

**Determinasi Kualitas LFG untuk Optimasi Pembangkit
Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Menggunakan Fuzzy -
Analytical Hierarchy Process**

THESIS S-2

**Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Magister Teknik
Program Magister Teknik Elektro**



Oleh

AGUS FAHRUDDIN

20601700002

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRY

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

SEMARANG

2021

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS


Determinasi Kualitas LFG untuk Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)
Menggunakan Fuzzy-Analytical Hierarchy Process

Disusun oleh :
Agus Fahrudin
NIM 20601700002

Pembimbing 1


Penguji 1



Dr. Ir. H. Muhammad Haddin, MT
NIDN : 0618066301


Inom Mach Ibnu Subroto, ST, MSc, Ph.D
NIDN : 0613037301


Pembimbing 2

Penguji 2


Arief Marwanto, ST, M.Eng, Ph.D
NIDN : 0626097501

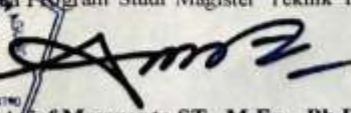

Dr. Sri Artini Dwi Prasetyowati, M.Si
NIDN : 620026501

Penguji 3


Ir. Suryani Alifah, MT., Ph.D
NIDN : 0625036901

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Magister Teknik Elektro
Semarang, 25 Juni 2021
Program Studi Magister Teknik Elektro




Arief Marwanto, ST., M.Eng, Ph.D
NIDN: 0626097501

HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Agus Fahrudin

NIM : 20601700002

Judul Tesis : Determinasi Kualitas LFG untuk Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) Menggunakan Fuzzy - Analytical Hierarchy Process

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul dan isi tesis yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Magister (S2) Teknik Elektro tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian. Apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul tesis tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, Juni 2021

Yang Menyatakan


Agus Fahrudin

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji bagi ALLAH SWT SWT atas karunia-Nya maka penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan penelitian dengan judul ***“Determinasi Produksi Lfg Pltsa Jatibarang Menggunakan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process”***

Penyusunan Tesis ini adalah merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister pada Fakultas Teknologi Industri di Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam penyelesaian, banyak pihak yang berjasa kepada penulis. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Novi Marlyana, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Arief Marwanto, ST., M.Eng., PhD. Kepala Prodi Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang dan selaku Dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan aktif dan dorongan dalam penyusunan penelitian ini.
3. Dosen pembimbing I Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, motivasi dan dorongan dalam penyusunan penelitian ini.
4. Orang Tua dan Keluarga atas perhatian dan bantuannya sehingga penulis selesai menyusun penelitian ini.
5. Sahabat yang selalu mendukung dan memotivasi. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan studi.

Semoga thesis ini dapat memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan terutama untuk kepentingan PLTSa landfill gas dan sistem pendukung keputusan. Penulis menyadari bahwa

penelitian ini belum sempurna, baik dari segi materi maupun penyajiannya, untuk itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan dalam penyempurnaan penelitian ini.

Semarang, Juni 2021

Penulis

Agus Fahrudin



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Maksud dan Tujuan.....	3
1.5 Keaslian Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Pengolahan Sampah	7
2.2.2 Pencemaran Udara.....	7
2.2.3 Gas Rumah Kaca.....	8
2.2.4 Pemanasan Global.....	8
2.3 Emisi Gas	8
2.3.1 Metana.....	8
2.3.2 Karbon Dioksida	9
2.3.3 Karbon Monoksida.....	9
2.3.4 Sulfur Oksida	10
2.3.5 Nitrogen Dioksida	10
2.4 Perhitungan Emisi Gas	10
2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Sampah	11

2.5.1 PLTSa.....	11
2.5.2 Teknologi Incenerator	12
2.5.3 Boiler	13
2.5.4 <i>Turbin</i>	13
2.6 Potensi Landfill Gas	14
2.7 Produksi PLTSa	16
2.7.1 Proses Konversi Gas Biologis	16
2.7.2 Teknologi PLTSa Jatibarang	17
2.7.3 Vertical Extraction Well ²⁵	18
2.7.4 Instalasi Pipa Saluran Sanitary Landfill.....	20
2.7.5 Capping	21
2.7.6 Condensator.....	22
2.7.7 Desulfur.....	22
2.7.8 Blower	23
2.7.9 LFG	23
2.8 Metode Peramalan Analisis Deret Waktu	24
2.8.1 Metode Moving Average	25
2.9 Fuzzifikasi	26
2.9.1 Analytical Hierarcy Process	27
2.10 Fuzzy AHP (Analytical Hierarchy Process).....	28

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Model Penelitian.....	30
3.2 Alat Pendukung dan Bahan	34
3.3 Teknik Pengumpulan Data`	34
3.3.1 Data Sampah.....	34
3.3.2 Sumber dan Komposisi Sampah.....	35
3.3.3 Potensi Jumlah Gas	36
3.4 FIS	36
3.4.1 Fuzzyfikasi	36
3.4.2 Fungsi Keanggotaan	38
3.4.3 Rule Base Fuzzy	44

3.5 Fuzzy AHP	44
---------------------	----

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	47
4.1.1 Potensi LFG dan Energi Listrik	47
4.1.2 fuzzifikasi LFG MATLAB	48
4.1.3 Hasil F-AHP	49
4.2 Pembahasan	50
4.2.1 Peramalan Jumlah Sampah	50
4.2.2 Analisa Pemanfaatan Potensi Landfill Gas	55
4.2.3 Analisa Gas Collection PLTSa	57
4.2.4 Analisa Emis Gas Rumah Kaca	60
4.3 Analisa FIS LFG	61
4.4 Galat Presentase MAPE	71
4.5 Analisa Fuzzy AHP	72

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran	78

DAFTAR PUSTAKA	79
-----------------------------	----

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Metode Insinerasi	11
Gambar 2.2	Metode Gasifikasi.....	11
Gambar 2.3	Pembentukan Biogas... ..	17
Gambar 2.4	Sistem Pemipaan Sumur Gas	19
Gambar 2.5	Instalasi Pimipaan Landfill	19
Gambar 2.6	Jaringan Pemipaan <i>Sanitary Landfill</i>	20
Gambar 2.7	Capping Geomembran PLTSa Jatibarang	22
Gambar 3.1	Model Penelitian.....	30
Gambar 3.2	Flowchat Sistem Model Penelitian.....	32
Gambar 3.3	Flowchart proses fuzzifikasi.....	37
Gambar 3.4	Diagram fuzzifikasi dengan toolbox Matlab FIS.....	38
Gambar 3.5	Himpunan Keanggotaan Gas Metana	39
Gambar 3.6	Himpunan Keanggotaan Karbondioksida	40
Gambar 3.7	Himpunan Keanggotaan Oksigen	41
Gambar 3.8	Himpunan Keanggotaan Hidrosulfur	42
Gambar 3.9	Himpunan Keanggotaan Cuaca.....	43
Gambar 3.10	Flow Chat FUZZY AHP.....	45
Gambar 4.1	Hasil Forecasting Moving Avarage	50
Gambar 4.2	Grafik Hasil Forecasting Moving Avarage	51
Gambar 4.3	Diagram Fuzzifikasi Toolbox Matlab.....	61
Gambar 4.4	Program Deteksi Kualitas LFG Matlab	62
Gambar 4.5	Derajat Keanggotaan Himpunan Kasus 2 CH ₄	64
Gambar 4.6	Derajat Keanggotaan Himpunan Kasus 2 CO ₂	65
Gambar 4.7	Derajat Keanggotaan Himpunan Kasus 2 O ₂	65
Gambar 4.8	Derajat Keanggotaan Himpunan Kasus 2 H ₂ S.....	66
Gambar 4.9	Derajat Keanggotaan Himpunan Kasus 2 Cuaca.....	66
Gambar 4.10	Ilustrasi Fungsi Implikasi : Min [R99]	67
Gambar 4.11	Ilustrasi Fungsi Implikasi : Min [R87]	68
Gambar 4.12	Ilustrasi Fungsi Implikasi : Min [R63]	68

Gambar 4.13 Ilustrasi Fungsi Implikasi : Min [R62]69

Gambar 4.14 Struktur Hirarki kualitas Gas PLTSA Jati Barang72



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Kalori Berbagai Jenis Sampah Kota.....	13
Tabel 2.2	Konversi Gas Metana.....	15
Tabel 3.1	Jumlah Sampah Semarang	35
Tabel 3.2	Komposisi Sampah.....	36
Tabel 3.3	Potensi Gas Yang Dihasilkan Dari Landfill.....	37
Tabel 3.4	Persentase Kandungan Zat PLTSA.....	38
Tabel 4.1	Potensi LFG dan Energi Listrik.....	47
Tabel 4.2	Value LFG.....	48
Tabel 4.3	Data Nilai Bulan.....	49
Tabel 4.4	kesimpulan dan Perangkingan Bobot Global.....	49
Tabel 4.5	Peramalan Sampah Periode 2021 sd 2030	51
Tabel 4.6	Arithmetic Straight Line Method.....	52
Tabel 4.7	Arithmetic Geometric Curve Method.....	53
Tabel 4.8	Arithmetic Geometric Curve Method.....	53
Tabel 4.9	Arithmetic Statistical Semi Log Method	54
Tabel 4.10	Mean Absolute Percent Error (MAPE).....	54
Tabel 4.11	Perhitungan Nilai K.....	55
Tabel 4.12	Potensi Jumlah Gas.....	56
Tabel 4.13	Recoverable Biogas.....	57
Tabel 4.14	Jumlah Gas Metana Terkumpul	58
Tabel 4.15	Potensi Energi Listrik.....	59
Tabel 4.16	Sampling Data Pengukuran Parameter Gas	63
Tabel 4.17	Galat Presentase MAPE	71
Tabel 4.18	Perbandingan Matrik Berpasangan	73
Tabel 4.19	Perhitungan Jumlah Baris Tiap Kolom	73
Tabel 4.20	Kesimpulan Perhitungan Nilai Sintesis Fuzzy	74
Tabel 4.21	Kesimpulan dan Perankingan Bobot Global	75

ABSTRAK

Bertambahnya jumlah penduduk perbanding lurus dengan bertambahnya jumlah konsumsi penduduk maka bertambah pula jumlah timbunan sampah yang dihasilkan yang akan terus meningkat setiap tahunnya. Hal ini tentu menimbulkan sejumlah persoalan diantaranya produksi sampah yang terus meningkat, pengelolaan lahan yang luas, transportasi pengangkutan sampah dan dampak lingkungan polutan yang dihasilkan. Sampah yang tidak di kelola dengan baik akan menyebabkan pencemaran di lingkungan. Salah satu solusi permasalahan ini adalah membuat sampah tersebut untuk dikonversikan menjadi energi alternative berupa PLTSa.

Penelitian ini membahas tentang Determinasi Produksi Kualitas Landfill Gas PLTSa Jatibarang. Model ditetapkan sebagai sebuah tolak ukur parameter kualitas output gas LFG pada proses PLTSa dengan sistem Insinerasi. Parameter yang ditetapkan antara lain: CH₄; CO₂; O₂; H₂S dan Cuaca. Fuzzy AHP digunakan untuk menentukan kualitas gas LFG berdasar pada parameter input yang ada pada TPA dan PLTSa.

Hasil menunjukkan bahwa Fuzzi AHP mampu memberikan nilai output kualitas gas dengan tingkat akurasi 79 %. Dengan konstanata rata-rata metana kondisi sampah terurai cepat 64%, terurai perlahan 14% dan terurai lambat 22% maka model sanitary landfill menghasilkan emisi maksimal gas metana sebesar 12.462.329 m³ pada tahun 2021 dengan potensi energi listrik maksimal yang dihasilkan 2,6 MW. Emisi gas yang terlepas keudara pada tahun 2021 adalah 60.354 ton/tahun CH₄ dan 2.063 ton/tahun kandungan CO₂. Sedangkan faktor yang paling mempengaruhi kualitas gas LFG yaitu kandungan gas metana, karbon dioksia dan kondisi cuaca.

Kata kunci: Determinasi Kualitas LFG, Lanfill Gas, PLTSa, Fuzzy AHP

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kota Semarang memiliki 16 kecamatan dan 177 kelurahan. Tahun 2019 jumlah penduduknya diperkirakan sebesar 1.814.110 jiwa dan luas wilayah 373,78 km², dengan laju pertumbuhan 1,75 %. Semakin bertambahnya jumlah penduduk perbanding lurus dengan bertambahnya jumlah konsumsi penduduk maka mengakibatkan bertambahnya volume timbunan sampah yang dihasilkan yang terus meningkat setiap tahunnya, hal ini mengakibatkan meningkatnya produksi sampah [1].

Untuk mengatasi permasalahan sampah diperlukan adanya pengelolaan dan pengolahan sampah yang sesuai aturan dari baik segi penyediaan lahan, transportasi dan pengendalian emisi polutan. Banyaknya sampah yang tidak dikelola dan dimanfaatkan akan menimbulkan permasalahan lingkungan yang menghasilkan emisi gas methane (CH₄) dan karbondioksida (CO₂). Sedangkan pada sisi lain sampah sangat berpotensi untuk menghasilkan energi biomassa yang dapat dikonversi menjadi energi listrik [2].

Sejalan dengan program Pemerintah tentang pemanfaatan Energi Baru dan Terbarukan (EBT) dengan target sebesar 23% pada tahun 2025 yang mana nantinya pembangkit listrik berbasis tenaga sampah (PLTSa) ditargetkan akan dibangun dan dikembangkan di 9 provinsi yang tersebar di seluruh Indonesia. Salah satu sumber EBT yang potensial untuk dikembangkan adalah biomassa, biogas, dan sampah kota. Dimana dari sekitar 20 ribu ton sampah yang dihasilkan di sejumlah TPA besar, dapat menghasilkan sekitar 251 MW potensi thermal dan 34,9 MW Landfill Gas [3].

Tempat pembuangan akhir (TPA) mengandung sampah organik yang dapat mengemisikan LFG (Landfill Gas) yang dihasilkan secara kontinyu oleh mikroba pada keadaan anaerob. LFG mengandung paling banyak gas metana dan karbondioksida, dimana kedua gas ini merupakan gas rumah kaca, selain

itu adanya gas metana di TPA dapat menyebabkan terjadinya kebakaran bahkan ledakan [3].

Prinsip dalam desain memanfaatkan gas adalah pada kualitas gas yang sesuai dengan kebutuhan pemakaian dan kapasitas pada sistem perencanaan yang mana kapasitas desain sistem dihitung berdasarkan: proyeksi gas yang dapat dihasilkan, laju produktivitas gas, dan estimasi presentasi gas yang dimanfaatkan. Generator dengan suplai yang tidak kontinyu akan mengurangi efisiensi mesin bahkan dapat mengakibatkan mesin mudah rusak. Ukuran kemampuan sistem dalam pengumpulan hasil produksi gas LFG merupakan efisiensi dalam perkiraan kolektif yang mana recovery LFG dapat diperkirakan dengan perkalian model dengan efisiensi persentase pada pengumpulan gas untuk pada volume LFG yang dapat direcoveri untuk proses pembakaran maupun penggunaan dalam konversi energi LFG [3].

