

Penerapan Metode Fuzzy Sugeno Untuk Menentukan Kelayakan Pengiriman Limbah Barang Berbahaya Dan Beracun

Alfannisa Annurrallah Fajrin^a, Tukino^b

^{a,b}Universitas Putera Batam, Kota Batam

*alfannisa@puterabatam.ac.id, tukino@puterabatam.ac.id

Abstract

PT Semesta Citra Alam Batam is engaged in waste management and is located in the city of Batam. The waste collected by PT Semesta Citra Alam Batam is gathered at a waste collection warehouse located in the Industrial Waste Management Area of Batam City. The collected waste must be transported to waste utilization or hazardous waste disposal facilities. The data collection technique in this research is through observation and interviews conducted at PT Semesta Citra Alam Batam. The data analysis method used is fuzzy logic with the Sugeno method, which involves four stages: fuzzification, forming a fuzzy knowledge base, inference engine, and defuzzification. The research results from the application of fuzzy logic to determine the shipment of hazardous waste (B3 waste) at PT Semesta Citra Alam Batam involve both input and output variables. The input variables consist of load, content, and the output variable is a decision made using Matlab. These variables will generate rules that will be used to determine whether to send the waste or not.

Keywords: Fuzzy Logic, Sugeno Method, Feasibility of Waste Delivery

Abstrak

PT Semesta Citra Alam Batam bergerak di bidang pengelolaan limbah yang berdiri di Kota Batam. Limbah yang diangkut oleh PT Semesta Citra Alam Batam dikumpul di gudang pengumpulan limbah yang berlokasi di Kawasan Pengelolaan Limbah Industri Kota Batam, limbah yang terkumpul harus diangkut ke pihak pemanfaat atau pemusnah limbah B3. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dengan cara observasi dan juga wawancara yang dilakukan di PT Semesta Citra Alam Batam. Metode analisis data yang digunakan adalah logika fuzzy metode sugeno, dalam metode sugeno ada empat tahapan yang dilakukan yaitu fuzzyfikasi, pembentukan basis pengetahuan fuzzy, mesin inferensi dan defuzzyfikasi. Hasil penelitian dari penerapan logika fuzzy untuk menentukan pengiriman limbah B3 di PT Semesta Citra Alam Batam, Untuk menentukan Pengiriman Limbah B3 membutuhkan Variabel Input dan variabel Output. Variabel input terdiri dari, Muatan, Kandungan dan Variabel Output berupa keputusan dengan menggunakan Matlab, variabel tersebut nantinya akan menghasilkan rule-rule yang akan digunakan untuk menentukan Keputusan dikirim atau Tidak dikirim.

Kata kunci: Logika Fuzzy, Metode Sugeno, Kelayakan Pengiriman Limbah

1. Pendahuluan

PT Semesta Citra Alam Batam bergerak di bidang pengelolaan limbah yang berdiri di kota Batam pada tahun 2010 hingga sekarang ini. PT Semesta Citra Alam Batam sudah meraih penghargaan pengelolaan lingkungan terbaik kategori pengangkut limbah dari Wali Kota Batam pada tahun 2013, 2014 dan 2015. PT Semesta Citra Alam Batam mempunyai banyak mitra kerja, sehingga limbah yang diangkut oleh PT Semesta Citra Alam Batam dalam sehari dapat mencapai jumlah yang banyak. Limbah yang diangkut oleh PT Semesta Citra Alam Batam dikumpul di gudang pengumpulan limbah yang berlokasi di Kawasan Pengelolaan Limbah Industri

yaitu KPLI Kota Batam, limbah yang terkumpul harus diangkut ke pihak pemanfaat atau pemusnah limbah B3 sesuai dengan Peraturan Lingkungan Hidup. Seiring dengan berjalannya waktu, limbah semakin hari semakin meningkat jumlahnya. Limbah sangatlah berbahaya bagi kehidupan manusia atau makhluk hidup lainnya. Banyak orang membuang, menimbun, bahkan menyimpan limbah dengan jumlah yang banyak serta tidak dikelola dengan baik. Ternyata limbah-limbah tersebut termasuk limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).

Latar belakang munculnya logika *fuzzy* adalah karena adanya kesenjangan antara hukum-hukum matematika dengan

permasalahan sesungguhnya dikehidupan nyata (*realita*), maka perlu suatu metode analisa baru untuk mendekati solusi yang optimal terhadap permasalahan real. Metode tersebut dikenal sebagai logika *fuzzy* (logika kabur /tidak tegas). Konsep baru yang diterapkan dalam logika *fuzzy* adalah nilai derajat keanggotaan suatu anggota himpunan tidak hanya 0 dan 1, tetapi bisa antara 0 dan 1. Ini merupakan perbedaan mendasar antara konsep logika dan konsep logika *fuzzy*. Konsep logika *fuzzy* ini didasarkan pada permasalahan-permasalahan nyata (*real*) yang kebanyakan bersifat kabur (tidak bisa didekati dengan logika tegas/tajam). Logika *fuzzy* atau disebut dengan teori kemungkinan yang dapat memproses permasalahan dari *input* menghasilkan *output*. Untuk membantu pengambilan keputusan pengiriman limbah maka salah satu metode yang dapat digunakan dalam penelitian ini adalah metode Sugeno.

Berdasarkan penelitian Ramdhani (2012: 1) diperoleh fakta salah satu permasalahan yang timbul pada jurusan informatika ini adalah menentukan jumlah asisten laboratorium pada satu periode selanjutnya, dimana hal ini bergantung pada jumlah asisten dan jumlah asisten yang keluar merupakan suatu ketidakpastian. Logika *fuzzy* merupakan salah satu ilmu yang digunakan untuk menyelesaikan masalah mengenai menganalisa ketidakpastian. Dalam penelitian ini, logika *fuzzy* dengan metode sugeno digunakan untuk menghitung jumlah asisten yang ideal bagi sebuah laboratorium. Hasil penelitian ini adalah sebuah alat bantu untuk menentukan jumlah ideal asisten laboratorium yang diterima pada saat rekrutmen bagi setiap laboratorium dengan menggunakan aturan, kriteria-kriteria yang ditentukan seperti variabel jumlah asisten sebelumnya (*total*), jumlah asisten yang keluar, dan jumlah praktikan.

