variabel *Impurities* digunakan bentuk kurva bahu kiri untuk himpunan MURNI, bentuk kurva segitiga

untuk kurva CAMPUR dan bentuk kurva bahu kanan untuk kurva TOLAK. Gambar himpunan Fuzzy untuk variabel *Impurities* ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 4. Derajat keanggotaan *Impurities*

Dimana sumbu horizontal merupakan nilai input dari variabel *Impurities*, sedangkan sumbu vertikal merupakan tingkat keanggotaan dari nilai input. Dengan fungsi keanggotaan adalah sebagai berikut:

$$\mu_{imp}[MURNI] = \begin{cases} 1 & ; x \leq 0 \\ \frac{1.5-x}{1.5-0} & ; 0 \leq x \leq 1.5 \\ 0 & ; x \geq 1.5 \end{cases} \quad (6)$$

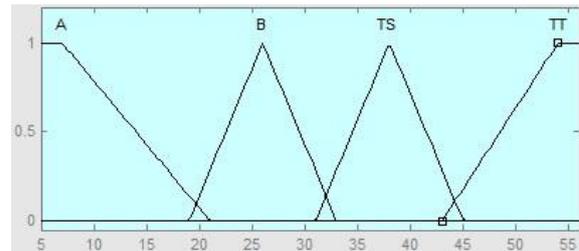
$$\mu_{imp}[CAMPUR] = \begin{cases} \frac{x-1}{1.5-1} & ; 1 \leq x \leq 1.5 \\ \frac{1.5-x}{2-1.5} & ; 1.5 \leq x \leq 2 \\ 0 & ; x \leq 1 \text{ atau } x \geq 2 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{imp}[TOLAK] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 1.5 \\ \frac{x-1.5}{3-1.5} & ; 1.5 \leq x \leq 3 \\ 1 & ; x \geq 3 \end{cases} \quad (8)$$

Waste paper yang diterima dianggap memiliki *Impurities* MURNI apabila berada di 0% sampai dengan 1.5%, dianggap CAMPUR apabila memiliki *Impurities* antara 1% sampai dengan 2% dan akan diTOLAK apabila memiliki *Impurities* antara 1.5% sampai dengan 3%.

c. Himpunan Fuzzy variabel *Grade*

Pada variabel *Grade* didefinisikan empat himpunan Fuzzy, yaitu: A, B, TOLAK SEBAGIAN dan TOLAK TOTAL. Untuk merepresentasikan variabel *Impurities* digunakan bentuk kurva bahu kiri untuk himpunan A, bentuk kurva segitiga untuk kurva B dan TOLAK SEBAGIAN, bentuk kurva bahu kanan untuk kurva TOLAK TOTAL. Gambar himpunan Fuzzy untuk variabel *Grade* ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 5. Derajat keanggotaan *Grade*

Keterangan:

- A : *Grade* A
- B : *Grade* B
- TS : Tolak Sebagian
- TT : Tolak Total

Dimana sumbu *horizontal* merupakan nilai input dari variabel *Grade*, sedangkan sumbu *vertikal* merupakan tingkat keanggotaan dari nilai input. Dengan fungsi keanggotaan adalah sebagai berikut:

$$\mu_{grade}[A] = \begin{cases} 1 & ; x \leq 6 \\ \frac{21-x}{21-6} & ; 6 \leq x \leq 21 \\ 0 & ; x \geq 21 \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu_{grade}[B] = \begin{cases} \frac{x-19}{26-19} & ; 19 \leq x \leq 26 \\ \frac{26-x}{33-26} & ; 26 \leq x \leq 33 \\ 0 & ; x \leq 19 \text{ atau } x \geq 33 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{grade}[TS] = \begin{cases} \frac{x-31}{38-31} & ; 31 \leq x \leq 38 \\ \frac{45-x}{45-38} & ; 38 \leq x \leq 45 \\ 0 & ; x \leq 31 \text{ atau } x \geq 45 \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{grade}[TT] = \begin{cases} 0 & ; x \leq 43 \\ \frac{x-43}{58-43} & ; 43 \leq x \leq 58 \\ 1 & ; x \geq 58 \end{cases} \quad (12)$$

Waste paper yang diterima dianggap masuk kriteria *grade* A apabila berada di 6% sampai dengan 21%, dianggap *grade* B apabila antara 19% sampai dengan 33%, akan diTOLAK SEBAGIAN apabila antara 31% sampai dengan 38% dan akan diTOLAK TOTAL apabila memiliki *persentase* antara 43% sampai dengan 51%.