Mestipun laju penangkapan gas TPA dapat diukur akan tetapi laju produksi gas TPA tidak dapat diukur secara pasti. Oleh karena itu terdapat ketidakpastian yang cukup besar tentang efisiensi pada pengumpulan aktual yang dicapai pada tempat pembuangan sampah [4]

Solusi yang diberikan oleh penelitian ini adalah menentukan kualitas produksi gas LFG PLTSa, yang mana nantinya akan diketahui hasil output kualitas gas setelah terkumpul di tempat penampung gas. Seiring dengan perkembangan teknologi komputer, kecerdasan buatan ditambahkan ke sistem komputer yang dapat mengadaptasi mesin komputer untuk bekerja seperti manusia. Fuzzi Hierarchical Analytical Process (F-AHP) merupakan suatu metode analisis yang dikembangkan dari AHP tradisional. Fuzzi AHP juga merupakan kombinasi dari pendekatan konseptual Fuzzi dan metode AHP [5].

Berdasarkan latar belakang diatas diperlukan adanya analisa kualitas produksi gas landfill pada pltsa jati barang dengan jumlah dan jenis sampah serta potensi gas yang dihasilkan maka akan diperoleh perkiraan produksi gas dan energi yang dihasilkan dan untuk dapat mengetahui kualitas gas yang dihasilkan maka digunakan metode Fuzzy AHP.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dijabarkan perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana memprediksi estimasi produksi gas, potensi emisi gas dan potensi estimasi energi listrik yang dihasilkan dari volume jumlah dan jenis sampah yang ada pada PLTSa jatibarang?
2. Bagaimana metode Fuzzi Analitical Hirarki Proses dapat digunakan sebagai Decision Support System untuk menganalisa produksi landfill gas di PLTSa Jatibarang?
3. Bagaimana metode Fuzzi Analitical Hirarki Proses dapat digunakan sebagai Decision Support System dalam meranking bulan optimal berdasarkan kualitas LFG?

1.3 Batasan masalah

Agar penelitian ini dapat dilakukan lebih fokus dan mendalam maka penulis memandang permasalahan penelitian yang diangkat perlu dibatasi variabelnya. Oleh sebab itu, penulis membatasi batasan masalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian berada di PLTSa Jatibarang, kota Semarang provinsi Jawa Tengah.
2. Memprediksi jumlah potensi produksi gas
3. Penelitian ini mengumpulkan data di PLTSa Jatibarang
4. Penelitian ini menggunakan softawe POM QM v5 dan Matlab 2018a.

1.4 Maksud Dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan yang ingin dicapai dalam analisis produksi landfill gas pembangkit listrik tenaga sampah dengan metode Fuzzy AHP adalah sebagai berikut:

1. Menghitung dan memprediksi estimasi produksi gas, potensi emisi gas dan estimasi energi listrik yang dihasilkan pada PLTSa jatibarang.

2. Menentukan kualitas produksi landfill gas di PLTSa Jatibarang.
3. Menentukan ranking bulan optimum berdasarkan kualitas LFG.

1.5 Keaslian Penelitian

Berdasarkan penelusuran serta tinjauan pustaka yang telah dilakukan terkait dengan penelitian emisi gas karbon pada landfill gas PLTSa maka didapatkan beberapa penelitian yang berkaitan, yaitu:

- a) Desain Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Menggunakan Teknologi Pembakaran Yang Fisibel Studi Kasus TPST Bantargebang [6]. Penelitian ini menitik beratkan pada kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah(PLTSa) dengan terdapatnya teknologi pembakaran yang dibentuk di TPST Bantargebang. Dalam penelitian ini dilakukan evaluasi di enam aspek: kebutuhan listrik, teknologi PLTSa, ekonomi finansial, lokasi, sosial dan lingkungan, dan regulasi.
- b) Studi kelayakan pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) di TPA Kota Banda Aceh [7]. Penelitian ini menggunakan metode least cost untuk menghitung analisa ekonomi untuk menentukan nilai NPV, ROI, BCR, PP. Dari hasil perhitungan metode least cost diperoleh hasil penelitian dengan besaran potensi gas serta energi yang dihasilkan.

Berdasarkan kajian-kajian terhadap penelitian diatas, untuk menganalisa produksi landfill gas di PLTSa Jatibarang maka digunakan metode Fuzzi Analisis Hirarky Proses (FAHP) digunakan sebagai Decision Support Systems untuk penentuan kualitas produksi landfill gas di PLTSa Jatibarang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sejumlah penelitian mengenai Produksi Landfill gas Pembangkit Listrik Tenaga Sampah telah dilakukan oleh beberapa peneliti, antara lain:

- a. Analisis Produksi Gas Metana (CH_4) dan Karbon Dioksida (CO_2) dari Tempat Pembuangan Akhir Kota Pekanbaru [8]. Penelitian ini menghitung masa layanan TPA Kota Pekanbaru berdasarkan perhitungan dan proyeksi data sampah masuk TPA (*weight volume analysis*) dari jembatan timbang dengan mempertimbangkan faktor kompaksi dan volume timbulan yang direduksi oleh pemulung di TPA pada masa operasional TPA, dilanjutkan dengan prediksi timbulan gas metana dan gas karbondioksida sebagai output dari spreadsheet LandGEM (Landfill Gas Emission) dengan data input berupa data sampah masuk TPA tahunan hingga kapasitas TPA terpenuhi.
- b. Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process Untuk Pemilihan Tipe Terminal LNG: Studi Kasus Wilayah Ambon [9]. Penelitian ini menitikberatkan proses pemilihan tipe terminal hub LNG dilakukan dengan menggunakan metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process. Fuzzy-AHP merupakan pengembangan dari metode AHP dengan pendekatan konsep fuzzy. Terdapat lima pertimbangan dalam pemilihan tipe terminal LNG diantaranya yaitu aspek teknis, aspek finansial, aspek safety & security, aspek lingkungan dan aspek sosial ekonomi.
- c. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Organik Zero Waste Di Kabupaten Tegal [10]. Penelitian ini menitikberatkan pada sistem pengolahan sampah organik yang ada di Kabupaten Tegal dengan menggunakan sistem pengolahan sampah zero waste yaitu sampah organik dirubah menjadi biogas melalui proses fermentasi yang dibantu oleh bakteri secara anaerob di dalam reaktor biodigester. Biogas tersebut ditampung di dalam tempat penampungan untuk kemudian didistribusikan ke dalam

genset biogas sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Sisa pengolahan biogas dirubah menjadi pupuk cair dan pupuk kompos.

- d. Analisis Potensi Sampah Sebagai Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (Pltsa) Di Pekanbaru [11]. Penelitian ini mengidentifikasi dan mengukur potensi sampah kota Pekanbaru yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar pembangkit, baik dengan teknologi landfiil atau dengan teknologi thermal sebagai sumber energi listrik alternatif berbasis renewable energi.

Dari penelitian-penelitian terdahulu secara umum menitik beratkan pada salah satu parameter potensi PLTSa saja, tetapi belum membahas tentang kualitas landfill gas dari potensi Emisi gas PLTSa.

Penelitian ini memfokuskan pada permasalahan penentuan kualitas emisi gas yang dihasilkan landfill gas emisi (LFG) dengan menggunakan fuzzy HAP dimana kualitas produksi landfill gas dipengaruhi oleh kadar gas metana, karbon dioksida, oksigen dan sulfildioksida yang terdampak pada kondisi cuaca .

2.2 Landasan Teori

Sampah ialah konsekuensi dari aktivitas kegiatan manusia, sebab setiap kegiatan manusia pasti akan menciptakan buangan ataupun sampah yang tidak terpakai. Jumlah ataupun volume sampah sebanding dengan tingkatan mengkonsumsi terhadap benda serta material yang digunakan tiap hari. Dalam satu hari tiap masyarakat kota menghasilkan rata- rata 900 gr sampah campuran rumah tangga dengan komposisi tersusus dari 70% sampah organik dan 30% selebihnya adalah sampah anorganik. Kenaikan jumlah volume sampah sangat berpengaruh terhadap gaya hidup dan jumlah penduduk dalam satu kota [12].

Dilihat dari sifat kimia sampah dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

1. Sampah organik yaitu jenis sampah yang mudah terurai, jenis sampah organik berasal dari alam itu sendiri yang terdiri dari sampah buangan dari unsur tumbuhan maupun hewan organisme hidup.

2. Sampah anorganik yaitu jenis sampah yang sulit untuk terurai merupakan buangan dari produksi organisme tidak hidup dan merupakan hasil dari campur tangan manusia.

Sampah yang ada di perkotaan sebagian besar adalah sampah organik dimana sebagian besar dari sampah tersebut adalah sampah yang berasal dari alam yang terdiri dari hasil buangan rumah tangga seperti sisa makanan, sayuran, maupun kotoran hewan.

2.2.1. Pengolahan Sampah

Untuk pengolahan sampah dapat dilakukan dengan cara menerapkan prinsip 4R untuk pengelolaan sampah yaitu:

1. Reduce (Mengurangi pemakaian barang yang tidak perlu)
2. Reuse (Memakai kembali barang yang masih dapat digunakan)
3. Recycle (Mendaur ulang menjadi barang yang bernilai baru)
4. Replace (Mengganti dengan nilai yg lebih efisien penggunaan)

Pada umumnya sebagian besar sampah yang dihasilkan di Indonesia merupakan sampah organik, yaitu mencakup 60-70% dari total volume sampah. Selama ini pengelolaan sampah, terutama di perkotaan tidak efisien dan efektif karena pengelolaan sampah bersifat terpusat dan sistem pembuangan limbah yang tercampur antara organik dan anorganik [12].

2.2.2 Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah tercampurnya zat, atau energi, atau komponen lain kedalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya berdasarkan Peraturan Pemerintah RI no 41 Tahun 1999[13]. Prinsip pencemaran udara adalah ketika polutan udara dapat mempengaruhi keseimbangan gas normal di udara dan dapat mengakibatkan pengaruh negative pada manusia, hewan, maupun tumbuhan.

Gas-gas penyebab pencemaran udara terdiri dari partikulat, hidrokarbon (HC), sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC),

Nitrogen oksida (NO₂, timah (Pb), ozon, dan senyawa organik volatil (VOC). Gas-gas tersebut merupakan polutan antropogenik yang menimbulkan pencemaran udara yang dapat membahayakan kehidupan manusia [14].

2.2.3 Gas Rumah Kaca di Indonesia

Gas rumah kaca (GRK) adalah gas yang ada di atmosfer dan memiliki fungsi menyerap sinar infra merah untuk yang berpengaruh langsung terhadap suhu di bumi. Gas rumah kaca didefinisikan sebagai gas yang terdapat di atmosfer berfungsi sebagai penyerapan dari aktivitas radiasi secara alami maupun akibat buatan manusia. Sebagian radiasi matahari dalam bentuk gelombang pendek yang diterima permukaan bumi dipancarkan kembali ke atmosfer dalam bentuk radiasi gelombang panjang (radiasi inframerah). Radiasi gelombang yang tertahan akibat adanya gas rumah kaca akan menimbulkan efek panas yang disebut Efek Rumah Kaca [14].

2.2.4 Pemanasan Global

Pemanasan global adalah suatu fenomena di mana peningkatan suhu permukaan bumi menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem. Suhu permukaan bumi telah mengalami peningkatan dalam beberapa tahun terakhir dengan rata-rata meningkat sebesar $0,74 \pm 0,18$ °C dan terus mengalami peningkatan hingga kini. Peningkatan emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida, metana, nitrous oxide, hydrofluorocarbons, perfluorocarbons dan sulfur hexafluoride di atmosfer merupakan penyebab meningkatnya suhu dipermukaan bumi. Sebagian besar gas emisi terbentuk dari pembakaran dan deforestasi. Karena kehidupan karbon dioksida (CO₂) di atmosfer diperkirakan 50 hingga 200 tahun, pemanasan diperkirakan akan terus berlanjut [15].

2.3 Emisi Gas

2.3.1 Metana (CH₄)

Gas metana adalah gas yang molekulnya terdiri dari satu atom karbon dan empat atom hidrogen. Metana mudah terbakar dan menghasilkan karbon

dioksida sebagai produk sampingan. Metana adalah gas rumah kaca yang paling melimpah kedua setelah CO₂ di atmosfer, dan keberadaannya dapat dikurangi melalui reaksi kimia dengan radikal hidroksil. Selain itu, potensi pemanasan global gas metana adalah 21-23 setara karbon dioksida, yang berarti dalam 100 tahun, setiap kilogram metana yang dipancarkan ke atmosfer berdampak pada iklim bumi 21-23 kali lipat dari karbon dioksida. Metana Gas menyerap sebagian dari frekuensi radiasi infra merah yang seharusnya ditransmisikan ke luar angkasa (dipancarkan dari permukaan bumi) [16].

2.3.2 Karbon Dioksida

Karbon dioksida (CO₂) adalah senyawa yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan satu atom karbon. Pada udara terdapat tiga untuk gas yaitu oksigen, karbon dioksida, dan ozon. Kandungan gas CO₂ di udara murni adalah 0,03%, jika nilai gas CO lebih dari yang diperbolehkan maka akan mengganggu pernapasan. Selain itu, terlalu banyak gas karbon dioksida di bumi akan membatasi panas matahari dan meningkatkan suhu bumi. Pemanasan global yang disebabkan oleh karbon dioksida disebut juga efek rumah kaca [16].

2.3.3 Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) merupakan unsur pencemar udara terbesar dengan unsur gas CO tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa yang terdiri dari atom karbon yang terikat secara kovalen dengan atom oksigen. Ikatan ini memiliki dua ikatan kovalen dan ikatan kovalen koordinasi antara atom karbon dan oksigen. CO dapat terbentuk secara ilmiah di sekitar lingkungan dengan sumber utamanya adalah manusia. Efek dari gas CO sendiri pada kesehatan manusia adalah gas karbon monoksida mengganggu sistem pengikatan oksigen pada pernafasan manusia dan penyerang sistem darah pada manusia dikarenakan karbon monoksida lebih mudah mengikat darah daripada oksigen dan gas lainnya. Kematian pada manusia bisa terjadi ketika darah terkontaminasi dengan gas mencapai 70% sampai 80% karbon monoksida.

2.3.4 Sulfur Oksida (SO₂)

Senyawa rumus SO₂ merupakan gas beracun dengan ciri bau yang sangat menyengat, senyawa SO₂ bisa berasal dari gunung berapi maupun proses industri kegiatan tertentu. Pencemaran senyawa SO₂ disebabkan oleh sulfur dioksida (SO₂) dan Sulfur trioksida (SO₃) dimana pada kedua komponen sulfur tersebut terdapat sulfur oksida (SO_x), Sulfur dioksida mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak mudah terbakar di udara. Sulfur trioksida adalah gas tidak reaktif. Pencemaran SO_x akan memberikan dampak pada manusia dan hewan serta kerusakan pada tanaman yaitu menyebabkan iritasi sistem pernafasan pada kadar melebihi 5 ppm [16].