Berdasarkan jumlah limbah bahan berbahaya dan beracun atau yang disebut dengan limbah B3 yang terkumpul. Untuk jenis limbah B3 yang jumlahnya banyak akan didahulukan pengirimannya. Untuk jenis limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang jumlahnya sedikit, maka akan ditunggu hingga pengumpulan jumlahnya tercapai target pengirimannya, selain jumlah limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang dijadikan sebagai penentu pengiriman limbah B3. Kandungan limbah B3 juga diperhatikan sebagai penentu pengiriman limbah B3, kandungan limbah B3 diuji oleh pihak penguji (Enviro) atau secara langsung dinilai dari supervisor lapangan. Untuk limbah B3 yang terdapat kandungan bahan material seperti

kayu, besi, kawat, atau sampah plastik maka limbah B3 tersebut perlu disortir atau diayak terlebih dahulu sebelum dikirim. Karena tidak semua pihak pemanfaat limbah B3 menerima limbah B3, maka limbah B3 dari gudang perlu disortir dahulu. Supaya setelah diterima oleh pihak pemanfaat, dapat langsung dimanfaatkan, dan dilakukan pensortiran lagi maka akan memakan waktu yang lebih lama sebelum dilakukan pengiriman limbah B3 akibatnya PT Semesta Citra Alam Batam mengalami kerugian, dan pengiriman akan dilakukan ketika jumlah limbah mencapai batas pengiriman bila tidak tercapai maka tidak dilakukan proses pengiriman tersebut.

Berdasarkan penelitian Hayudanti (2014: 48) diperoleh fakta Pengelolaan dan Karakterisasi Limbah B3 di Pair Berdasarkan Potensi Bahaya telah dilakukan pengelompokan dan penyimpanan limbah B3 berdasarkan sifat fisik, kimia dan berdasarkan potensi bahaya untuk tujuan keamanan dan keselamatan di Gudang Penyimpanan Sementara Limbah B3 pada tahun 2014. Dari hasil pendataan limbah B3 yang paling dominan adalah limbah cair organik mencapai 61 % kemudian diikuti limbah cair anorganik 33 % sedangkan sisanya sebesar 6 % merupakan limbah padat organik dan limbah padat anorganik. Jika dilihat dari potensi bahayanya, limbah cair yang mudah terbakar mempunyai persentase volume paling besar yaitu 47 % dan diikuti limbah cair korosif sebesar 26 %, sedangkan limbah cair yang belum teridentifikasi jumlahnya cukup besar, yaitu 9 %. Dengan melihat dari potensi bahaya tertinggi, Gudang Penyimpanan Limbah B3 di Bidang KKL diharuskan memiliki sirkulasi udara yang baik dan rak penyimpanan limbah yang terhindar dari panas matahari langsung.

2. Kajian Pustaka

Menurut (Sutojo, 2011: 211) konsep tentang logika *fuzzy* diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh pada 1962, Logika *fuzzy* adalah metodologi sistem control pemecahan masalah, yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem, mulai dari sistem yang sederhana, sistem kecil, *embedded system*, jaringan *PC*, *multi-channel* atau *workstation* berbasis akuisisi *data*, dan sistem *control*. Dalam logika klasik dinyatakan bahwa segala sesuatu bersifat *biner*, yang artinya adalah hanya mempunyai dua kemungkinan, "Ya atau Tidak", "Benar atau Salah", "Baik atau Buruk" dan lain-lain. Oleh karena itu, sistem ini dapat mempunyai nilai keanggotaan 0 atau 1. Akan tetapi, dalam logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan berada di antara 0 dan 1. Artinya, bisa saja

suatu keadaan mempunyai dua nilai “Ya dan Tidak”, “Benar dan Salah”, “Baik dan Buruk” secara bersamaan, namun besar nilainya tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Bila dibandingkan dengan logika konvensional, kelebihan logika *fuzzy* adalah kemampuannya dalam proses penalaran secara bahasa sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematik yang rumit. Sejak itu aplikasi dari *fuzzy logic* ini berkembang pesat terutama dinegara Jepang dengan dihasilkannya ribuan paten mulai dari bermacam-macam produk elektronik sampai aplikasi pada kereta api di kota Sendai. *Fuzzylogic* pada dasarnya merupakan logika bernilai banyak (*Multivalued Logic*) yang dapat mendefinisikan nilai diantara keadaan yang biasa dikenal seperti ya atau tidak, hitam atau putih, benar atau salah. *Fuzzy logic* menirukan cara manusia mengambil keputusan dengan kemampuannya bekerja dari data yang samar atau tidak rinci dan menemukan penyesuaian yang tepat.

Fuzzy Logic merupakan kecerdasan buatan yang pertama kali dipublikasikan oleh Prof.Dr. Lotfi Zadeh yang berasal dari Pakistan. Melalui *fuzzy logic* ini sistem dapat membuat keputusan sendiri dan terkesan seperti memiliki perasaan, karena memiliki keputusan lain selain iya (logika 1) dan tidak (logika 0). Oleh karena itu *fuzzy logic* sangat berbeda jauh dari alur algoritma pemrograman. Sebagai contoh adalah robot yang menggunakan *fuzzy logic* dapat memprediksikan kapan ia harus bertindak atau menghindari saat ada halangan di depannya dengan hanya ada peringatan ‘awas’ dan tanpa ada hitungan matematis yang diberikan oleh *user*. Sedangkan robot yang menggunakan algoritma pemrograman konvensional tidak akan dapat memutuskan sendiri untuk menghindari dari halangan yang ada di depannya.