2.2 Basis Pengetahuan

Dari ketiga variabel input dan sebuah variabel output yang telah didefinisikan, dengan analisa data terhadap batas tiap-tiap himpunan fuzzy pada tiap-

tiap variabelnya maka dibentuk 36 aturan fuzzy yang akan dipakai dalam sistem ini, yaitu:

- 1) Jika *Moisture* kering dan *impurities* murni maka *grade A*
- 2) Jika *Moisture* kering dan *impurities* murni maka *grade B*
- 3) Jika *Moisture* kering dan *impurities* murni maka *TS*
- 4) Jika *Moisture* kering dan *impurities* murni maka *TT*
- 5) Jika *Moisture* kering dan *impurities* campur maka *grade A*
- 6) Jika *Moisture* kering dan *impurities* campur maka *grade B*
- 7) Jika *Moisture* kering dan *impurities* campur maka *TS*
- 8) Jika *Moisture* kering dan *impurities* campur maka *TT*
- 9) Jika *Moisture* kering dan *impurities* tolak maka *grade A*
- 10) Jika *Moisture* kering dan *impurities* tolak maka *grade B*
- 11) Jika *Moisture* kering dan *impurities* tolak maka *TS*
- 12) Jika *Moisture* kering dan *impurities* tolak maka *TT*
- 13) Jika *Moisture* lembab dan *impurities* murni maka *grade A*
- 14) Jika *Moisture* lembab dan *impurities* murni maka *grade B*
- 15) Jika *Moisture* lembab dan *impurities* murni maka *TS*
- 16) Jika *Moisture* lembab dan *impurities* murni maka *TT*
- 17) Jika *Moisture* lembab dan *impurities* campur maka *grade A*
- 18) Jika *Moisture* lembab dan *impurities* campur maka *grade B*
- 19) Jika *Moisture* lembab dan *impurities* campur maka *TS*
- 20) Jika *Moisture* lembab dan *impurities* campur maka *TT*
- 21) Jika *Moisture* lembab dan *impurities* tolak maka *grade A*
- 22) Jika *Moisture* lembab dan *impurities* tolak maka *grade B*
- 23) Jika *Moisture* lembab dan *impurities* tolak maka *TS*
- 24) Jika *Moisture* lembab dan *impurities* tolak maka *TT*
- 25) Jika *Moisture* tolak dan *impurities* murni maka *grade A*
- 26) Jika *Moisture* tolak dan *impurities* murni maka *grade B*
- 27) Jika *Moisture* tolak dan *impurities* murni maka *TS*
- 28) Jika *Moisture* tolak dan *impurities* murni maka *TT*

- 29) Jika *Moisture* tolak dan *impurities* campur maka *grade A*
- 30) Jika *Moisture* tolak dan *impurities* campur maka *grade B*
- 31) Jika *Moisture* tolak dan *impurities* campur maka *TS*
- 32) Jika *Moisture* tolak dan *impurities* campur maka *TT*
- 33) Jika *Moisture* tolak dan *impurities* tolak maka *grade A*
- 34) Jika *Moisture* tolak dan *impurities* tolak maka *grade B*
- 35) Jika *Moisture* tolak dan *impurities* tolak maka *TS*
- 36) Jika *Moisture* tolak dan *impurities* tolak maka *TT*

2.3 Inferensi

Setelah pembentukan himpunan *fuzzy*, maka dilakukan pembentukan aturan *fuzzy*. Aturan - aturan dibentuk untuk menyatakan relasi antara *input* dan *output*. Tiap aturan merupakan suatu implikasi. Operator yang digunakan untuk menghubungkan antara dua *input* adalah operator *AND*, dan yang memetakan antara *input-output* adalah *IF-THEN*. Proposisi yang mengikuti *IF* disebut *anteseden*, sedangkan proposisi yang mengikuti *THEN* disebut *konsekuen*.