2.3.5 Nitrogen Dioksida (NO₂)

Nitrogen Dioksida adalah senyawa dengan rumus kimia NO₂. Nitrogen Dioksida merupakan salah satu dari banyak dinitrogen oksida, diman digunakan sebagai bahan baku sintesis untuk produksi asam nitrat dengan jumlah produksi mencapai jutaan ton per tahun. Oksida nitrat (NO_x) terdiri dari oksida nitrat (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). NO lebih banyak terdapat di udara daripada NO₂. Pembentukan NO dan NO₂ merupakan reaksi nitrogen dan oksigen di udara membentuk NO, bereaksi dengan lebih banyak oksigen membentuk NO₂. Kandungan nitrogen di udara adalah 78%. NO₂ adalah gas yang beracun bagi manusia dan dapat menyebabkan pneumonia [16].

2.4 Perhitungan Emisi Gas [17]

Untuk menghitung jumlah emisi gas rumah kaca dari pengelolaan sampah secara biologi dapat dilihat pada persamaan (2.1) dan (2.2).

$$\text{Emisi CH}_4 = \sum(((M_i \times EF) * 10^{-3}) - R) \times \text{GWP} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum(((M_i \times EF) * 10^{-3}) - R) \times \text{GWP} \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan: M_i = Jumlah Masa gas (Gg/tahun)

EF = Faktor emisi gas (g)

EF CH₄ = 4 g CH₄/kg

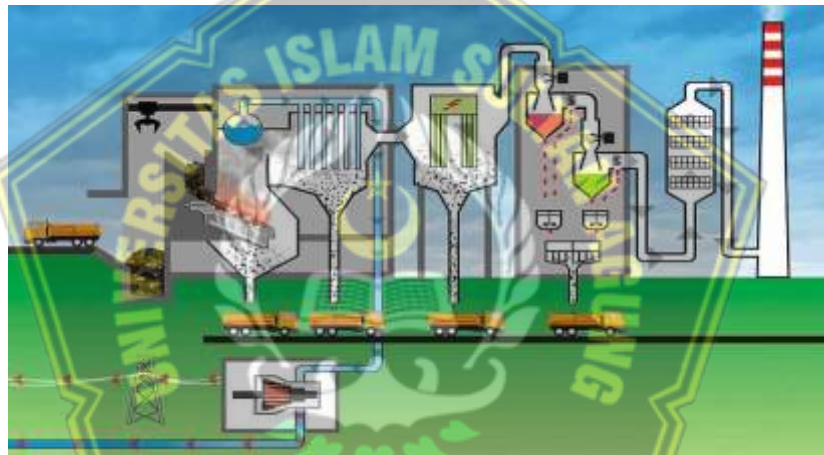
EF CO₂ = 0,90 g CO₂/kg

R = Jumlah Gas Recovery

GWP = Potensi Pemanasan Global

2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)

Pembangkit listrik tenaga sampah adalah pembangkit yang dapat menghasilkan listrik dengan menggunakan bahan bakar utama sampah [18]. Prinsip pembangkitan PLTSA dilakukan dengan 2 cara yaitu proses *Incineration* yaitu dengan cara pembakaran sampah dan *Gasifikasi*, yaitu dengan pengumpulan gas yang kemudian dikonversikan ke energi listrik, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan 2.2.



Gambar 2.1. Metode Insinerasi [18]



Gambar 2.2 Metode Gasifikasi [18]

Pada prinsip kerja pembangkit listrik tenaga sampah terdapat dua macam yaitu: proses pembakaran (thermal) dan proses teknologi fermentasi metana (gasifikasi)

- a. Proses pembakaran pada PLTSa adalah dengan menggunakan proses konversi thermal dalam mengolah sampah menjadi energi listrik. Yaitu dilakukan pembakaran sampah.
- b. Proses gasifikasi adalah pemanfaatan gas dari sampah terkumpul dengan menggunakan metode sanitary landfill yaitu memanfaatkan gas yang telah terkumpul dari sampah terurai yang dipadatkan (gas sanitary landfill) kemudian disalurkan ke *power house*. Landfill Gas (LFG) adalah hasil dari proses dekomposisi timbunan sampah yang terdiri dari unsur gas metan (CH_4), karbon dioksida (CO_2), oksigen (O_2), sulfur dioksida (H_2S).

2.5.1 Teknologi Incenerator

Teknologi insinerator adalah metode pengolahan limbah dengan pembakaran limbah pada suhu tinggi. Sistem pembakaran/ Incenerasi dengan suhu tinggi disebut juga dengan *heat treatment* [19]. Dalam proses pembakaran sampah, bahan bakar yang digunakan harus berkualitas baik. Ada sejumlah persyaratan limbah sebagai bahan bakar untuk insinerator agar pembakaran dapat dilakukan dengan baik yaitu sebagai berikut:

1. Sampah harus memiliki nilai kalori 7 MJ/ kg. Jika nilai kalori sampah kurang dari 7 MJ/ kg maka diperlukan perlakuan pre-treatment dimana sampah diberikan bahan bakar tambahan supaya nilai kalori meningkat dan proses insinerasi bisa berjalan kontinu.
2. Pasokan sampah minimal 50.000 ton/ tahun agar proses insinerasi berjalan stabil.

Tabel 2.1 Nilai kalori jenis sampah dalam incinerator [20]

Tipe sampah	Berat Jenis	
	kJ/kg	Kcal/kg
Sampah Rumah Tangga	6.300 - 10.500	1.500 - 2.500
Bulky Waste	10.500 - 16.800	2.500 – 4000
Sampah Komersial Dan Industri	7.600 - 12.600	1.800 – 3000
Minyak Bekas	33.600 - 42.000	8.000 - 10.000
Limbah Lumpur (75% Kandungan Air)	1.200	290
Residu Dari Kompos	6.300 - 10.500	1.500 - 2.500

2.5.2 Boiler

Boiler atau biasa disebut juga ketel uap adalah sebuah Mesin atau alat yang digunakan untuk menghasilkan uap pada temperatur dan tekanan tertentu dengan cara memanaskan air di dalam boiler. Pada dasarnya ketel uap terdiri dari pipa-pipa besar dan kecil yang disusun sedemikian rupa sehingga air dan uap dapat menerima panas dari pembakaran bahan bakar dan menghasilkan uap. Utility Boiler memproduksi uap untuk digunakan untuk memutar turbin uap sehingga dapat menghasilkan tenaga listrik. Kapasitas besar dan tinggi tekanan uap dan suhu tinggi, efisiensi tinggi, kompor built-in dengan pipa air burner sangat mempengaruhi kapasitas hasil output boiler [21].

2.5.3 Turbin

Turbin adalah alat konversi energi jenis fluida motor, yang berfungsi untuk menghasilkan suatu keluaran. Turbin uap mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik, mengubahnya menjadi energi mekanik dan kemudian memutar mesin turbo yang kemudian diubah menjadi energi listrik. Pada turbin uap terdapat mesin induk yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik kemudian menjadi energi mekanik berupa putaran poros turbin yang kemudian akan diinterkoneksi dengan generator sehingga dapat mengkonversikan putaran poros turbin menjadi energi listrik [21].

2.6 Potensi Landfill Gas

Potensi biogas sangat menjanjikan jika pada LFG terdapat unsur gas metana yang terkandung dalam biogas terbentuk sekitar 50 s/d 70 % unsur gas murni metana. Potensi gas TPA yang akan dihasilkan di TPA sanitasi dapat dihitung dengan persamaan **U.S Environmental Protection Agency's (EPA)**, yang menggunakan beberapa skenario TPA yang berbeda di Amerika Serikat [22]. Perhitungan potensi produksi landfill gas dapat dilihat pada persamaan (2.3).

$$Q_t = 2 L_o M_o (e^{k t} - 1) e^{-k t} \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan:

Q_t = Jumlah gas yang dihasilkan pada tahun ke tahun dalam m^3 /tahun.

L_o = Potensi nilai metana yang dihasilkan m^3 /tahun

M_o = jumlah sampah yang diterima (ton/tahun)

k = konstanta rata rata metana yang dihasilkan

t = umur landfill (tahun -1)

Efisiensi pengumpulan LFG adalah ukuran kemampuan sistem pengumpulan gas untuk menangkap biogas yang dihasilkan yaitu dengan cara mengalikan produksi biogas yang diprediksi oleh model dengan persentase efisiensi pengumpulan untuk memperkirakan jumlah biogas yang dapat direcovery untuk digunakan dalam insinerator atau proyek konversi energi. Produksi di tempat pembuangan akhir terdapat ketidakpastian yang cukup besar mengenai efisiensi pengumpulan aktual yang dicapai pada tempat pembuangan sampah. Efisiensi pengumpulan dari lokasi TPA yang menjalankan sistem pengumpulan dan kontrol gas sering kali didasarkan pada informasi tentang situasi saat ini sehingga perhitungan mencari efisiensi pengumpulan gas untuk menangkap LFG yang dihasilkan oleh sampah dapat dilihat pada persamaan (2.4) sebagai berikut:

$$\text{Gas produksi (m}^3\text{/tahun)} = 75 \% \times \text{Produksi Jumlah gas} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dari jumlah gas metana dengan persentase 40-60 % di produksi *landfill* jumlah gas metan menggunakan 50% sebagai rata-rata yang

disarankan EPA, sehingga untuk mengetahui jumlah gas metana terkumpul yaitu dapat dihitung dengan persamaan (2.5).

$$\text{Gas Metana (m}^3\text{/tahun)} = 50\% \times \text{recovery gas} \dots\dots\dots(2.5)$$

Selanjutnya untuk mengetahui potensi energi listrik yang dihasilkan maka akan digunakan persamaan (2.6) yang akan menghitung jumlah potensi energi listrik yang dihasilkan dari jumlah gas metana yang terkumpul yaitu sebagai berikut:

$$\text{Energi Listrik} = \text{Gas Metana} \times 9,39 \text{ kWh} \times \text{Efisiensi Generator} \dots\dots(2.6)$$

Pada konversi energi metana menjadi energi listrik didasarkan pada potensi kalor 1 kg metana setara $6,13 \times 10^7$ J, listrik 1 kWh setara $3,6 \times 10^6$ J dan 1 m³ metana setara 9,39 kWh. dapat dilihat pada Tabel 2.2. konversi Gas metana ke Kwh.

Tabel 2.2 Konversi Gas Metana [23]

Konversi Energi	
1 Kg Metan	$6,13 \times 10^7$ J
1 kWh	$3,6 \times 10^6$ J
1 m ³ metan	9,39 kWh

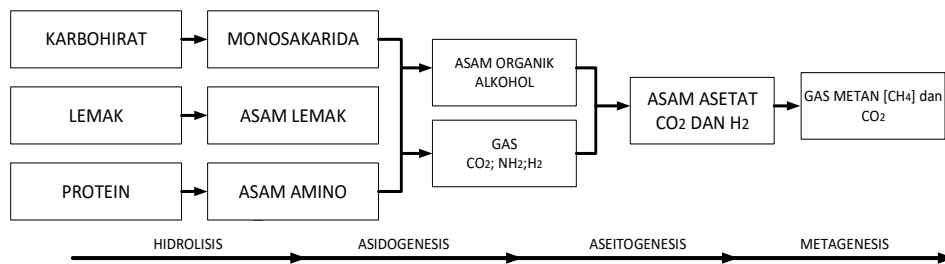
2.7 Produksi PLTSa Jatibarang

2.7.1 Proses Konversi Biologis

Biogas adalah teknologi konversi yang memanfaatkan bantuan microba aaerob untuk mengkonversikan biomassa pada sampah terkumpul menjadi gas. Pada proses biogas akan mengeluarkan gas yang kaya akan metana, karbon dioksida dan sulfur dioksida. Yang mana Gas methana akan dikonversikan mnejadi energi listrik dan sulful bisa dimanfaatkan sebagai bahan kompos. Dengan nilai kalor sekitar 6500 kJ/Nm³ maka produk dari digester yang berupa gas methane dapat dilakukan pembakaran atau ineserasi [23].

Landfill gas adalah sebuah proses pengolahan sampah dengan cara menimbun sampah terpilih di dalam tanah. Pada prosesnya sampah buangan organik didalam tanah akan menjadi senyawa-senyawa gas maupun cair yang disebabkan oleh dekomposisi mikroba. Unsur dari hasil dekomposisi mikroba yang berupa gas maupun cair akan berinteraksi dengan air yang terdapat pada sampah buangan dan air hujan yang masuk ke dalam tanah yang terkontaminasi kemudian akan membentuk bahan cair yang disebut lindi (*leachate*). Cairan leachate atau lindi sangat berbahaya dan beracun, cairan ini bisa mengakibatkan pencemaran tanah dan masuk ke dalam air di dalam tanah dan tentu ini sangat fatal jika terkontaminasi dan dikonsumsi oleh manusia. Karena itu, tanah di landfill harus mempunyai permeabilitas yang rendah. Aktifitas mikroba dalam landfill menghasilkan gas CH_4 dan CO_2 pada tahapan awal sampai proses aerobik dan menghasilkan gas methane pada proses terbentuknya anaerobiknya. Gas landfill tersebut mempunyai nilai kalor sekitar 450-540 Btu/scf. Pada sistem pengambilan gas terdiri dari beberapa jumlah sumur-sumur gas yang didalam sumur terdapat pipa-pipa yang dipasang lateral dan dihubungkan dengan pompa penyedot/ vakum sentral. Selain sistem vakum sentral terdapat juga sistem pengambilan gas dengan pompa desentralisasi [24].

Dalam sistem penimbunan terkendali pada landfill gas, pembentukan biogas dimulai di lapisan bawah dan mengendap tepat di atas permukaan tanah. Kondisi ini dapat disebabkan oleh tekanan lapisan penutup di atasnya dan lapisan tanah bagian atas. Pada posisi ini, tingkat oksigen minimal. Beberapa spesies mikroorganisme berperan dalam pembentukan biogas secara bersama-sama dalam kelompok yang saling mendukung yang berjalan secara berurutan dalam empat tahap. Yaitu dapat dilihat pada Gambar 2.2, yaitu hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis.



Gambar 2.3 Pembentukan Biogas [24]

PLTSA Jatibarang menggunakan sistem Landfill Gas atau gas yang berasal dari tempat pembuangan akhir dan menghasilkan produk alami dari dekomposisi sampah di tempat pembuangan sampah. Komposisi utama Landfill gas adalah 30-60% metana (CH₄) dan 20-40% karbon dioksida (CO₂). Landfill gas bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar pembangkit tenaga listrik, dengan memperhitungkan komposisi unsur gas yang dihasilkan [24].