Sebuah metodologi “berhitung” dengan variable kata-kata (*linguistic variable*), sebagai pengganti berhitung dengan bilangan. Kata kata yang digunakan dalam *fuzzy logic* memang tidak sepresisi bilangan, namun kata-kata jauh lebih dekat dengan intuisi manusia. Manusia biasa langsung “merasakan” nilai dari variabel kata-kata yang sudah dipakainya sehari-hari. Demikianlah, *fuzzy logic* membutuhkan “ongkos” yang lebih murah dan memecahkan berbagai masalah yang bersifat *fuzzy*.

Fuzzy logic merupakan ilmu yang mempelajari mengenai ketidakpastian. *Fuzzy logic* dianggap mampu untuk memetakan suatu *input* kedalam suatu *output* tanpa

mengabaikan faktor – faktor yang ada. *Fuzzy logic* diyakini dapat sangat fleksibel dan memiliki toleransi terhadap *data - data* yang ada.

Fuzzy logic, yang dalam bahasa Indonesia dapat diartikan sebagai Logika Kabur atau Logika Samar, dapat dikatakan sebagai “logika baru yang sudah lama”. Hal ini karena ilmu tentang *Fuzzy logic* secara modern dan metodis ditemukan pada tahun 1965, namun konsep *Fuzzy logic* sudah melekat pada diri manusia, sejak manusia ada. Konsep *Fuzzy logic* dapat dengan mudah kita temui pada perilaku manusia dalam kesehariannya. Menurut (Sutojo, Mulyanto, & Suhartono, 2011: 212) himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut yaitu:

- a. *Linguistik*, yaitu nama suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dengan menggunakan bahasa alami, misalnya DINGIN, SEJUK, PANAS mewakili variabel temperatur.
- b. *Numeris*, yaitu suatu nilai yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, misalnya 10, 35, 40, dan sebagainya.

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode *fuzzy logic*. Menurut (Kusumadewi, 2013: 2) ada beberapa alasan penulis memilih menggunakan metode ini, antara lain sebagai berikut:

- a. Konsep *fuzzy logic* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
- b. *Fuzzy logic* sangat fleksibel.
- c. *Fuzzy logic* memiliki toleransi terhadap *data - data* yang tidak tepat.
- d. *Fuzzy logic* mampu memodelkan fungsi-fungsi *nonlinear* yang sangat kompleks.
- e. *Fuzzy logic* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
- f. *Fuzzy logic* dapat bekerjasama dengan teknik - teknik kendali secara konvensional.
- g. *Fuzzy logic* didasarkan pada bahasa alami.

Menurut (Kusumadewi, 2013: 8-13) Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik – titik *inputdata* kedalam 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. Apabila U menyatakan himpunan *universal* dan A adalah himpunan

fungsi *fuzzy* dalam U, maka A dapat dinyatakan sebagai pasangan terurut. Ada beberapa fungsi yang biasa digunakan.

Sebelum melakukan pengembangan usaha hendaknya dilakukan suatu kajian yang cukup mendalam dan komprehensif untuk mengetahui apakah usaha yang akan dilakukan itu layak atau tidak layak.

Menurut Kasmir dan Jakfar (2007: 6) menyebutkan bahwa kelayakan artinya penelitian dilakukan secara mendalam untuk menentukan apakah usaha atau bidang yang akan dijalankan akan memberikan manfaat yang lebih besar dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan.

Sedangkan Umar (2007: 8) mengemukakan bahwa studi kelayakan bisnis merupakan penelitian terhadap rencana bisnis yang tidak hanya menganalisis layak atau tidak layak bisnis dibangun, untuk pencapaian keuntungan yang berlangsung dalam jangka panjang.

Pengiriman barang merupakan mempersiapkan pengiriman fisik barang dari gudang ke tempat tujuan yang disesuaikan dengan dokumen pemesanan dan pengiriman serta dalam kondisi yang sesuai dengan persyaratan penanganan barangnya.

Menurut Agus (2015: 76) jasa ekspedisi adalah usaha yang ditunjukan untuk mewakili kepentingan pemilik barang untuk mengurus semua kegiatan yang diperlukan bagi terlaksananya pengiriman dan penerimaan barang melalui transportasi darat, laut dan udara.

Menurut Rowianto (2011: 4) pengiriman barang merupakan segala upaya yang diselenggarakan secara sendiri atau bersama-sama dalam suatu organisasi untuk memberikan pelayanan jasa berupa pengiriman barang antar Kota.

Berdasarkan penelitian Bagus dan Eliza (2006: 31) diperoleh fakta bahwa limbah yang dihasilkan bersifat toksik maupun non toksik dan berpotensi mencermami lingkungan apabila limbahnya tidak dikelola dengan baik.

Menurut Suyudi (2014: 41) Limbah B3 merupakan limbah yang harus diperhatikan dengan serius karena memiliki sifat dan karakteristik yang sangat membahayakan keberlangsungan hidup manusia dan *ecosystem* lingkungan lainnya.

Limbah adalah hal yang paling umum kita hasilkan sebagai makhluk hidup. Tak hanya pabrik dan kendaraan bermotor saja yang dapat menghasilkan limbah, tetapi kita sebagai makhluk hidup juga merupakan penghasil limbah yang sangat produktif. Limbah atau hasil akhir suatu proses ternyata tidak hanya terkelompokkan dalam satu macam saja. Melainkan ada banyak jenis

limbah yang telah dikalsifikasikan dan diatur oleh pemerintah, dimana salah satunya adalah limbah B3.

Pemerintah telah memiliki bahasan tersendiri mengenai limbah B3 ini. Dimana dalam Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2001 telah didefinisikan apa itu limbah B3 atau limbah bahan berbahaya dan beracun. Limbah bahan berbahaya dan beracun yang disingkat dengan limbah B3 ini adalah limbah yang jika diperhatikan secara sifatnya, konsentrasinya, termasuk jumlahnya memiliki kecenderungan mencemari lingkungan sekitar, membahayakan lingkungan disekitar kita hingga menghambat/merusak keberlangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya.