Berdasarkan kategori dalam *grade*, maka dapat dibentuk aturan-aturan sebagai berikut:

Tabel 5. Aturan-aturan dalam menentukan Grade

		<i>MOISTURE</i>		
		Kering	Lembab	Tolak
<i>IMPURITIES</i>	Murni	A	A	B
	Campur	A	B	TS
	Tolak	B	TS	TT

- 1) Jika *Moisture* kering dan *Impurities* murni maka *Grade A* [R1].
- 2) Jika *Moisture* kering dan *Impurities* campur maka *Grade A* [R2].
- 3) Jika *Moisture* kering dan *Impurities* tolak maka *Grade B* [R3].
- 4) Jika *Moisture* lembab dan *Impurities* murni maka *Grade A* [R4].
- 5) Jika *Moisture* lembab dan *Impurities* campur maka *grade B* [R5].
- 6) Jika *Moisture* lembab dan *Impurities* tolak maka *Grade Tolak* sebagian [R6].
- 7) Jika *Moisture* tolak dan *Impurities* murni maka *Grade B* [R7].
- 8) Jika *Moisture* tolak dan *Impurities* campur maka *Grade Tolak* sebagian [R8].
- 9) Jika *Moisture* tolak dan *Impurities* tolak maka *Grade Tolak* total [R9]

Berdasarkan sembilan aturan fuzzy tersebut, akan ditentukan nilai α dan z untuk masing-masing aturan. α adalah nilai keanggotaan *anteseden* dari setiap aturan, sedangkan z adalah *grade* klasifikasi barang yang diterima dari setiap aturan. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk mengkonversikan 9 aturan *fuzzy* tersebut sehingga diperoleh nilai α dan z dari setiap aturan.

[R1] Jika mc kering dan imp murni maka grade A.

Nilai keanggotaan *anteseden* untuk aturan *fuzzy* [R1] yang dinotasikan dengan α_1 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\alpha_1 = \mu_{mckering} \cap \mu_{impmurni} \\ = \min(\mu_{mckering}[x], \mu_{impmurni}[y])$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan *grade* A, maka diperoleh persamaan :

$$\frac{z_{max} - z_1}{z_{max} - z_{min}} = \alpha_1$$

Sehingga dari persamaan diatas, diperoleh persamaan untuk mencari nilai α_1 :

$$z_1 = z_{max} - \alpha_1 (z_{max} - z_{min})$$

z_1 adalah nilai z untuk aturan *fuzzy* [R1].

[R2] Jika mc kering dan imp campur maka grade A

Nilai keanggotaan *anteseden* untuk aturan *fuzzy* [R2] yang dinotasikan dengan α_2 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\alpha_2 = \mu_{mckering} \cap \mu_{impcampur} \\ = \min(\mu_{mckering}[x], \mu_{impcampur}[y])$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan *grade* A, maka diperoleh persamaan :

$$\frac{z_{max} - z_2}{z_{max} - z_{min}} = \alpha_2$$

Sehingga dari persamaan diatas, diperoleh persamaan untuk mencari nilai α_2 .

$$z_2 = z_{max} - \alpha_2 (z_{max} - z_{min})$$

z_2 adalah nilai z untuk aturan *fuzzy* [R2]

[R3] Jika mc kering dan imp tolak maka grade B

Nilai keanggotaan *anteseden* untuk aturan *fuzzy* [R3] yang dinotasikan dengan α_3 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\alpha_3 = \mu_{mckering} \cap \mu_{imptolak}$$

$$= \min(\mu_{mckering}[x], \mu_{imptolak}[y])$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan *grade* B, maka diperoleh persamaan :

$$\frac{z_3 - z_{min}}{z_{max} - z_{min}} = \alpha_3$$

Sehingga dari persamaan diatas, diperoleh persamaan untuk mencari nilai α_3 :

$$z_3 = \alpha_3 (z_{max} - z_{min}) + z_{min}$$

z_3 adalah nilai z untuk aturan *fuzzy* [R3].

[R4] Jika mc lembab dan imp murni maka grade A

Nilai keanggotaan *anteseden* untuk aturan *fuzzy* [R4] yang dinotasikan dengan α_4 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\alpha_4 = \mu_{mclembab} \cap \mu_{impmurni} \\ = \min(\mu_{mclembab}[x], \mu_{impmurni}[y])$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan *grade* A, maka diperoleh persamaan :

$$\frac{z_{max} - z_4}{z_{max} - z_{min}} = \alpha_4$$

Sehingga dari persamaan diatas, diperoleh persamaan untuk mencari nilai α_4 .

$$z_4 = z_{max} - \alpha_4 (z_{max} - z_{min})$$

z_4 adalah nilai z untuk aturan *fuzzy* [R4].