2.7.2 Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) Jatibarang

Pada kondisi saat ini gas hasil dari *sanitary landfill* (LFG) belum dapat dimanfaatkan secara optimal. Sebagian besar gas yang terdapat pada *sanitary landfill* hanya menguap percuma ke atmosfer, yang menyebabkan meningkatnya potensi dari efek global warming dikarenakan gas yang terlepas ke atmosfer sebagian besar terdapat unsur gas seperti CH₄ dan CO₂ yang merupakan polutan utama dalam pemanasan global. Pemanfaatan landfill gas lahan TPA dapat dilakukan sebagai pengganti bahan bakar kendaraan, digunakan sebagai komponen penghasil gas rumah kaca yang banyak ditemukan pada aktivitas yang membutuhkan banyak energi seperti industri pencairan dan penempaan logam, akan tetapi pada sisi lain LFG dapat dikonversikan menjadi energi listrik [25].

Pengelolaan LFG dari *sanitary landfill* dilakukan pada TPA Jatibarang. Dengan beberapa penelitian dan perkembangan teknologi yang memadai dapat diketahui bahwa presentase kandungan yang terdapat di *sanitary landfill* pltsa jatibarang memiliki kandungan gas CH₄ yang

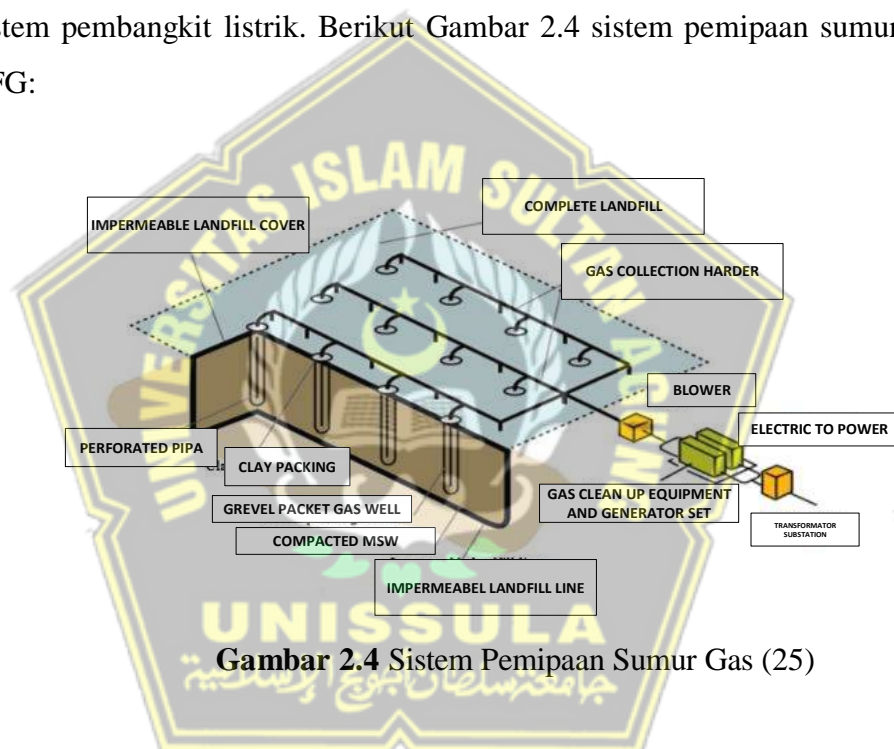
terkandung berkisar pada 40% mmol. Tentu potensi ini dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar dalam mengoperasikan mesin generator yang dapat menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan kondisi gas tersebut.

2.7.3 Sumur gas vertical sanitary landfill

Teknologi sumur gas *vertical* digunakan untuk menangkap gas *landfill* sampah yang sudah terkumpul. Sumur gas *vertical* adalah instalasi pipa-pipa penangkap gas yang ditanam didalam *landfill*. Pada sistem pemipaan digunakan pengeboran langsung ditempat pembuangan akhir pada sampah yang sudah terkumpul. Pada kedalaman 15 meter pipa-pipa tersebut dapat berfungsi baik dalam penangkapan gas hal ini tentu disesuaikan dengan kedalaman pada masing-masing *landfill*. Adapun fungsi dari *vertical extraction wells* adalah sebagai wadah pengumpul untuk mengoleksi gas yang telah diproduksi oleh *landfill*. Sumur gas vertical merupakan bagian komponen yang sangat penting dimana berfungsi untuk menjangkau semua gas yang sudah terkumpul ada di dalam *landfill* agar berada dalam satu tempat agar mudah dalam pengambilan ataupun panen dari hasil gas *landfill* [25].

Sistem perpipaan dikondisikan sesuai desain yang mana nantinya hasil dari *landfill* gas akan terkumpul pada satu titik dan kemudian dialirkan langsung menuju rumah generator. Lubang-lubang pipa diberi jarak 3 meter dibawah permukaan *capping* pada bagian atas karena sumur gas *vertical* untuk penyerapan gas lebih efektif. Guna meminimalisir tercampurnya gas antara hasil gas *landfill* dengan gas-gas yang tidak diperlukan dalam pemanfaatan LFG seperti gas oksigen (O₂) dan Sulfur Dioksida maka pada lubang tersebut diberikan jarak kurang lebih 3 meter dari atas permukaan *capping* bagian atas sampai didasar permukaan *landfill* untuk menjaga kemurnian konsentrasi gas CH₄ yang dihasilkan tanpa terkontaminasi dari hasil gas lainnya. Pada instalasi pemipaan diberi jarak sekitar 30 meter antar pipa. Hal ini didasari pada kapasitas atau kemampuan pipa tersebut dapat menghisap gas *landfill* dengan jarak sekitar 30 meter disekitarnya dan untuk mengoptimalkan kinerja dari pipa tersebut.

Pada Gambar 2.4 menjelaskan gambaran beberapa sumur landfill. yang mana antar sumur dihubungkan dengan jaringan pipa yang terhubung menjadi satu yang kemudian dialirkan ke power house. Kemurnian dari konsentrasi gas CH_4 pada jaringan pipa utama diharapkan dapat lebih dari 50% kandungan gas keseluruhan untuk kualitas produksi gas yang kualitas bagus. Untuk mengendalikan gas yang masuk ke dalam sistem pembangkit maka pada masing masing pipa sumur diberi pengatur stop kran yang berfungsi untuk mengatur banyaknya gas yang dapat dialirkan kedalam sistem pembangkit listrik. Berikut Gambar 2.4 sistem pemipaan sumur gas LFG:



Gambar 2.4 Sistem Pemipaan Sumur Gas (25)



Gambar 2.5 Instalasi Pemipaan Landfill (25)

Untuk menentukan tekanan gas yang terdapat di pipa sumur gas maka diberikan alat yang *flow meter* untuk mengetahui tekanan dari pipa gas yang dihasikan. Kemudian untuk memaksimalkan ekstraksi produksi gas digunakan alat penghisap yaitu kompresor atau pompa penyedot pada akhir dari saluran pengumpul utama sebelum ke jaringan pipa utama dengan tujuan agar produksi gas yang telah terkumpul akan memaksimalkan dalam ekstraksi gas. Fungsi dari sumur landfill sendiri adalah sebagai wadah tempat produksi gas dari hasil pembusukan dekomposisi sampah, yang mana nantinya gas tersebut akan dialirkan ke sistem jaringan pipa utama [25].

2.7.4 Jaringan Utama Saluran *Sanitary Landfill*

Gas yang terkumpul dari sumur gas digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Jarak antara sanitari landfill dan area rumah generator sangat mempengaruhi hasil dari tekanan gas oleh karena itu diperlukan sistem pemipaan yang efektif untuk menyalurkan gas dari sumur sumur gas ke rumah generator.

Sistem instalasi pipa berfungsi untuk mengalirkan hasil pengumpula gas LFG dari hasil pembusukan sampah pada *sanitari landfill*. Gas tersebut kemudian akan dialirkan menuju sistem pembangkit listrik (*power house*) untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar *gas engine*. Gambar 2.6 terlihat sistem pemipaan pada lahan *sanitary landfill* yang dialirkan ke rumah generator [26].



Gambar 2.6 Pemipaan *Sanitary Landfill* [26].

2.7.5 *Capping* (Penutup Sanitary Landfill)

Penutup sanitary landfill dimaksudkan untuk mencegah gas TPA memasuki atmosfer secara langsung yang memungkinkan gas masuk ke limbah dan menumpuk di sumur-sumur gas. Sanitari landfill ditutup dengan tanah merah. Dengan cara ketika TPA sudah penuh dan tidak bisa lagi menampung sampah, TPA diisi dengan tanah dan ditanami pepohonan. Sistem ini dapat mengurangi kebocoran udara selama pengisian ulang. Selain itu, pada proses produksi gas metana pada pencernaan anaerobik (penguraian sampah) tidak memerlukan udara (O_2). Oleh karena itu, dengan menutup TPA dengan tanah merah maka kondisi TPA tersebut lembab dan kedap udara, sehingga dapat diurai oleh proses anaerobik alami dengan senyawa organik dan metanogen [26].

Pada pelaksanaan barang penutup sanitary landfill menggunakan *Capping* terbuat dari bahan *geomembran* yang berfungsi untuk memerangkap gas di dalam *sanitary landfill* sehingga gas tersebut tidak keluar ke atmosfer secara langsung serta dapat mengurangi bau sampah dan juga digunakan untuk menahan agar air tidak masuk ke dalam *landfill* untuk meminimalisir terjadinya penyerapan kelembapan di *landfill*. Hal ini untuk mencegah kebocoran di gas hasil dekomposisi di landfill gas, yang dapat menyebabkan air dan udara beroksigen (O_2) masuk ke TPA dan menyebabkan polutan. Masuknya udara dan air dapat merusak kualitas dan kemurnian gas metana karena jika gas metana berinteraksi langsung dengan O_2 akan menghasilkan CO_2 dan H_2O . Emisi gas rumah kaca dapat dikendalikan dengan cara meminimalkan interaksi langsung antara gas metana dengan gas oksigen sehingga akan diperoleh kemurnian dari gas metana yang merupakan bahan bakar utama untuk pembangkit listrik.



Gambar 2.7 Capping Geomembran PLTSa Jatibarang [25].

2.7.6 Condensator (kondensator)

Kondensator adalah sebuah alat yang berfungsi untuk memisahkan hasil gas produksi *landfill* dengan air ataupun uap air. Hasil gas yang tercampur dengan air maupun uap air tidak dapat digunakan sebagai bahan bakar listrik. Oleh karena itu, diperlukan kondensator untuk memisahkan gas dari gas yang mengandung air atau uap. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa gas sudah diubah menjadi gas murni dan bebas dari campuran kandungan air [26]

2.7.7 Desulfur

Desulfurisasi adalah alat yang digunakan untuk mendinginkan suhu gas landfill yang terpisah dari air di landfill. Hal ini untuk memastikan bahwa gas tersebut stabil dan tidak berbahaya karena gas yang terkandung di dalamnya adalah metana, yang dapat meledak pada suhu dan tekanan tinggi. Oleh karena itu, suhu gas harus didinginkan untuk menghindari ledakan.

Suhu awal gas landfill bisa mencapai 600 °C. Ini sangat berbahaya dan dapat menyebabkan ledakan jika tidak dikontrol atau didinginkan. Ketika suhu gas 600°C didinginkan oleh desulfurizer, gas dari tempat pembuangan sampah dihasilkan sekitar 230 hingga 270° C Sangat cocok untuk suhu lingkungan dan tidak cukup berbahaya untuk menghasilkan gas pada suhu awal, sehingga jika

suhu stabil, gas dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik dan tidak berbahaya [26].

2.7.8 Blower (pengubah tekanan)

Blower adalah alat yang berfungsi memberikan tekanan ataupun dorongan gas yang dihasilkan oleh penguraian sampah ke tempat pembuangan akhir. Sistem pendorong gas sangat penting untuk sistem pipa yang sangat panjang, saluran yang sangat kompleks, dan beberapa bahan yang bercampur dengan gas lain. blower dapat digunakan untuk menyedot atau mengekstrak udara dan zat lain dalam sistem pipa air dan membawanya ke area rumah pembangkit listrik. [26].

2.7.9 LFG

Gas Landfill (LFG) adalah produk dari tumpukan sampah yang mengandung unsur 50% metana (CH_4), 50% karbon dioksida (CO_2) [27]. Pada sampah dapur memiliki kandungan air sekitar 70–80%, kandungan air tersebut perlu diuapkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pembakaran. Fermentasi metana dapat menciptakan sumber energi baru dan meningkatkan efisiensi termal secara keseluruhan. Pemanfaatan gas buang untuk pembangkit listrik dengan teknologi fermentasi metana dicapai melalui penggunaan metode landfill yang higienis, yaitu gas landfill/gas limbah biogas. Untuk memanfaatkan gas yang terbentuk, proses selanjutnya adalah memasang pipa distribusi untuk mengeluarkan gas. Gas kemudian mengalir melalui pipa filter dan akhirnya ke generator untuk memutar turbin [27].

Gas Landfill (LFG) adalah gas yang dihasilkan oleh fermentasi atau pencernaan anaerobik dari sampah organik seperti kotoran manusia, kotoran hewan, limbah domestik, limbah pertanian dan limbah perkebunan. Konsentrasi LFG yang paling penting adalah metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2).

Gas landfill merupakan gas yang dihasilkan oleh limbah padat yang dibuang ke landfill. Sampah ditimbun dan ditekan di suatu tempat secara

mekanik dan tekanan dari lapisan di atasnya sehingga dengan beberapa waktu kondisinya akan menjadi anaerobic dimana bahan organik tersebut terurai dan kemudian akan menghasilkan gas landfill. Gas ini semakin lama akan semakin berkumpul untuk kemudian perlahan-lahan akan terlepas ke atmosfer jika tidak dikelola dan fungsikan dengan baik.

Biogas dihasilkan dari dekomposisi anaerobik bahan organik, yang merupakan campuran dari banyak gas yang berbeda. Komposisi gas yang dihasilkan tergantung pada digestate anaerobik (bahan baku), kemampuan proses, keadaan dekomposer dan banyak parameter lain seperti suhu, kelembaban, kadar air, keasaman, rasio karbon / nitrogen.

2.8 Metode Peramalan Analisis Deret Waktu (Time Series)

Analisis deret waktu adalah suatu peramalan asumsi deret waktu yang terdiri dari beberapa komponen yaitu Trend (T), variasi acak, Random, siklus atau cycle (C), musim atau season (S). Komponen ini akan digunakan untuk pembuatan persamaan matematis dalam melakukan peramalan. Analisis deret waktu tersebut sangatlah tepat jika dipakai untuk meramalkan permintaan di masa lalunya yang cukup konsisten dalam waktu periode yang cukup lama. Sehingga pola tersebut diharapkan masih tetap berlanjut [28]. Pada permintaan dimasa lalu dalam analisis deret waktu akan sangat dipengaruhi oleh 4 komponen yaitu:

A. Trend (T)

Trend adalah suatu komponen yang sifat dari permintaan dimasa lalu terhadap waktu yang terjadi. Sehingga permintaan tersebut akan cenderung konstan, naik ataupun turun.

B. Variasi Acak / Random (R)

Variasi acak merupakan komponen dari analisa deret waktu dalam permintaan suatu produk bisa saja terjadi karena adanya faktor-faktor yang mempengaruhi seperti, bencana alam, adanya saingan, promosi khusus, dan kejadian lainnya yang tidak mempunyai pola tertentu.