Perizinan Pengelolaan Limbah B3 tersebut, diatur dalam ketentuan Pasal 2 Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 18 Tahun 2009 tentang Tata Cara Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun (PermenLH Nomor 18 Tahun 2009), adapun indikator pengolahan limbah B3 menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 18 Tahun 2009, sebagai berikut:

- a) Pengangkutan / pengiriman limbah B3
- b) Penyimpanan sementara limbah B3
- c) Pengumpulan limbah B3
- d) Pemanfaatan limbah B3
- e) Pengolahan limbah B3
- f) Penimbunan limbah B3

Sedangkan menurut Bagus dan Eliza (2006: 32-33) indikator pengolahan limbah B3 yaitu:

- a) Pengumpulan limbah B3
- b) Kandungan limbah B3

Berdasarkan penjelasan di atas, maka penulis mengambil indikator menurut Bagus dan Eliza (2006: 32-33), yaitu:1. Pengumpulan limbah B3, 2. Kandungan limbah B3, Dengan alasan indikator yang di jelaskan oleh Bagus dan Eliza berhubungan dengan penelitian ini.

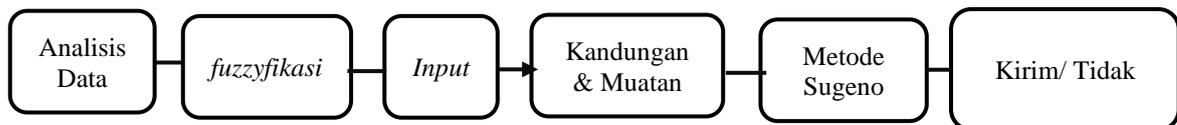
Software pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah program *matlab* 6.1. *Matlab* adalah sebuah lingkungan komputasi numerikal dan bahasa pemrograman komputer generasi keempat. Dikembangkan oleh *The Math Works*, *Matlabm* memungkinkan manipulasi matriks, implementasi algoritma, pembuatan antar muka pengguna, dan pengantarmukaan dengan program dalam bahasa lainnya. Meskipun hanya bernuansa numerik, sebuah kotak kakas (*toolbox*) yang menggunakan mesin simbolik *MuPAD*, memungkinkan akses terhadap kemampuan aljabar komputer. Sebuah paket tambahan, *Simulink*,

menambahkan simulasi grafis multiranah dan Desain Berdasar Model untuk sistem terlekat dan dinamik.

Menurut (Naba, 2009: 39) MATLAB (*matrix laboratory*) adalah sebuah bahasa pemrograman tingkat tinggi dimana arti perintah dan fungsi-fungsinya bisa dimengerti dengan mudah, meskipun bagi seorang pemula. Pada awalnya, MATLAB dimaksudkan sesuai dengan namanya, yaitu untuk menangani berbagai operasi matriks dan *vector* menggunakan rutin-rutin dan *library* LINPACK dan EISPACK. Saat ini MATLAB telah menggabungkan rutin-rutin

dan *library* dari LAPACK dan BLAS, yang lebih efisien dalam menangani operasi matriks dan vektor. MATLAB telah berevolusi selama bertahun-tahun berkat masukan dari banyak pemakai.

Kerangka pemikiran merupakan proses – proses yang terjadi di penelitian menurut peneliti yang melakukan penelitian tersebut. Penelitian ini diimplementasikan *Fuzzy Inference System* (FIS) mamdani. Berikut ini merupakan kerangka pemikiran terhadap penelitian ini sebagai pedoman dalam pemecahan masalah penelitian ini.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

Seperti halnya dengan alat pengambilan data, rancangan penelitian juga didiktekan oleh variabel-variabel penelitian yang telah diidentifikasi serta oleh hipotesis yang akan diuji kebenarannya. Dalam menentukan rancangan penelitian yang mana akan digunakan, perlu sekali selalu diingat bahwa seluruh komponen penelitian itu harus terjalin secara serasi dan tertib (Suryabrata, 2014: 34).

PT Semesta Citra Alam Batam mempunyai kesulitan dalam mengambil keputusan untuk pengiriman limbah ke pihak pemanfaat atau pemusnah.

Indikator dalam penelitian ini, yaitu: 1. Limbah mudah meledak, 2. Limbah mudah terbakar, 3. Limbah yang bersifat reaktif, 4. Limbah beracun, 5. Limbah yang menyebabkan infeksi, dan 6. Limbah korosif.

3. Metode Penelitian

Menurut (Nazir, 2013: 84), Penelitian adalah suatu proses mencari sesuatu secara sistematis dalam waktu yang lama dengan menggunakan metode ilmiah serta aturan-aturan yang berlaku. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang baik, maka si peneliti bukan saja harus mengetahui aturan permainan, tetapi juga harus mempunyai keterampilan-keterampilan dalam melaksanakan penelitian. Untuk menerapkan metode ilmiah dalam praktik penelitian, maka diperlukan suatu desain penelitian, yang sesuai dengan kondisi, seimbang dengan dalam dangkalnya penelitian yang akan dikerjakan. Desain penelitian harus mengikuti metode penelitian.

4. Hasil Dan Pembahasan

A. Fuzzyfication

Semesta pembicaraan adalah untuk menentukan domain yang sesuai hasil di indikator, *Fuzzy inference system* FIS dibutuhkan semesta pembicaraan. seperti tabel 1

Tabel 1. Semesta Pembicaraan

Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan
Input	Muatan	0-5000
	Kandungan	0-100
Output	Pengiriman Limbah	0-1

Sumber: Penelitian (2023)

Pada penelitian ini terdapat 2 variabel yang berada pada 0-5000 skor butir. Hasil yang diperoleh seperti 5000 sehingga "Penuh" dengan derajat maksimum untuk Muatan, "Aman" dengan derajat maksimum untuk Kandungan, hasil *Output* yang di hasilkan adalah Dikirim.

Tabel domain himpunan *fuzzy* menjelaskan rentang domain yang digunakan dalam penentuan rentang domain dalam himpunan *fuzzy* pada tabel 2.