[R5] Jika mc lembab dan imp campur maka grade B

Nilai keanggotaan *anteseden* untuk aturan *fuzzy* [R5] yang dinotasikan dengan α_5 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\alpha_5 = \mu_{mclembab} \cap \mu_{impcampur} \\ = \min(\mu_{mclembab}[x], \mu_{impcampur}[y])$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan *grade* B, maka diperoleh persamaan:

$$\frac{z_5 - z_{min}}{z_{max} - z_{min}} = \alpha_5$$

Sehingga dari persamaan diatas, diperoleh persamaan untuk mencari nilai α_5 :

$$z_5 = z_{max} - \alpha_5 (z_{max} - z_{min})$$

z_5 adalah nilai z untuk aturan *fuzzy* [R5].

[R6] Jika mc lembab dan imp tolak maka tolak sebagian

Nilai keanggotaan *anteseden* untuk aturan *fuzzy* [R6] yang dinotasikan dengan α_6 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_6 &= \mu_{mclembab} \cap \mu_{imptolak} \\ &= \min(\mu_{mclembab}[x], \mu_{imptolak}[y])\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan Tolak Sebagian (TS), maka diperoleh persamaan :

$$\frac{z_{max} - z_6}{z_{max} - z_{min}} = \alpha_6$$

Sehingga dari persamaan diatas, diperoleh persamaan untuk mencari nilai α_6 .

$$z_6 = z_{max} - \alpha_6 (z_{max} - z_{min})$$

z_6 adalah nilai z untuk aturan *fuzzy* [R6].

[R7] Jika mc tolak dan imp murni maka grade B

Nilai keanggotaan *anteseden* untuk aturan *fuzzy* [R7] yang dinotasikan dengan α_7 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_7 &= \mu_{mctolak} \cap \mu_{imptomurni} \\ &= \min(\mu_{mctolak}[x], \mu_{imptomurni}[y])\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan *grade* B, maka diperoleh persamaan :

$$\frac{z_7 - z_{min}}{z_{max} - z_{min}} = \alpha_7$$

Sehingga dari persamaan diatas, diperoleh persamaan untuk mencari nilai α_7 .

$$z_7 = \alpha_7 (z_{max} - z_{min}) + z_{min}$$

z_7 adalah nilai z untuk aturan *fuzzy* [R7].

[R8] Jika mc tolak dan imp campur maka tolak sebagian

Nilai keanggotaan *anteseden* untuk aturan *fuzzy* [R8] yang dinotasikan dengan α_8 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_8 &= \mu_{mctolak} \cap \mu_{impcampur} \\ &= \min(\mu_{mctolak}[x], \mu_{impcampur}[y])\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan Tolak Sebagian (TS), maka diperoleh persamaan :

$$\frac{z_{max} - z_8}{z_{max} - z_{min}} = \alpha_8$$

Sehingga dari persamaan diatas, diperoleh persamaan untuk mencari nilai α_8 .

$$z_8 = z_{max} - \alpha_8 (z_{max} - z_{min})$$

z_8 adalah nilai z untuk aturan *fuzzy* [R8].

[R9] Jika mc tolak dan imp tolak maka tolak total.

Nilai keanggotaan *anteseden* untuk aturan *fuzzy* [R9] yang dinotasikan dengan α_9 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_9 &= \mu_{mctolak} \cap \mu_{imptolak} \\ &= \min(\mu_{mctolak}[x], \mu_{imptolak}[y])\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan Tolak Total (TT), maka diperoleh persamaan :

$$\frac{z_9 - z_{min}}{z_{max} - z_{min}} = \alpha_9$$

Sehingga dari persamaan diatas, diperoleh persamaan untuk mencari nilai α_9 .

$$z_9 = \alpha_9 (z_{max} - z_{min}) + z_{min}$$

z_9 adalah nilai z untuk aturan *fuzzy* [R9].