C. Season (S)

Season adalah komponen permintaan dalam suatu produk yang mengalami naik turun (fluktuasi) didalam 1 tahun yang mengalami pengulangan secara berulang-ulang kali. Pola musiman ini biasanya karena factor musim libur panjang, musim cuaca, ataupun hari libur yang akan berulang secara periodik.

D. Siklus / Cycle (C)

Siklus merupakan komponen dengan pola yang sangat berpengaruh, yang mana pola ini sangat bermanfaat untuk melakukan peramalan dalam jangka panjang maupun menengah. Dalam permintaan suatu produk bisa naik dan turun, biasanya berulang tiap tahunnya.

2.8.1 Metode Moving Average

Metode *moving average* merupakan metode yang peramalan yang paling sering digunakan. Metode *moving average* dilakukan dengan cara mengambil sekelompok nilai pengamatan dan kemudian dicari nilai rata-ratanya setelah itu rata-rata tersebut akan digunakan untuk memperoleh hasil dari periode berikutnya [29].

Prinsip dari metode *moving average* dalam penelitian ini adalah untuk meramalkan jumlah volume sampah dengan mengambil sekelompok nilai atau data sampah, kemudian mencari nilai rata-rata tersebut sebagai ramalan untuk periode selanjutnya atau yang akan datang. Hal ini disebut rata-rata bergerak setiap data aktual permintaan baru deret waktunya tersedia. Data aktual permintaan yang paling dahulu akan dikeluarkan dari perhitungan dan nilai rata-rata baru akan dihitung.

2.9 Fuzzifikasi

Tahap fuzzifikasi disebut juga dengan tahapan pembentukan fungsi keanggotaan [30]. Input dari tahapan ini adalah hasil dari perhitungan dan hasil observasi lapangan untuk mengukur emisi gas pada PLTSa. Fuzzifikasi dibagi 5 kelompok yaitu fuzzifikasi gas karbon, metana, oksigen, sulfur dioksida, dan

cuaca. kelompok fuzzifikasi tersebut digunakan untuk menambah parameter dari himpunan fuzzy.

Sistem inferensi fuzzy yang dipakai dalam aplikasi ini menggunakan metode min dalam proses evaluasi aturannya. Untuk mendapatkan bilangan yang diinginkan menggunakan 3 tahapan yaitu pembentukan himpunan fuzzy (fuzzification), barisan aturan (rule base), evaluasi aturan dan penegasan (defuzzifikasi).

a. Himpunan Fuzzy (Fuzzifikasi)

Pada metode Mamdani baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

b. Rule Base Fuzzy

Pada tahapan ini tiap tiap output dari tahapan fuzzifikasi yang berupa emisi per/hari keanggotaan emisi gas karbon dan metana dan selanjutnya akan digabung dengan menggunakan rule evaluation.

c. evaluasi aturan dan penegasan (defuzzifikasi)

Input dari proses Defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output. Penegasan (defuzzifikasi) menggunakan metode rata-rata (*average*) yang dapat dihitung pada persamaan (2.8)

$$z^* = \frac{\sum \alpha_1 z_1}{\sum \alpha_1} \dots\dots\dots(2.8)$$

- dengan:
- Z^* = defuzzifikasi
 - $\sum \alpha_1 z_1$ = jumlah himpunan pada a_1 dan z_1
 - $\sum \alpha_1$ = jumlah himpunan a_1

2.9.1 Analytical Hierarchy Process (AHP)

AHP adalah model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Model pendukung keputusan ini menggambarkan masalah hierarkis yang kompleks dari berbagai faktor atau kriteria. Hirarki dapat didefinisikan sebagai representasi masalah kompleks dalam struktur bertingkat. Di sini, level pertama adalah tujuan, kemudian level faktor, kriteria, subkriteria, dll. hingga pada tingkat alternatif terakhir. Hirarki memungkinkan untuk membagi masalah kompleks ke dalam kelompok. Yaitu dengan cara mengubah ke format hierarkis untuk tampilan masalah yang lebih terstruktur dan sistematis [31].

A. Dekomposisi Masalah

Pada struktur masalah yang cukup kompleks dibagi menjadi beberapa bagian dalam hierarki. Tujuannya adalah untuk menentukan dari yang umum ke yang khusus. Dalam bentuknya yang paling sederhana, kerangka kerja bertindak sebagai sarana untuk membandingkan tujuan, kriteria, dan level alternatif. Setiap rangkaian pilihan dapat dikategorikan ke dalam tingkat yang lebih rinci, termasuk banyak kriteria lainnya. Puncak hierarki adalah tujuan pemecahan masalah, dengan hanya satu item. Kemudian pada tingkat berikutnya dapat berisi beberapa item sebagai kriteria, yang masing-masing dapat dibandingkan satu sama lain.

B. Perbandingan Penilaian (*Comparative Judgments*)

Comparative Judgments merupakan perbandingan berpasangan dari semua item dalam hierarki yang telah dilakukan yang menghasilkan skala kepentingan relatif untuk setiap item. Setiap rating memberikan skala penilaian dalam bentuk angka. Menggabungkan perbandingan berpasangan gaya matriks menghasilkan prioritas pada skala penilaian peer-to-peer.

C. Sintesa Prioritas

Sintesa prioritas yang diperoleh sebagai hasil dari perkalian prioritas kriteria terkait dengan prioritas lokal tertinggi dan menambahkannya ke dalam masing-masing faktor yang dipengaruhi efek kriteria. Hasilnya adalah kombinasi yang dikenal dengan Global Priority atau lebih dikenal skala penilaian berupa angka.

D. Presentasi Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Akurasi merupakan seberapa dekat suatu angka hasil pengukuran terhadap angka sebenarnya. Dalam penelitian ini akurasi keputusan dihitung dari jumlah keputusan yang tepat dibagi dengan jumlah data yang diuji. Tingkat akurasi diperoleh dengan persamaan (2.9).

$$(\%) = \frac{\sum \text{Data Uji Benar}}{\sum \text{Total Data Uji}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.9)$$

2.10 Fuzzi-AHP

Fuzzi AHP adalah metode analisis yang dikembangkan dari AHP tradisional. Fuzzi AHP juga merupakan kombinasi dari metode AHP dan pendekatan konseptual Fuzzi. Meskipun AHP sering digunakan untuk menjawab kriteria kualitatif dan kuantitatif MCDM, fuzzy AHP dianggap lebih baik daripada AHP dalam menjelaskan keputusan ambiguitas. [32].

Fuzzi-AHP yang dikembangkan oleh Chang menggunakan fungsi keanggotaan segitiga (Fuzzi triangle number/TFN) untuk menentukan tingkat anggota [33].

Adapun langkah kerja Fuzzi Analytical Hierarchy Process adalah :

- a. Membuat struktur hirarki masalah yang akan diselesaikan.
- b. Menentukan matriks perbandingan kepentingan berpasangan antar kriteria dengan skala Fuzzy Triangular Number.
- c. Menentukan nilai sitesis fuzzi (Si) digunakan persamaan (2.10).

$$\tilde{S}i = \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{ci}^j \left[\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n \tilde{M}_{ci}^j \right]^{-1} \dots \dots \dots (2.10)$$

- d. Untuk menghitung derajat keanggotaan dari perbandingan nilai relative fuzzy dan untuk menentukan vektornya maka digunakan persamaan (2.11).

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 & , \text{jika } m_2 \geq m_1 \\ 0 & , \text{jika } l_1 \geq u_2 \\ \frac{(l_1 - u_2)}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & , \text{yang lainnya.} \end{cases} \dots\dots\dots(2.11)$$

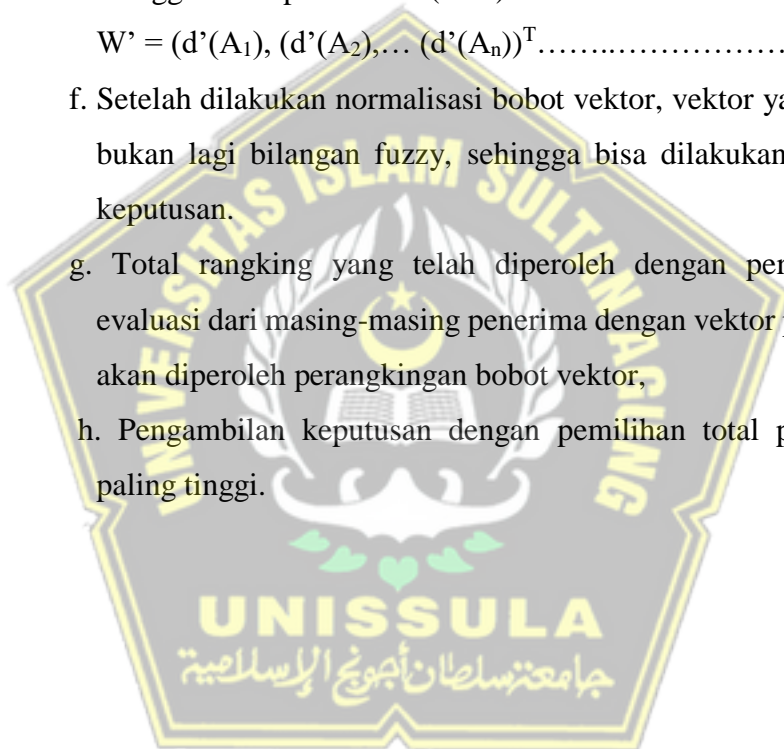
- e. Normalisasi bobot vektor atau nilai prioritas kriteria yaitu dengan menggunakan persamaan (2.12).

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \dots\dots\dots(2.12)$$

- f. Setelah dilakukan normalisasi bobot vektor, vektor yang dihasilkan bukan lagi bilangan fuzzy, sehingga bisa dilakukan pengambilan keputusan.

- g. Total rangking yang telah diperoleh dengan perkalian vektor evaluasi dari masing-masing penerima dengan vektor prioritas maka akan diperoleh perangkingan bobot vektor,

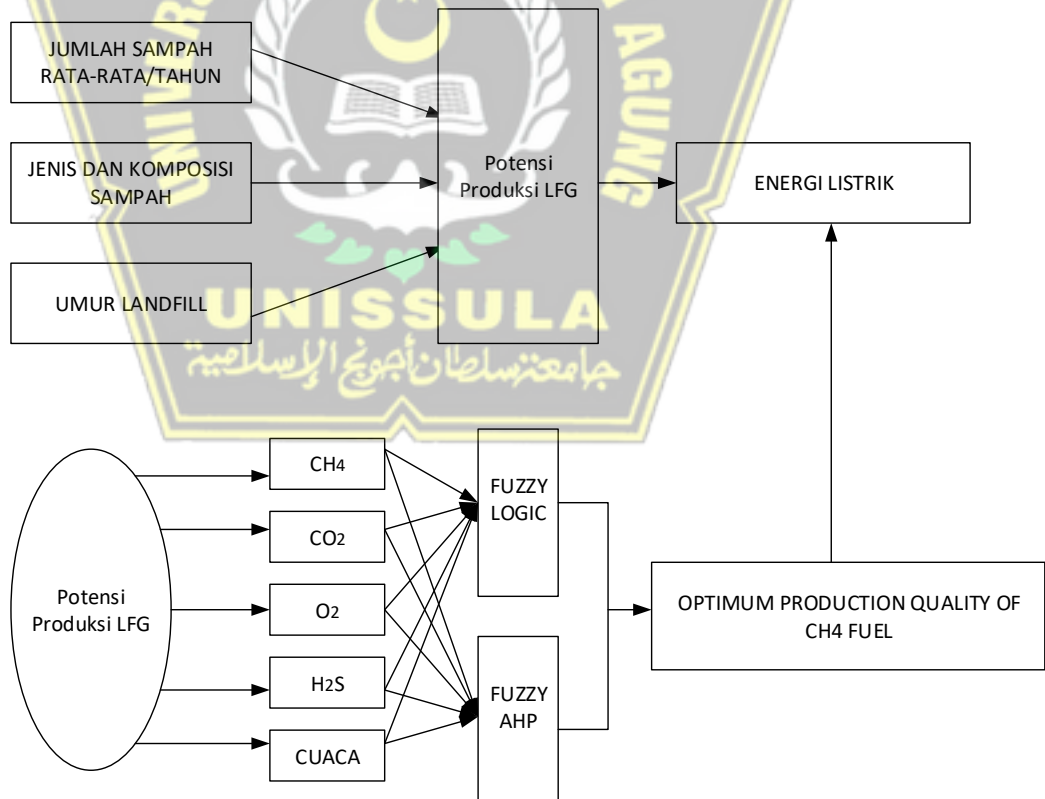
- h. Pengambilan keputusan dengan pemilihan total pada rangking paling tinggi.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Model Penelitian

Model penelitian dirancang untuk memberikan gambaran secara garis besar secara sistematis dalam melakukan penelitian. Pada metode penelitian ini berdasarkan pada tujuan secara umum penelitian. Dari tujuan kemudian dirancang menjadi sebuah ide penelitian, dilakukan studi literatur, kemudian pengumpulan data, menganalisis dan memperkirakan produksi dan potensi kualitas gas landfill PLTSA untuk dikonversikan ke energi listrik yang dengan menggunakan Fuzzi Analytical Hierarchy Process (FAHP) dan penarikan kesimpulan. Model penelitian disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Model Penelitian.