Tabel 2. Domain Himpunan Fuzzy

Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Domain
Muatan	Kurang	[0 0 1000 2000]
	Sedang	[2000 3000 4000]
	Penuh	[4000 4500 5000 5000]
Kandungan	Kotor	[0 0 35 70]
	Bersih	[70 85 100 100]
Keputusan	Dikirim	[1]
	Ditolak	[0]

Variabel Muatan dibagi menjadi tiga fungsi keanggotaan yang ditandai dengan Kurang, Sedang dan Penuh. Masing-masing fungsi keanggotaan diinginkan bertipe *trimf* dan *trapmf* dengan parameter [0 0 1000 2000], [2000 3000 4000] dan [4000 4500 5000 5000].

Variabel Kandungan dibagi menjadi tiga fungsi keanggotaan yang ditandai dengan Kotor dan Bersih. Masing-masing fungsi keanggotaan diinginkan bertipe *trimf* dan *trapmf* dengan parameter [0 0 35 70], dan [70 85 100 100].

Variabel Keputusan dibagi menjadi tiga fungsi keanggotaan yang dilabeli dengan Dikirim, Dipertimbangkan, dan Tidak dikirim. Masing-masing fungsi keanggotaan diinginkan bertipe *trimf* dan *trapmf* dengan parameter [0 0 40 60], dan [50 70 100 100].

Diketahui nilai setiap variabel dari hasil wawancara bersama Manager Operasional PT Semesta Citra Alam Batam sebagai berikut:

Tabel 3. Variabel Hasil Wawancara

Nama Limbah B3	Muatan	Kandungan
Used Copper Slag	4500	80
Used Garnet	3000	75

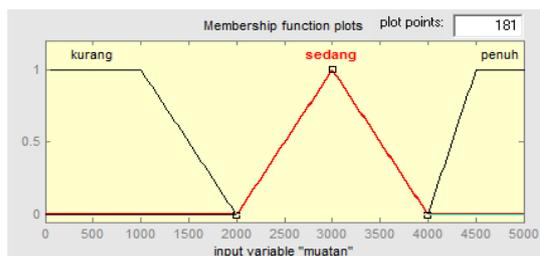
B. Analisa Sistem Untuk Variabel Muatan

Variabel Muatan terdiri dari nilai rata-rata dari Kurang, Sedang, dan Penuh. Muatan dari setiap pengiriman limbah B3 ditinjau dari keuntungan pada setiap pengiriman limbah.

Tabel 4. Himpunan Fuzzy Variabel Muatan

Semesta Pembicaraan	Nama Himpunan Fuzzy	Model MF	Parameter	Domain
0 - 5000	Kurang	Trapmf	[0 0 1000 2000]	0- 2000
0 - 5000	Sedang	Trimf	[2000 3000 4000]	2000 – 4000
0 - 5000	Penuh	Trimf	[4000 4500 5000 5000]	4000 – 5000

Sumber: Penelitian (2023)



Gambar 2. Membership Function Variabel Muatan Sugeno

Fungsi keanggotaan untuk variabel Muatan berisi *Range* dengan [0 0 1000 2000]. Pada *membership function* ganti *name* menjadi penuh, ambil tipe *trimf* (triangular membership function) dan *trapmf* (*trapezium membership function*) selanjutnya isikan parmeternya dengan nilai [4000 4500 5000 5000]. Penilaian komponen tersebut dilakukan untuk mendapatkan nilai Variabel Muatan dan Variabel lain yang dibutuhkan. *Trimf* dan *Trapmf* digunakan untuk menampilkan domain himpunan fuzzy dalam bentuk kurva segitiga dan trapezium pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear).

Pada variabel Muatan data yang dimiliki dapat dibagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu: Kurang, Sedang, dan Penuh. Himpunan *fuzzy* Kurang akan memiliki domain [0 0 1000 2000]. Himpunan *fuzzy* Sedang memiliki domain [2000 3000 4000]. Himpunan *fuzzy* Penuh memiliki domain [4000 4500 5000 5000]. Bentuk perhitungan lokasi secara manual:

$$\mu_{\text{Kurang}} = \begin{cases} 1; & x \leq 1000 \\ (2000 - x)/(2000 - 1000) & 1000 \leq x \leq 2000 \\ 0; & x \geq 2000 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}} = \begin{cases} 0; & x \leq 2000 \text{ atau } x \geq 4000 \\ (x - 2000)/(3000 - 2000); & 2000 \leq x \leq 3000 \\ (4000 - x)/(4000 - 2000); & 3000 \leq x \leq 4000 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Penuh}} = \begin{cases} 0; & x \leq 4000 \\ (x - 4000)/(4500 - 4000) & 4000 \leq x \leq 4500 \\ 1; & 4500 \leq x \leq 5000 \end{cases}$$

1. Mencari Derajat Keanggotaan Variabel (Muatan)

$$\mu_{\text{kurang}}[4500] = 0$$

$$\mu_{\text{sedang}}[4500] = 0$$

$$\mu_{\text{penuh}}[4500] = (c-x)/(c-b)$$

$$= (5000-4500)/(5000-4000)$$

$$= 500/1000$$

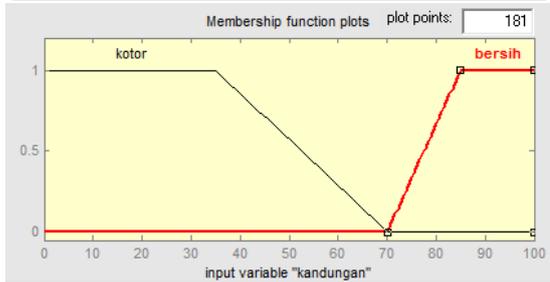
$$= 0,5$$

C. Analisa Sistem untuk Variabel Kandungan

Variabel Kandungan terdiri dari nilai rata-rata dari Kotor dan Bersih. Kandungan dari setiap pengiriman limbah B3 ditinjau dari Kandungan yang ada dalam limbah tidak kotor atau bersih.