2.4 Defuzzyfikasi

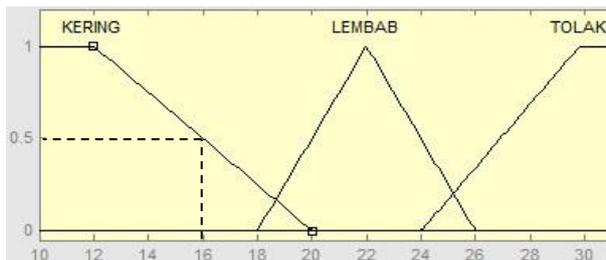
Pada metode Tsukamoto, untuk menentukan output crisp, digunakan defuzifikasi rata-rata terpusat, yaitu:

$$z = \frac{\alpha_1 * z_1 + \alpha_2 * z_2 + \alpha_3 * z_3 + \alpha_4 * z_4 + \alpha_5 * z_5 + \alpha_6 * z_6 + \alpha_7 * z_7 + \alpha_8 * z_8 + \alpha_9 * z_9}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7 + \alpha_8 + \alpha_9 + \alpha_{10}}$$

Penerapan metode Tsukamoto dapat dilihat pada contoh penghitungan berikut ini yaitu : pada tanggal 10 juni 2014 kendaraan jenis tronton dengan no polisi B9673SYK melakukan pengiriman *Waste Paper Local* dengan jenis Box Press, netto barang setelah kendaraan timbang kosong adalah 21610 Kg. hasil dari test *Quality Control (QC)*, didapat bahwa moisture dari Box Press tersebut adalah 16%, impurities 0.5%. Maka untuk mendapatkan persentase grade dari Box Press tersebut adalah dengan melakukan penghitungan sebagai berikut :

Langkah 1. Menentukan himpunan *fuzzy*

Variabel moisture telah didefinisikan pada tiga himpunan *fuzzy*, yaitu: KERING, LEMBAB dan TOLAK. Setiap himpunan *fuzzy* memiliki interval keanggotaan, yakni seperti terlihat pada gambar 3.28. berikut adalah gambaran tingkat keanggotaan pada variabel moisture untuk 16%:



Gambar 6. fungsi keanggotaan untuk moisture 16%

Moisture 16% termasuk kedalam himpunan fuzzy kering dengan tingkat keanggotaan sesuai fungsi berikut:

$$\mu_{mc}[KERING] = \begin{cases} 1 & ; x \leq 12 \\ 20 - x & ; 12 \leq x \leq 20 \\ 0 & ; x \geq 20 \end{cases}$$

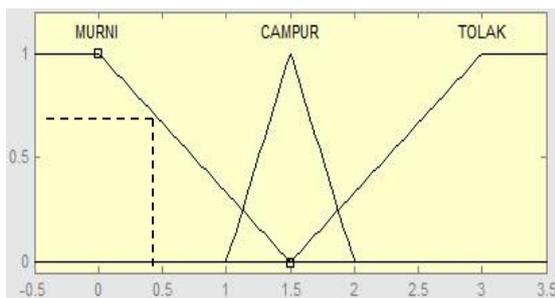
Sehingga diperoleh:

$$\mu_{mc}[kering] = \frac{20 - 16}{20 - 12} = \frac{4}{8} = 0.5$$

$$\begin{aligned} \mu_{mc}[lembab] &= 0 \\ \mu_{mc}[tolak] &= 0 \end{aligned}$$

yang berarti bahwa, tingkat moisture dikatakan ringan dengan tingkat keanggotaan 0.5%.

Untuk variabel *impurities* telah didefinisikan pada tiga himpunan fuzzy, yaitu: MURNI, CAMPUR dan TOLAK. Setiap himpunan fuzzy memiliki interval keanggotaan, yakni seperti terlihat pada gambar 3.29. berikut adalah gambaran tingkat keanggotaan pada variabel *impurities* untuk 0.5%:



Gambar 7. grafik derajat keanggotaan impurities 0.5%

Impurities 0.5% termasuk kedalam himpunan fuzzy Murni dengan tingkat keanggotaan sesuai fungsi berikut:

$$\mu_{imp}[MURNI] = \begin{cases} 1 & ; x \leq 0 \\ 1.5 - x & ; 0 \leq x \leq 1.5 \\ 0 & ; x \geq 1.5 \end{cases}$$

Sehingga diperoleh:

$$\mu_{imp}[murni] = \frac{1.5 - 0.5}{1.5 - 0} = \frac{1}{1.5} = 0.67$$

$$\begin{aligned} \mu_{imp}[campur] &= 0 \\ \mu_{mc}[tolak] &= 0 \end{aligned}$$

yang berarti bahwa, tingkat *impurities* dikatakan murni dengan tingkat keanggotaan 0.67%.