Gambar 3.1 memperlihatkan proses penelitian kualitas produksi LFG. Sistem model penelitian dimulai dari melakukan pengambilan data baik secara interview maupun data teknis yang berhubungan dengan penyusunan penelitian ini, baik data primer maupun data sekunder. Data primer yaitu diantaranya

- a. Jumlah volume sampah
- b. Timbunan sampah
- c. Sumber dan komposisi sampah
- d. Persentase potensi jumlah gas

Sedangkan data sekunder diantaranya yaitu data tentang kualitas komposisi gas dan kondisi cuaca di PLTSA jati barang

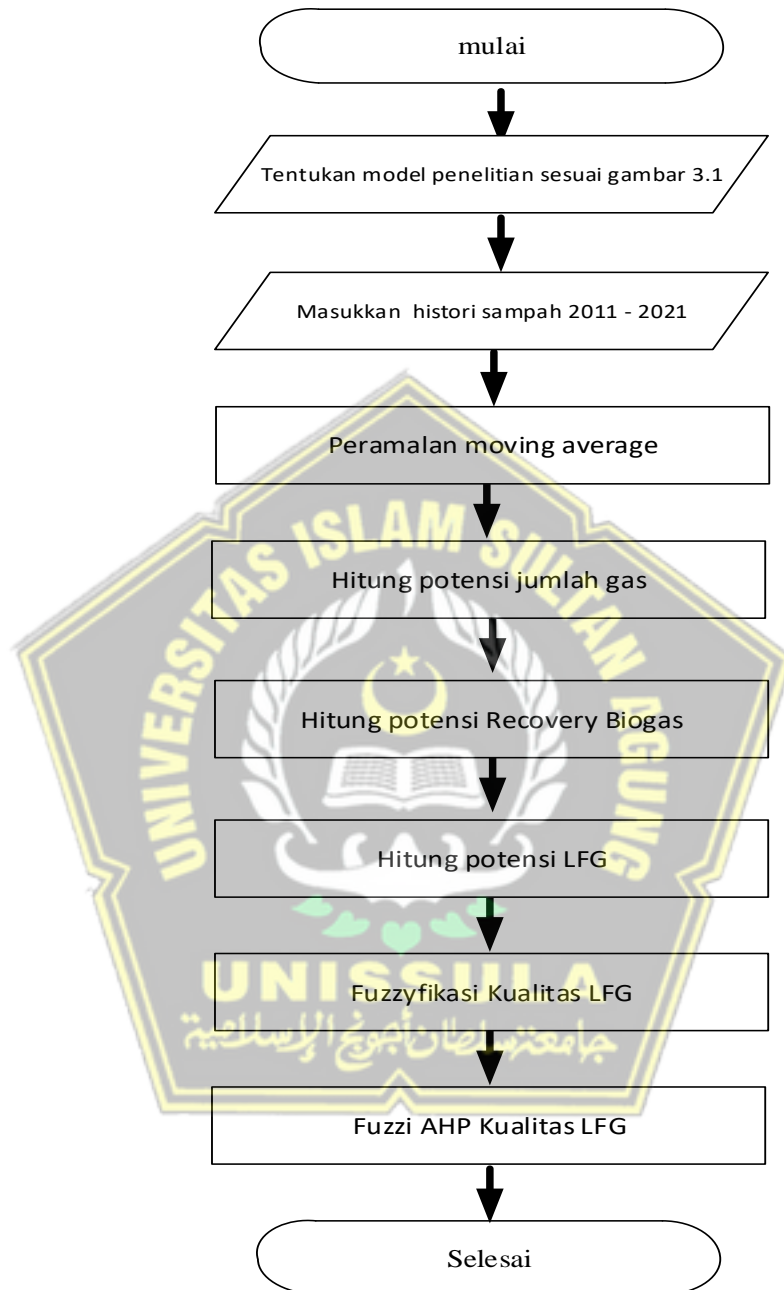
Selanjutnya data akan diolah dan dibagi menjadi 2 bagian yaitu perhitungan secara teknis dan perhitungan validasi menggunakan metode fuzzy AHP, perhitungan teknis didasarkan pada jumlah volume sampah, timbunan sampah, sumber dan komposisi sampah dan persentase jumlah potensi gas yang dihasilkan. Hasil perhitungan teknis akan dianalisa dan divalidasi dengan menggunakan metode fuzzy AHP. Untuk menentukan kualitas gas yang dihasilkan oleh PLTSA jati barang.

Langkah berikutnya semua data yang diperoleh akan di proses yaitu pada bagian awal akan melakukan *forecasting* beberapa tahun kedepan dengan input dari tahun sebelumnya menggunakan *Moving Average* yang mana nantinya dari jumlah sampah dan komposisi sampah dapat di peroleh jumlah potensi landfill gas dengan perhitungan nilai K yang terdapat di PLTSA jati barang. Setelah diperoleh potensi jumlah gas maka akan didapat *recoverable biogas* untuk menghitung potensi jumlah gas metana yang dapat dikonversi menjadi energi listrik. Selanjutnya dengan menggunakan metode fuzzy AHP akan diperoleh kualitas gas pada pltsa jati barang.

Untuk peramalan jumlah volume sampah dan produksi gas maupun energi listrik PLTSA jati barang menggunakan metode *Moving Average* dengan memasukkan data dari tahun 2011 sampai 2020. Kemudian setelah dilakukan peralaman jumlah sampah akan dapat menghitung pemanfaatan potensi landfill

gas dengan perhitungan nilai K yang terdapat di TPA. Setelah didapat potensi jumlah gas maka selanjutnya akan penghitung Gas collection menggunakan sistem capping, sehingga nantinya akan diperoleh recoverable Biogas yang mana nantinya akan diperoleh hasil jumlah produksi potensi gas metana pertahunnya sehingga didapat perhitungan potensi listrik PLTSA jati barang pertahunnya. Setelah diketahui jumlah potensi gas listrik maka akan dilakukan tahapan FIS yang mana akan mencari kualitas gas metana yang diproduksi oleh landfill gas pltsa jatibarang. Untuk dapat menentukan kualitas LFG maka Gambar 3.2 Flowchat Penelitian akan menjelaskan langkah langkahnya:





Gambar 3.2 Flowchat Penelitian

3.2 Alat Pendukung dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat komputer dan software dengan spesifikasi:

A. Perangkat Komputer

Nama Komputer	: Lenovo thinkpad X230
Processor	: Intel (R) Core i5
RAM	: 4 GB
Sistem Type	: 64 bit

B. Software QM for Windows V5

Edisi Software	: QM for Windows V5
Sistem Type	: 64 bit (windows 64 bit)
Tanggal terbit	: 23 April 2019

C. Software Matlab

Edisi Software	: Matlab R2018a
Sistem Type	: 64 bit (windows 64 bit)
Tanggal terbit	: 15 Februari 2018

Bahan-bahan yang dibutuhkan adalah data-data penelitian ini diambil di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang yang terletak di jalan Untung Surapati, Kelurahan Kedung Pane, Kecamatan Mijen, Semarang Barat, Jawa Tengah

3.3 Teknik Pengumpulan Data

3.3.1 Data Sampah

Jumlah data sampah yang masuk ke TPST Jatibarang dari 10 tahun sebelumnya yaitu dari tahun 2010 sampai 2020 yang tersaji dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jumlah Sampah Semarang [34]

Tahun	Kapasitas (Ton/Hari)
2011	848,9
2012	886
2013	924,1
2014	963,3
2015	1003,5
2016	1044,8
2017	1087,2
2018	1130,7
2019	1174,9
2020	1220

3.3.2 Sumber dan Komposisi Sampah

Sumber dan komposisi sampah yang diterima dan terkumpul di TPST Jatibarang tersaji pada Tabel 3.2 komposisi sampah.

Tabel 3.2 Komposisi Sampah

Jenis Komposisi	Persentase (%)
Sampah Organik	61.34
Kaleng	0.10
Aluminium	0.02
Gelas Kaca	0.44
Plastik	16.34
Kertas	10.31
Logam	0.15
Kain	1.97
Lain-lain	9.32
Total	100

3.3.3 Potensi Jumlah Gas

Pada Tabel 3.3 merupakan analisa potensi gas yang berada di pltsa jatibarang, yang mana terdapat beberapa parameter kandungan gas yaitu metana, karbon dioksida, Nitrogen, dan oksigen.

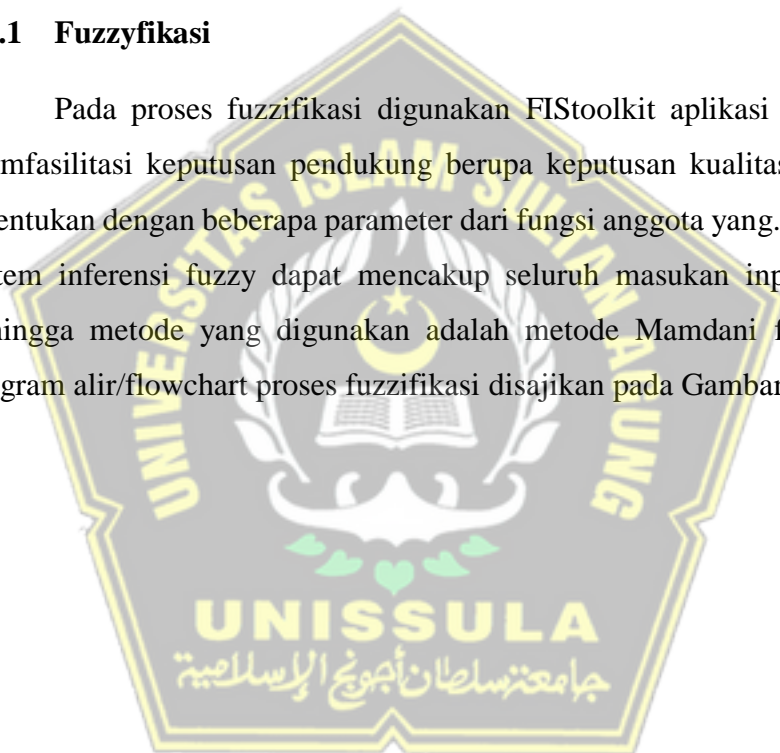
Tabel 3.3 Potensi Gas Yang Dihasilkan Dari Landfill [29]

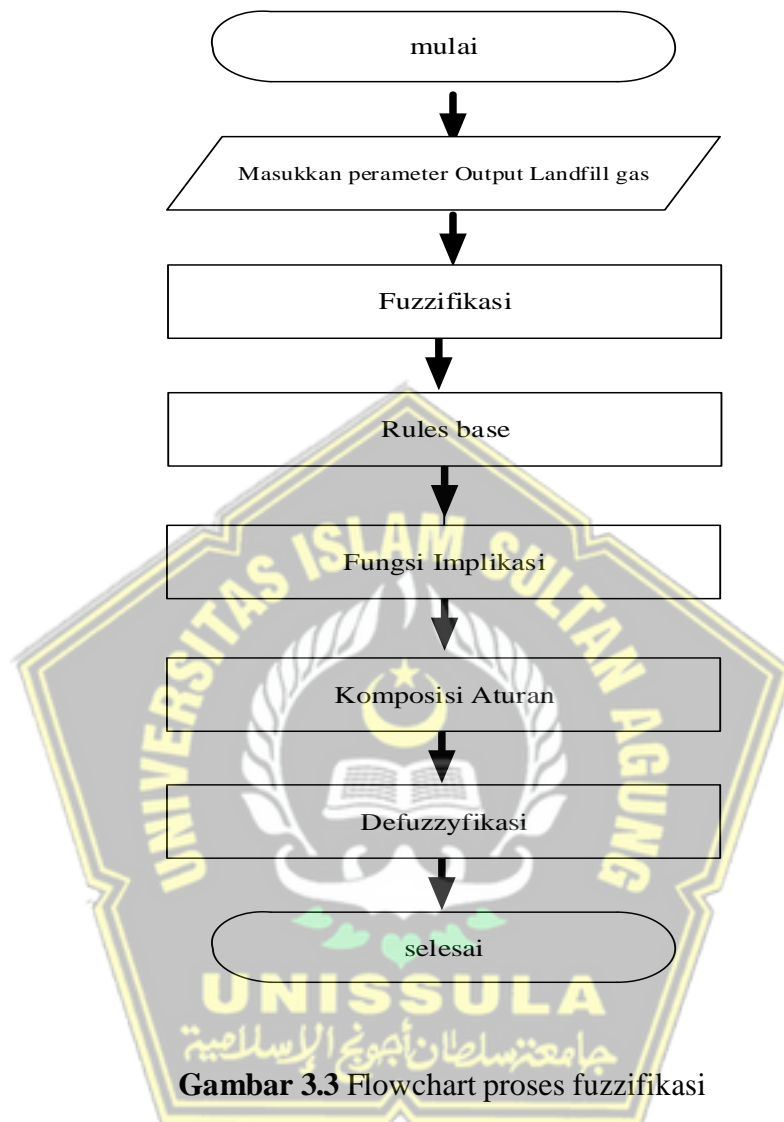
NO	Parameter Hydrocarbon Analysis	UNITS	RESULTS rata-rata
1	Carbon Dioxide (CO ₂)	% mol	34,3746
2	Nitrogen (N ₂)	% mol	11,0326
3	Oxygen (O ₂)	% mol	5,2376
4	Methana (CH ₄)	% mol	49,3553

3.4 Fuzzi Inferense Sistem (FIS)

3.4.1 Fuzzyfikasi

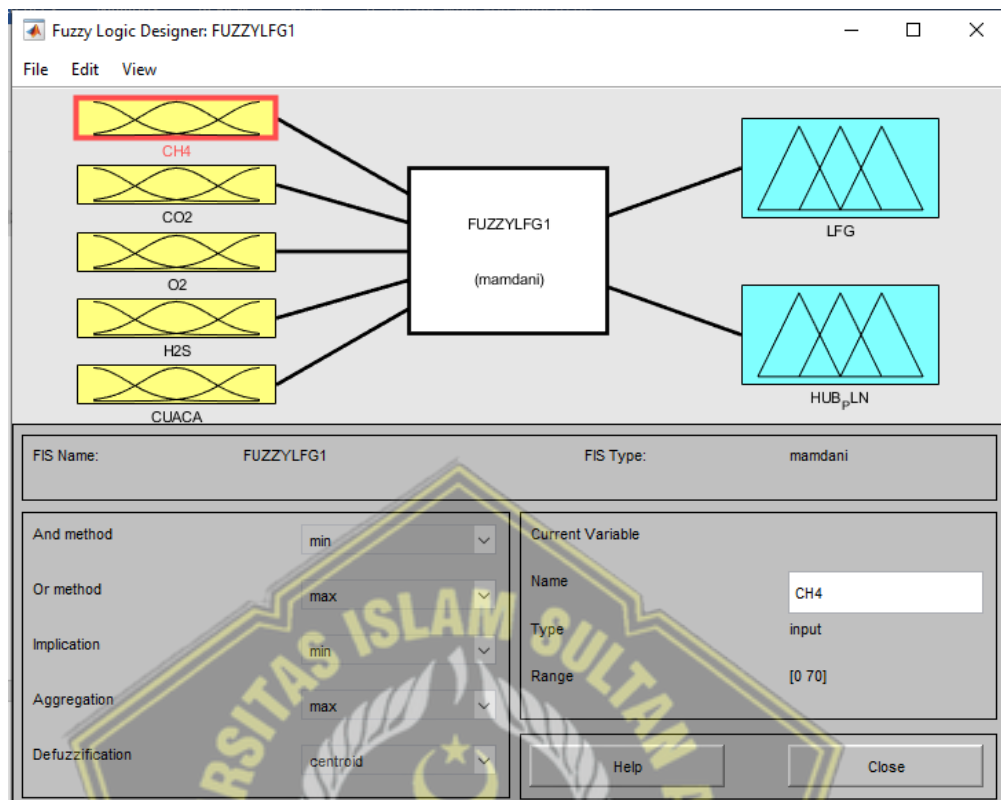
Pada proses fuzzifikasi digunakan FIStoolkit aplikasi Matlab untuk memfasilitasi keputusan pendukung berupa keputusan kualitas biogas yang ditentukan dengan beberapa parameter dari fungsi anggota yang. Keluaran dari sistem inferensi fuzzy dapat mencakup seluruh masukan input parameter, sehingga metode yang digunakan adalah metode Mamdani fuzzy. Adapun diagram alir/flowchart proses fuzzifikasi disajikan pada Gambar 3.3.





Gambar 3.3 Flowchart proses fuzzifikasi

Tahap fuzzifikasi adalah tahap pembentukan fungsi keanggotaan. Input dari tahapan ini adalah merupakan hasil perhitungan dan hasil observasi lapangan untuk mengukur emisi gas pada pltsa. Fuzzifikasi menggunakan 3 parameter input dan 2 variabel output.