Tabel 5. Himpunan Fuzzy Variabel Kandungan

Semesta Pembicaraan	Nama Himpunan Fuzzy	Model MF	Parameter	Domain
0 - 100	Kotor	Trimf	[0 0 35 70]	0 - 70
0 - 100	Bersih	Trimf	[70 85 100 100]	70 - 100



Gambar 3. Membership Function Variabel Kandungan Sugeno

Fungsi keanggotaan untuk variabel Muatan berisi *Range* dengan [0 0 35 70]. Pada *membership function* ganti *name* menjadi bersih, ambil tipe *trimf* (*triangular membership function*) selanjutnya isikan parameternya dengan nilai [70 85 100 100]. Penilaian komponen tersebut dilakukan untuk mendapatkan nilai Variabel Kandungan. *Trimf* digunakan untuk menampilkan domain himpunan fuzzy dalam bentuk kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (*linear*).

Pada variabel Kandungan data yang dimiliki dapat dibagi menjadi 2 himpunan *fuzzy*, yaitu: Kotor dan Bersih. Himpunan *fuzzy* Kotor akan memiliki domain [0 0 35 70]. Himpunan *fuzzy* Bersih memiliki domain [70 85 100 100]. Bentuk perhitungan lokasi secara

$$\mu_{Kotor} = \begin{cases} 1; & x \leq 35 \\ (70 - x)/(70 - 35) & 35 \leq x \leq 75 \\ 0; & x \geq 70 \end{cases}$$

$$\mu_{Penuh} = \begin{cases} 0; & x \leq 70 \\ (x - 70)/(85 - 70) & 70 \leq x \leq 85 \\ 1; & 85 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

2. Mencari Derajat Keanggotaan Variabel (Kandungan)

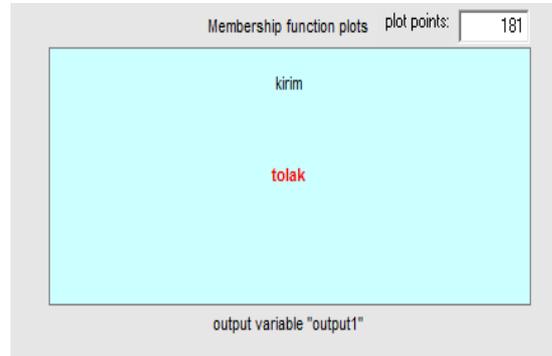
$$\begin{aligned} \mu_{kotor}[80] &= 0 \\ \mu_{bersih}[80] &= (c-x)/(c-b) \\ &= (100-80)/(100-70) \\ &= 20/30 \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

D. Analisa Sistem untuk Variabel Keputusan

Variabel ini merupakan hasil akhir dari penalaran akhir, variabel keputusan terdiri dari ditolak, dipertimbangkan dan dikirim.

Tabel 6. Himpunan Fuzzy Variabel Keputusan

Semesta Pembicaraan	Nama himpunan fuzzy	Model MF	Parameter	Domain	Keterangan
0 - 1	Ditolak	Trimf	0	[0 1]	Tidak Dikirim
0 - 1	Dikirim	Trimf	1	[0 1]	Dikirim



Gambar 4. Membership Function Variabel Keputusan Sugeno

Isikan *Range* dengan [1]. Pada *membership function* ganti *name* menjadi Dikirim, ambil tipe *trimf* (*triangular membership function*) selanjutnya isikan nilai paramnya dengan nilai [0]. *Trimf* digunakan untuk menampilkan domain himpunan *fuzzy* dalam bentuk kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (*linear*).

Pada variabel Kemampuan data yang dimiliki dapat dibagi menjadi 2 himpunan *fuzzy*, yaitu: dikirim dan tidak dikirim. keanggotaan dikirim Himpunan *fuzzy* dikirim akan memiliki domain [1] dan dengan derajat keanggotaan ditolak Himpunan *fuzzy* Sedang maka memiliki domain [1].

E. Basis Pengetahuan (Inference)

Tahap ini merupakan penentuan aturan dari sistem logika kabur. Aturan-aturan dapat 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*.

Peneliti pada tahap inferensi ini menggunakan model Sugeno, dimana aturan didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1 \text{ AND... OR } x_n \text{ is } A_n \text{ THEN } y \text{ is } y = f(x_1, \dots, x_n)$$

Dimana A_1, \dots, A_n dan B adalah nilai-nilai linguistik (atau *fuzzy set*) dan x_1 is A_1 menyatakan bahwa nilai variabel x_1 adalah anggota *fuzzy set* A_1 . Dengan cara *inferensi* yang digunakan adalah cara *clipping* (*alpha-cut*) dan bila di-agregasikan dengan fungsi lain akan menghasilkan untuk yang mudah di-defuzzification.

Aturan yang dipakai adalah berdasarkan wawancara dari maksimal aturan yang dapat dibentuk dan yang terpilih paling banyak oleh responden untuk menyatakan relasi antara *input* dan *output*. Dari pemetaan tersebut terlihat bahwa maksimal aturan sebagai berikut:

Tabel 7. Aturan-Aturan FIS

Aturan	Muatan	Kandungan	Keputusan
R1	Sedang	Bersih	Dikirim
R2	Penuh	Bersih	Dikirim
R3	Sedang	Kotor	Ditolak
R4	Penuh	Kotor	Ditolak

E. Metode Sugeno Menggunakan Operator OR

Dari aturan – aturan FIS, maka aturan yang sesuai dan mungkin dengan basis pengetahuan ada 4 aturan, yaitu:

- [R1] IF Muatan SEDANG, OR Kandungan BERSIH, THEN Hasil Keputusan DIKIRIM
- [R2] IF Muatan PENUH, OR Kandungan BERSIH, THEN Hasil Keputusan DIKIRIM
- [R3] IF Muatan SEDANG, OR Kandungan KOTOR, THEN Hasil Keputusan DITOLAK
- [R4] IF Muatan PENUH, OR Kandungan KOTOR, THEN Hasil Keputusan DITOLAK

F. Pembahasan

a). Implikasi

- [R1] If Muatan SEDANG, or Kandungan BERSIH, then Hasil Keputusan DIKIRIM

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \mu_{\text{MuatanSEDANG}} \square \\ &\mu_{\text{KandunganBERSIH}} \\ &= \max \\ &(\mu_{\text{MuatanSEDANG}}[4500] \square \\ &\mu_{\text{KandunganBERSIH}}[80]) \square \\ &= \max (0 \square 0,6) \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