Langkah 2. Aplikasi fungsi implikasi

Fungsi implikasi yang digunakan dalam proses ini adalah fungsi MIN, yaitu dengan mengambil tingkat keanggotaan yang minimum dari variabel input sebagai *outputnya*. Berdasarkan aturan-aturan yang sesuai dengan kondisi tersebut, maka diperoleh:

[R1] jika mc kering dan imp murni maka grade A.

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat1} &= \mu_{mckering} \cap \mu_{impmurni} \\ &= \min(\mu_{mckering}[x], \mu_{impmurni}[y]) \\ &= \min(0.5, 0.67) = 0.5 \end{aligned}$$

Tabel 3.16 aplikasi fungsi implikasi untuk mc 16% dan imp 0.5%

		mc		
		KERING	LEMBAB	TOLAK
imp	MURNI	A (0.5, 0.67)	A (0, 0)	B (0, 0)
	CAMPUR	A (0, 0)	B (0, 0)	TS (0, 0)
	TOLAK	B (0, 0)	TS (0, 0)	TT (0, 0)

Langkah 3. Komposisi aturan

Berdasarkan aturan yang diperoleh pada predikat1, maka untuk mencari z1 digunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mu_{grade}[A] &= \frac{21 - z1}{21 - 6} = 0.5 \\ \mu_{grade}[A] &= 21 - z1 = 0.5 * 15 \\ &= -z1 = 7.5 - 21 \\ &= z1 = 13.5 \end{aligned}$$

Langkah 4. Defuzzifikasi

Langkah terakhir dalam proses ini adalah *defuzzifikasi* atau disebut juga tahap penegasan, yaitu untuk mengubah himpunan fuzzy menjadi bilangan *real*. *Input* dari

proses penegasan ini adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy

tersebut. *Defuzzyfikasi* yang digunakan dalam menentukan nilai *grade* adalah dengan *metode centroid*. Berikut adalah perhitungan *defuzzyfikasi* dengan metode *centroid*:

$$z = \frac{\alpha_{pred1} * z1}{\alpha_{pred1}}$$

$$z = \frac{0.5 * 13.5}{0.5} = \frac{6.75}{0.5} = 13.5$$

Nilai 13.5% termasuk kedalam *grade A*, untuk mengetahui berapa potongan yang didapat pada pengiriman tersebut, nilai *z* harus dikalikan dengan netto barang.

$$\text{discount} = 13.5\% * 21610 \text{ kg} = 2917.35$$

Setelah didapat nilai *discount*, maka untuk mengetahui jumlah netto bersih *waste paper local* yang diterima adalah dengan mengurangi netto terima dengan *discount*.

$$\text{netweight} = \text{netto} - \text{disc}$$

$$\begin{aligned} \text{netweight} &= 21610 \text{ kg} - 2917.35 \text{ kg} \\ &= 18692.65 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada penerimaan *Waste Paper Local* di PT. XYZ, maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Perumusan yang digunakan untuk menghitung hasil test QC *Waste Paper Local* pada PT. XYZ adalah FIS metode Tsukamoto. Dimana hasil yang didapat dari perhitungan menggunakan FIS metode Tsukamoto tersebut saling menguntungkan kedua belah pihak.
- b. Hasil perhitungan QC pada penerimaan *Waste Paper Local* dengan menggunakan FIS metode Tsukamoto lebih efisien jika dibandingkan dengan menggunakan rumus yang ditetapkan oleh perusahaan, karena hasilnya merupakan perhitungan yang sesuai dengan kondisi *Waste Paper* yang diterima oleh perusahaan.

PUSTAKA

- Sri Kusumadewi, Sri Hartati. 2006. *Neuro-Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Kusumadewi, Sri, Hari Purnomo. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*, Edisi Kedua. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Turban E., Aronson J.E., Liang T.P. 2005. *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, Edisi 7, Jilid 2, CV.Andi Offset, Yogyakarta.
- Nugroho, Adi. 2010. *Rekayasa Perangkat Lunak Berorientasi Objek dengan Metode USDP*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Shalahuddin, Muhammad & Rosa Ariani S. 2011. *Modul Pembelajaran Rekayasa Perangkat Lunak*

(*Terstruktur dan Berorientasi Objek*). Bandung: Modula.
www.academia.edu/4719101/Master_Plan_Logistics_Improvement. diakses tanggal 21 November 2015.