Gambar 3.4 Diagram fuzzifikasi dengan toolbox Matlab FIS

3.4.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah kurva yang menunjukkan pemetaan titik masuk data ke derajat keanggotaan dengan rentang 0 sampai 1. Untuk mencapai derajat keanggotaan fuzzy menggunakan metode pendekatan peran. Fungsi yang digunakan untuk menentukan kualitas biogas adalah fungsi trapesium Gaussian. Himpunan fungsi keanggotaan *membership function* untuk setiap parameter gas ditentukan berdasarkan pada data yang berada di lapangan. Pada Tabel 3.4 tersaji presentase kandungan unsur zat yang terdapat di lapangan yaitu unsur gas metana dengan presentase 50 sampai 70 %; gas karbon dioksida dengan presentase 30 sampai 40 %; gas oksigen dengan presentase 1 sampai 10 % dan gas sulfur dioksida dengan presentase 0.1 sampai 1 %. Berikut data presentase kandungan unsur zat gas:

Tabel 3.4 Persentase Kandungan Zat PLTSA

Kandungan Zat kimia	Simbol	Presentase
Methan	CH ₄	50-70 %
Karbon Dioksida	CO ₂	30-40 %
Oksigen	O ₂	1 – 10 %
Hydrogen Sulfide	H ₂ S	< 0,1 %

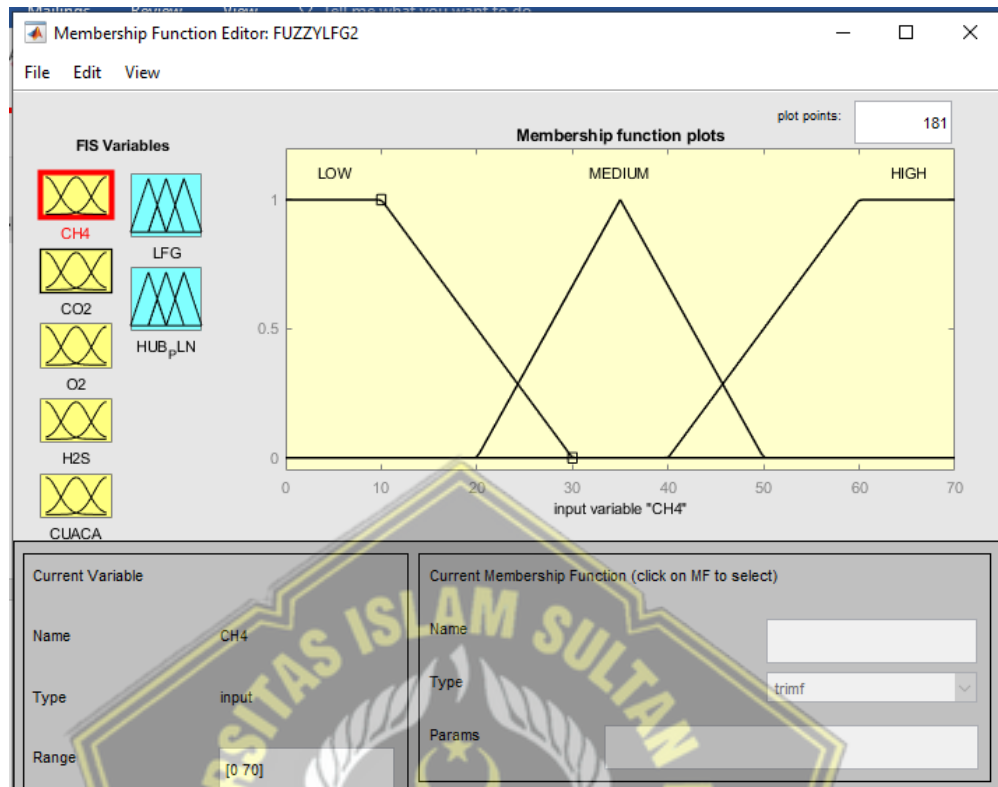
Sehingga himpunan keanggotaan dari masukan parameter adalah sebagai berikut :

- a. Metana (CH₄)
- b. Karbon Dioksida (CO₂)
- c. Oksigen (O₂)
- d. Hydrogen Sulfide (H₂S)
- e. Cuaca (C)

1. Fungsi derajat keanggotaan CH₄

Keanggotaan metan dibagi menjadi yaitu: low, medium, high. berdasarkan pada range data yang didapatkan dilapangan. Variabel *membership function* pada gas CH₄ dimana terdiri dari 3 himpunan fuzzy yaitu *Low*, *Medium* dan *High*. Dimana range *low* berada pada nilai 0 sampai 30 %mmol; range *medium* berada pada nilai 20 sampai 50 %mmol; dan range *high* berada pada nilai 40 sampai 70 %mmol.

Adapun *membership function* / derajat keanggotaan pada gas metana CH₄ yaitu tersaji pada Gambar 3.5 himpunan keanggotaan gas metana yang terdiri dari 3 klasifikasi yaitu:



Gambar 3.5 Himpunan Keanggotaan Gas Metana

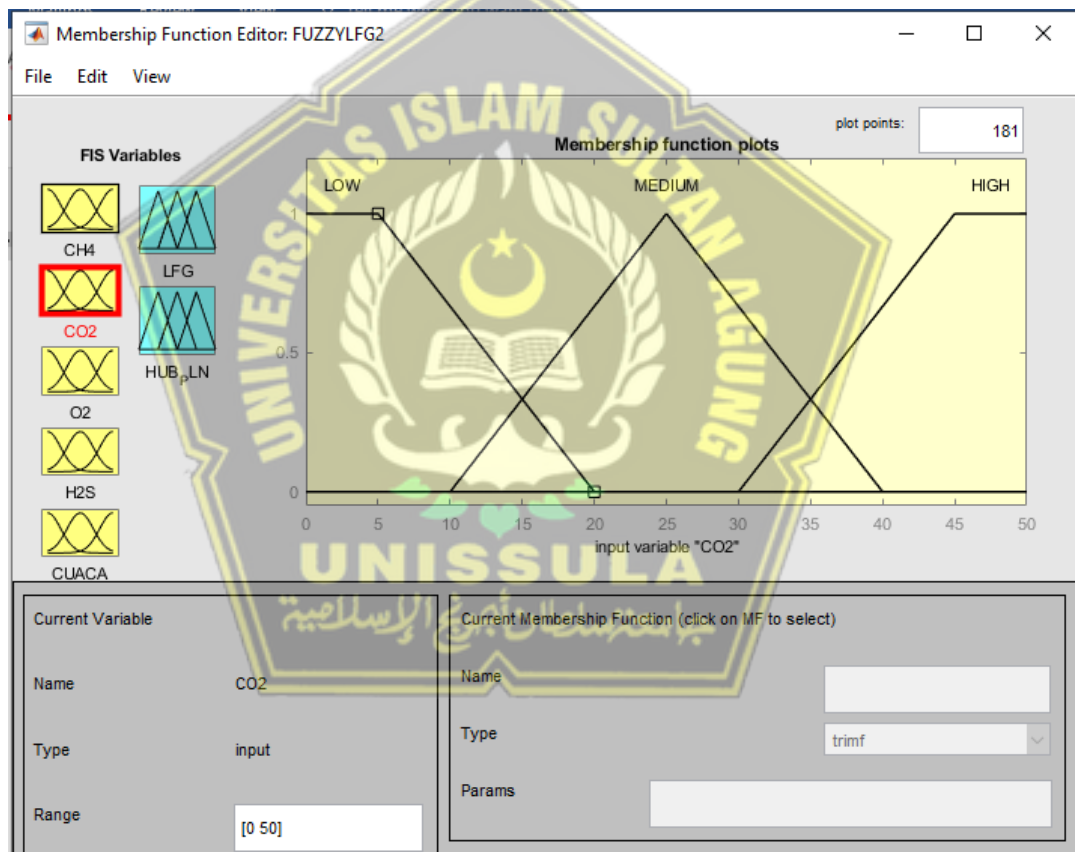
$$\mu_{low}[x] = \begin{cases} 1 & , x \leq 10 \\ \frac{30-x}{20} & , 10 \leq x \leq 30 \\ 0 & , x \geq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{medium}[x] = \begin{cases} 0 & , 20 \leq x \leq 50 \\ \frac{x-20}{15} & , 20 \leq x \leq 35 \\ \frac{35-x}{15} & , 35 \leq x \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu_{high}[x] = \begin{cases} 0 & , x \leq 40 \\ \frac{x-40}{20} & , 40 \leq x \leq 60 \\ 1 & , x \geq 60 \end{cases}$$

2. Fungsi keanggotaan gas CO₂

Keanggotaan karbon dioksida dibagi menjadi 3, *Low*, *Medium*, *High* berdasarkan pada range data yang didapatkan dilapangan, dimana low berada pada range 0 sampai 10 %mmol; medium berada pada ranga 10 sampai 30 %mmol dan high berada pada range 30 sampai 40%mmol. Gambar 3.6 meupakan himpunan keanggotaan karbondioksida yang terdiri dari 3 klasifikasi tersaji berikut



Gambar 3.6. Himpunan Keanggotaan Karbondioksida

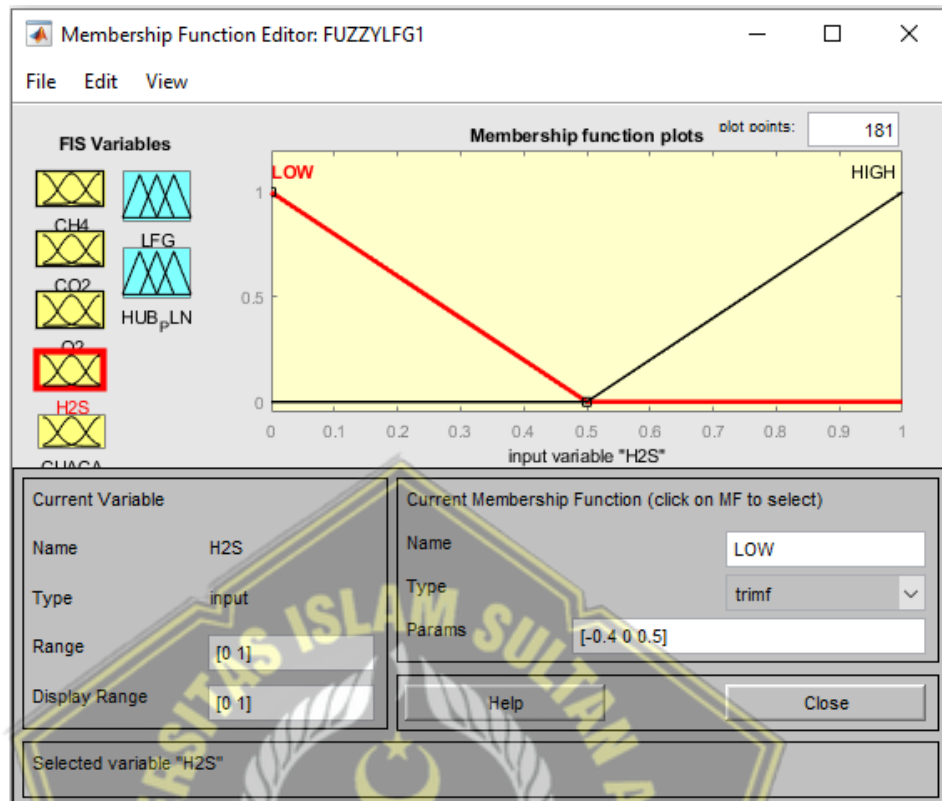
$$\mu_{low}[x] = \begin{cases} 1 & , x \leq 5 \\ \frac{20-x}{15} & , 5 \leq x \leq 20 \\ 0 & , x \geq 20 \end{cases}$$

$$\mu_{medium}[x] = \begin{cases} 0 & , x \leq 10 \text{ atau } x \geq 40 \\ \frac{x-10}{15} & , 10 \leq x \leq 25 \\ \frac{25-x}{15} & , 25 \leq x \leq 40 \end{cases}$$

$$\mu_{high}[x] = \begin{cases} 0 & , x \leq 30 \\ \frac{x-30}{15} & , 30 \leq x \leq 45 \\ 1 & , x \geq 45 \end{cases}$$

2. Fungsi Keanggotaan Oksegin O₂

Membership fungsi atau derajat keanggotaan gas oksigen O₂ dibagi menjadi 2 yaitu *Low* dan *High* berdasarkan pada range data yang didapatkan dilapangan, dimana low berada pada range kurang dari 0.5 atau 0 sampai 0,5 %mmol; high berada pada range diatas 0,5 %mmol. Adapun derajat keanggotaan Oksigen O₂ tersaji pada Gambar 3.7 Himpunan Keanggotaan Oksigen yang terdiri dari 2 klasifikasi yaitu:



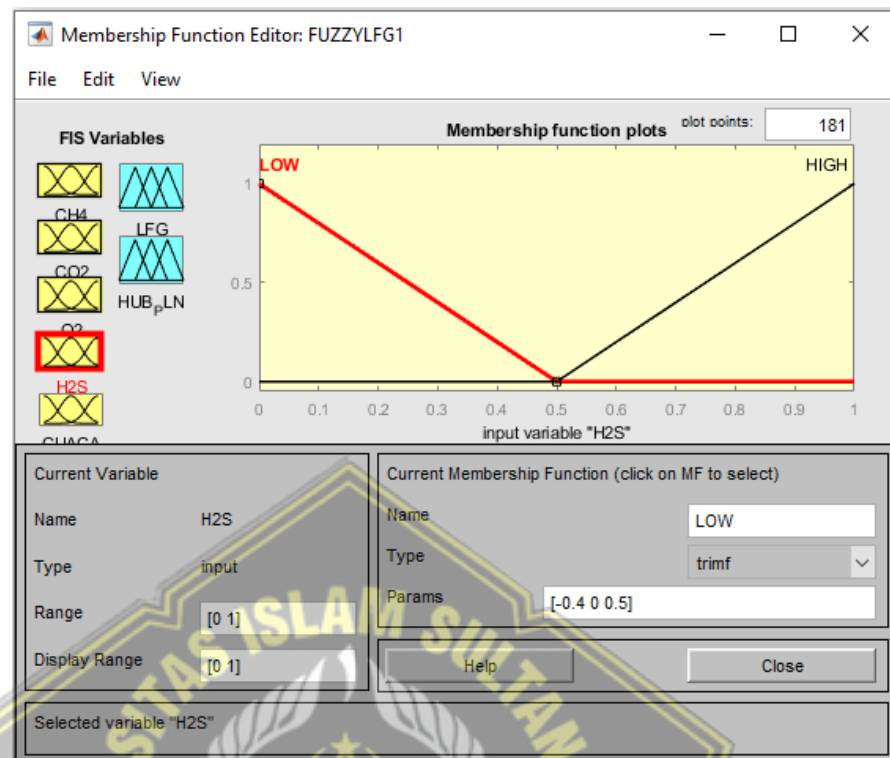
Gambar 3.7 Himpunan Keanggotaan Oksigen

$$\mu_{low}[x] = \begin{cases} \frac{0,5 - x}{0,5} & , 0 \leq x \leq 0,5 \\ 0 & , x \geq 0,5 \end{cases}$$

$$\mu_{high}[x] = \begin{cases} 1 & , x \leq 0,5 \\ \frac{x - 0,5}{0,5} & , 0,5 \leq x \leq 1 \\ 0 & , x \geq 1 \end{cases}$$