Dari himpunan variabel hasil keputusan $Z_1 = 1$

- [R2] If Muatan PENUH, or Kandungan BERSIH, then Hasil Keputusan DIKIRIM

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \mu_{\text{MuatanPENUH}} \square \\ &\mu_{\text{KandunganBERSIH}} \\ &= \max (\mu_{\text{MuatanPENUH}}[4500] \\ &\square \mu_{\text{KandunganBERSIH}}[80]) \\ &= \max (0,5 \square 0,6) \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

Dari himpunan variabel hasil keputusan

$$Z_2 = 1$$

- [R3] If Muatan SEDANG, or Kandungan KOTOR, then Hasil Keputusan DITOLAK

$$\begin{aligned} \alpha_3 &= \mu_{\text{MuatanSEDANG}} \square \\ &\mu_{\text{KandunganKOTOR}} \\ &= \max \\ &(\mu_{\text{MuatanSEDANG}}[4500] \square \\ &\mu_{\text{KandunganKOTOR}}[80]) \\ &= \max (0 \square 0) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Dari himpunan variabel hasil keputusan $Z_3 = 0$

- [R4] If Muatan PENUH, or Kandungan KOTOR, then Hasil Keputusan DITOLAK

$$\begin{aligned} \alpha_4 &= \mu_{\text{MuatanPENUH}} \square \\ &\mu_{\text{KandunganKOTOR}} \\ &= \max (\mu_{\text{MuatanPENUH}}[4500] \\ &\square \mu_{\text{KandunganKOTOR}}[80]) \\ &= \max (0,5 \square 0) \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

Dari himpunan variabel hasil keputusan $Z_4 = 0$

b). Defuzzifikasi

$$\begin{aligned} Z &= \frac{(\alpha^1 * z^1) + (\alpha^2 * z^2) + (\alpha^3 * z^3) + (\alpha^4 * z^4)}{\alpha^1 + \alpha^2 + \alpha^3 + \alpha^4} \\ Z &= \frac{(0,6*1)+(0,6*1)+(0*0)+(0,5*0)}{0,6+0,6+0+0,5} \end{aligned}$$

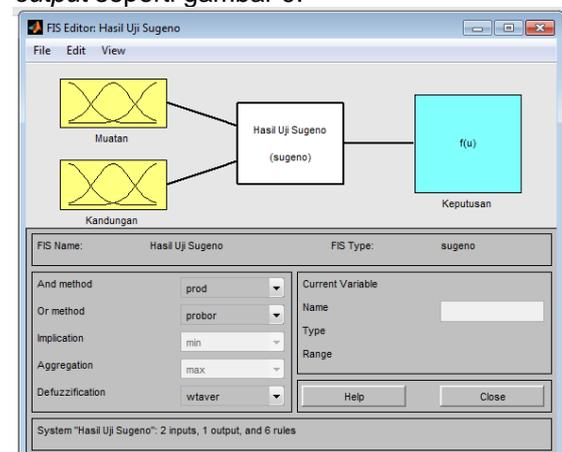
$$Z = \frac{0,6+0,6+0+0}{0,6+0,6+0+0,5}$$

$$Z = \frac{1,2}{1,7}$$

$$Z = 0,71$$

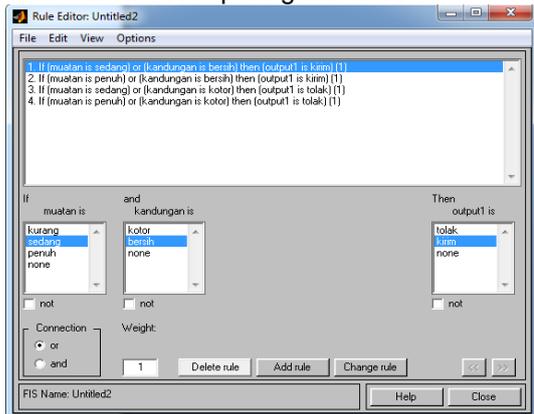
c). Implementasi Sistem

Hasil implementasi logika fuzzy menggunakan metode sugeno dalam menentukan harga jual yang mana lebih akurat dengan aplikasi MATLAB 6.1. setelah setelah memasukkan variabel *input* dan *output* seperti gambar 9:



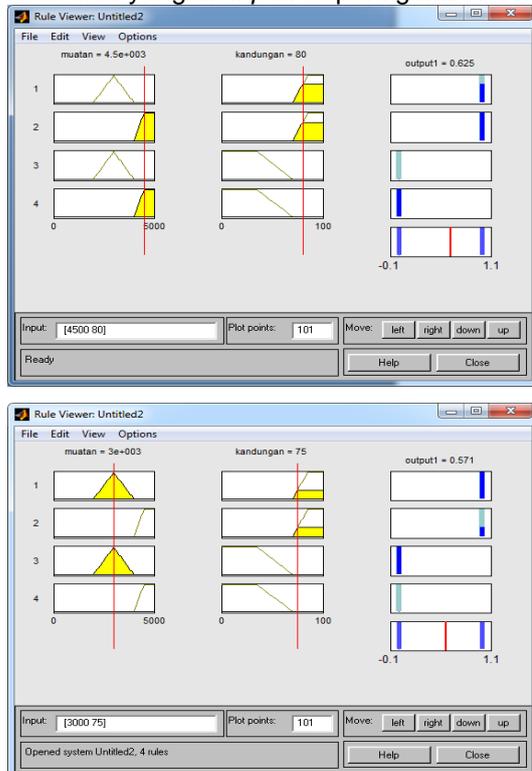
Gambar 9. Variabel *Input* dan *Output* Sugeno

Secara umum, basis pengetahuan (*knowledge base*) adalah suatu bentuk basis data tertentu yang digunakan dalam manajemen pengetahuan (*knowledge management*). Basis pengetahuan berperan dalam proses mengumpulkan, mengorganisasikan, maupun mendapatkan kembali suatu pengetahuan (*knowledge*). Selanjutnya adalah memasukkan aturan berbasis pengetahuan menggunakan *Connection OR* seperti gambar 10:



Gambar 10. Aturan Berbasis Pengetahuan Sugeno

Tahap terakhir adalah *rule viewer* yang digunakan untuk melakukan dan menguji perhitungan hasil defuzzifikasi berdasarkan data-data yang di *input*. Seperti gambar 11:



Gambar 11. *Rule Viewer* Sugeno

Hasil defuzzifikasi menunjukkan **0.571** berada di *range* Keputusan DIKIRIM [1] berarti hasil yang didapatkan sesuai dengan aturannya dan dapat ditetapkan..

5. Kesimpulan

Berdasarkan Pembahasan penelitian dan analisa telah yang dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- Untuk menentukan Pengiriman Limbah B3 membutuhkan Variabel *Input* dan variabel *Output*. Variabel input terdiri dari, Muatan dan Kandungan dan Variabel *Output* berupa keputusan dengan menggunakan Matlab variabel-variabel tersebut nantinya akan menghasilkan *rule-rule* yang akan digunakan untuk menentukan Keputusan dikirim atau Tidak dikirim
- Untuk mendapatkan sebuah Keputusan yang baik, tingkat keakuratannya maka dapat digunakan metode logika *fuzzy*. Metode *Fuzzy* lebih efektif dan efisien digunakan pada sistem pendukung keputusan dalam pengiriman. Serta *Rule* yang digunakan pada sistem *fuzzy* disesuaikan dengan *software* yang digunakan yaitu MATLAB.
- Jika jumlah *membership function*nya lebih banyak maka hasil yang didapat akan lebih valid karena tidak adanya nilai yang *overlap*.

Saran

Sebagai akhir dari penelitian ini, penulis menyampaikan saran-saran yang mungkin bermanfaat bagi siapa saja yang berminat untuk menggunakan sistem ini.

- Dalam menentukan pengiriman limbah B3 menggunakan metode sugeno ini dirasa masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan ada pihak atau peneliti lain yang mau mengembangkan dan melanjutkan penelitian ini.
- Diharapkan dengan dikembangkan sistem pendukung keputusan ini, jumlah *rule-rule* yang digunakan agar lebih banyak lagi sehingga hasil yang didapatkan lebih baik lagi, dan akan lebih sempurna lagi.

6. Daftar Pustaka

- Astawa I Gede Santi, 2012, Penerapan Logika *Fuzzy* Dan Jaringan Syaraf Tiruan Pada Sistem Penilaian Berbasis Komputer, Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI), Volume 1, No. 1
- Achmad Balza. 2006. Kecerdasan Buatan. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

- Agus Naba Eng (2009), Belajar cepat fuzzy logic menggunakan MATLAB, Andi Offset, Yogyakarta.
- Bagus Priyambada, Ika dan Eliza Bhakti Amelia. 2006. Studi Evaluasi Sistem Pengumpulan, Pewadahan, Penyimpanan, dan Pengangkutan Limbah Padat B3 (Studi Kasus PT.Phapros Tbk Semarang). Universitas Diponegoro. Semarang
- Gunandjar. 2011. Pengembangan Teknologi Pengolahan Limbah Cair dari Industri: Imobilisasi Limbah *Sludge* Radioaktif dari Dekomisioning Fasilitas Pemurnian Asam Fosfat Menggunakan Bahan Matriks *Synroc*. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN. Serpong
- Hayudanti Anggarini, Niken, Megi Stefanus dan Prihatiningsih. 2014. Pengelolaan Karakteristik Limbah B3 di Pair Berdasarkan Potensi Bahaya. Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi. Beta Gamma.
- Kasmir dan Jakfar. 2007. Studi kelayakan bisnis, edisi kedua, cetakan ke-4. Kencana Prenada Media Group. Jakarta
- Kusumadewi (2013), Aplikasi logika fuzzy untuk pendukung keputusan, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Leonard Saragih, Jahn dan Welly Herumurti. 2013. Evaluasi Fungsi Insinerator dalam Memusnahkan Limbah B3 di Rumah Sakit TNI Dr.Ramelan Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Mohamed, Mohamed Khaleel. 2014. Enhancement Power Quality with Sugeno-type Fuzzy Logic and Mamadani type Fuzzy Logic base on DVR. University Sebelas Maret. Indonesia.
- Nazir, 2009, Metode Penelitian, Jakarta: Ghalia Indonesia
- Noor. 2012. Metodologi Penelitian Skripsi, Tesis, Desertasi dan Karyawan Ilmiah. Kencana Jakarta
- Ramdhani, Indra, Imam Syaifuddin Rifkan, Noviana Endarsari, dan Sheila Nurul Huda. 2012. Fuzzy Inference System dengan Metode Sugeno Untuk Penentuan Banyaknya Asisten Laboratorium yang Diterima pada saat Rekrutmen. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Rowianto, Ade Prima Viarna, Dewi dan Hengky Honggro. 2011. Aplikasi Pengelolaan Data Pencatatan Transaksi Pengiriman Barang pada PT Jantera Multi Sarana. STMIK MDP Palembang. Palembang.
- Sugiyono, 2010. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D, Cetakan Keempat. Penerbit Alfabeta, Bandung.
- Suryabrata, Sumadi. (2014). *Metodologi Penelitian*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Sutojo (2010), Kecerdasan Buatan , Andi offset, Yogyakarta.
- Suyudi, Yudi. Rawannya Pelanggaran dalam Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan beracun (B3). Widyaiswara Pusdiklat Lingkungan Hidup. Serpong.
- Umar Hamdani, Agus dan Kurnia Rahayu Pratiwi. 2015. Rancangan Bangun Sistem Informasi Jasa Ekspedisi Barang Studi Kasus: PT Garuda Mandiri Trans. Universitas Budi Luhur. Jakarta.
- Umar Husein, 2007, Study Kelayakan Bisnis, Teknik menganalisis kelayakan rencana bisnis secara komprehensif, edisi ke-3 cetakan kesembilan. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.1