3. Fungsi Keanggotaan Hidrosulfur H₂S

Keanggotaan hidrosulfur dibagi menjadi 2 yaitu Low dan High berdasarkan pada range data yang didapatkan dilapangan, dimana low berada pada range kurang dari 0.5; high berada pada range diatas 0,5. Adapun derajat keanggotaan hidrosulfur tersaji pada Gambar 3.8 Himpunan Keanggotaan H₂S yang terdiri dari 2 klasifikasi yaitu:



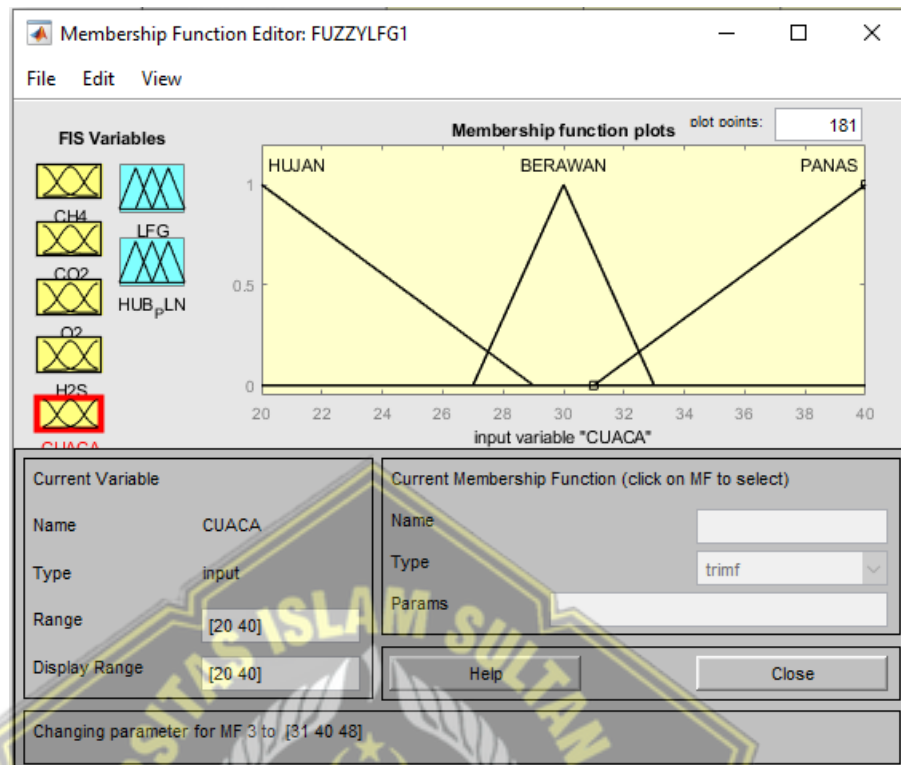
Gambar 3.8 Himpunan Keanggotaan Hidrosulfur

$$\mu_{low}[x] = \begin{cases} \frac{0,5 - x}{0,5}, & 0 \leq x \leq 0,5 \\ 0, & x \geq 0,5 \end{cases}$$

$$\mu_{high}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 0,5 \\ \frac{x - 0,5}{0,5}, & 0,5 \leq x \leq 1 \\ 0, & x \geq 1 \end{cases}$$

4. Fungsi keanggotaan cuaca

Keanggotaan cuaca dibagi menjadi 3, hujan, berawan dan cerah berdasarkan pada range data yang didapatkan dilapangan. Dimana range hujan berapa pada range kurang dari 20 °c sampai 29 °c, berawan pada range 27 °c samapi 33 °c dan panas berada pada range lebih dari 31 °c. adapun derajat keanggotaan *membershipship fuction* pada cuaca tersaji pada Gambar 3.7 Himpunan Keanggotaan cuaca yang terdiri dari 3 klasifikasi yaitu:



Gambar 3.9 Himpunan Keanggotaan Cuaca

$$\mu_{Hujan}[x] = \begin{cases} \frac{29-x}{9} & ,20 \leq x \leq 29 \\ 0 & , x \geq 29 \end{cases}$$

$$\mu_{mendung}[x] = \begin{cases} 0 & ,x \leq 27 \text{ atau } x \geq 33 \\ \frac{x-27}{3} & ,27 \leq x \leq 30 \\ \frac{33-x}{3} & ,30 \leq x \leq 33 \end{cases}$$

$$\mu_{cerah}[x] = \begin{cases} 0 & ,x \leq 31 \\ \frac{x-31}{9} & ,31 \leq x \leq 40 \\ 1 & ,x \geq 40 \end{cases}$$

3.4.3 Rule Base Fuzzy

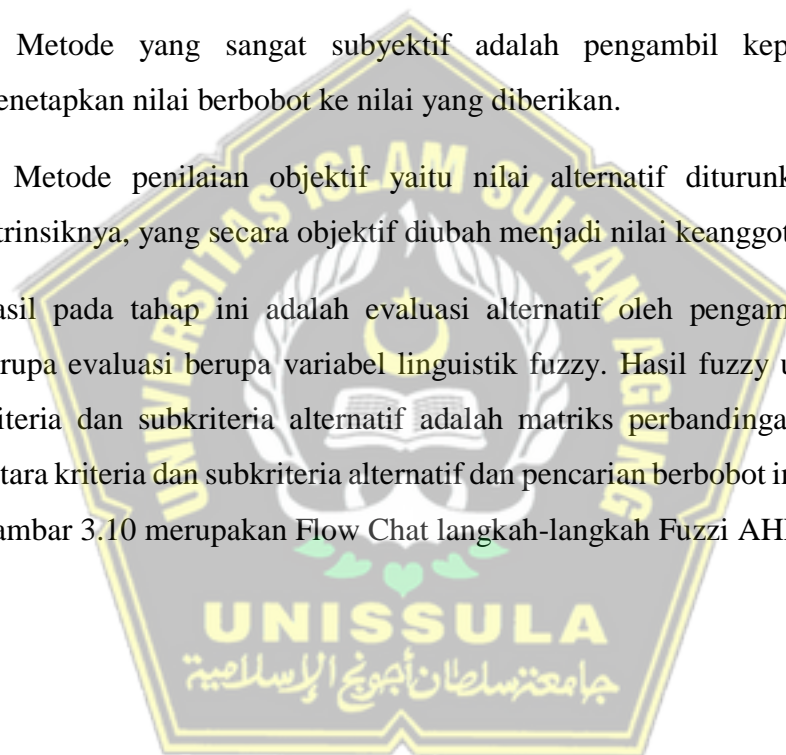
Pada tahapan ini setiap output dari tahapan fuzzifikasi yang berupa emisi per/hari keanggotaan emisi gas dan cuaca akan digabung dengan menggunakan rule evaluation. Dimana setiap parameter dari masukan CH₄, CO₂, O₂, H₂S dan Cuaca akan dibentuk rules sehingga menghasilkan output kualitas LFG.

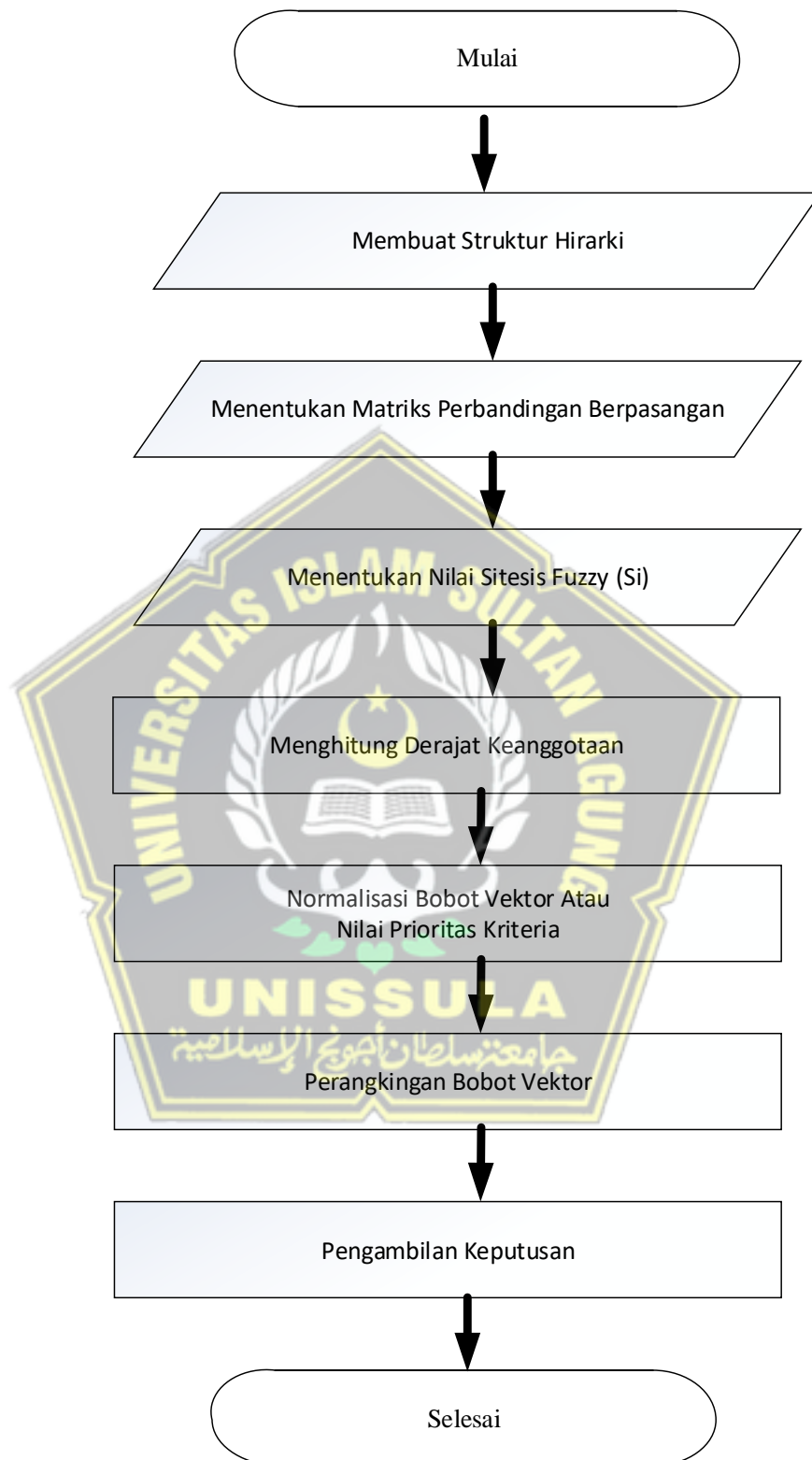
3.5 Fuzzy Analytical Hierarchy Process (F-AHP)

Metode fuzzy-AHP menggunakan nilai bobot terdiri dari empat langkah: Menentukan nilai (skor) dari setiap opsi untuk setiap kriteria. Pada titik ini, pengambil keputusan diminta untuk memberikan serangkaian evaluasi terhadap alternatif x dalam bentuk bilangan TFN (bilangan segitiga fuzzy). Kemudian, ditentukan nilai fuzzy untuk setiap opsi pada setiap kriteria. Terdapat dua metode yang digunakan untuk menentukan bobot pada setiap pilihan yaitu:

- a. Metode yang sangat subyektif adalah pengambil keputusan untuk menetapkan nilai berbobot ke nilai yang diberikan.
- b. Metode penilaian objektif yaitu nilai alternatif diturunkan dari nilai intrinsiknya, yang secara objektif diubah menjadi nilai keanggotaan.

Hasil pada tahap ini adalah evaluasi alternatif oleh pengambil keputusan berupa evaluasi berupa variabel linguistik fuzzy. Hasil fuzzy untuk evaluasi kriteria dan subkriteria alternatif adalah matriks perbandingan yang cocok antara kriteria dan subkriteria alternatif dan pencarian berbobot informasi. Pada Gambar 3.10 merupakan Flow Chat langkah-langkah Fuzzi AHP yaitu:

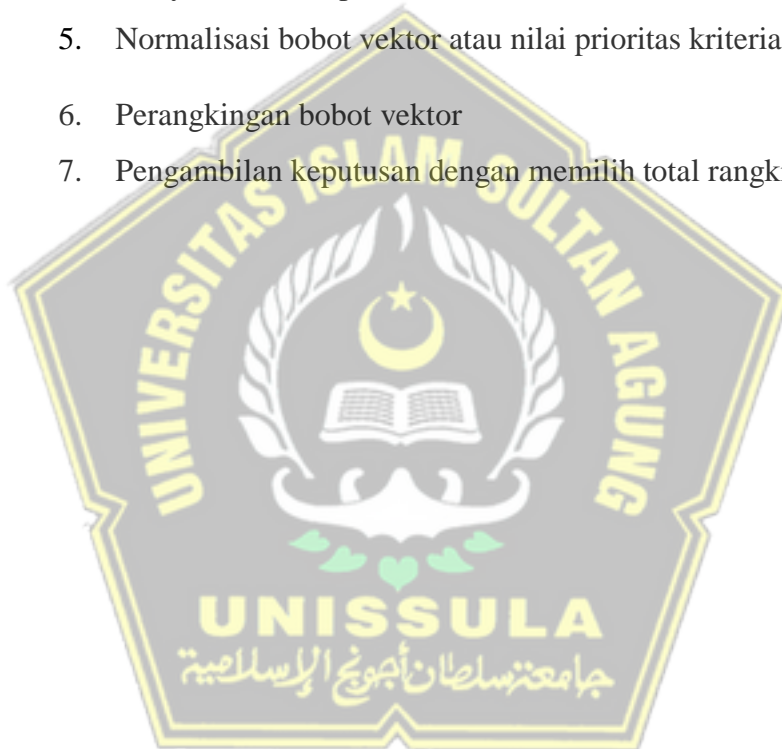




Gambar 3.10 Flow Chat Fuzzi AHP

Adapun tahapan langkah langkah kerja Fuzzi AHP dalam menentukan kualitas produksi gas sebagai berikut :

1. Membuat struktur hirarki masalah yang akan diselesaikan.
2. Menentukan matriks perbandingan kepentingan berpasangan antar kriteria dengan skala Fuzzy Triangular Number.
3. Menentukan nilai sitesis fuzzy (Si).
4. Menghitung derajat keanggotaan dari perbandingan nilai sintesis fuzzy untuk memperoleh vector.
5. Normalisasi bobot vektor atau nilai prioritas kriteria.
6. Perangkingan bobot vektor
7. Pengambilan keputusan dengan memilih total rangking tertinggi.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil penelitian

Merujuk model penelitian data pada Gambar 3.1 dan data sampah pada Tabel 3.1, data timbunan sampah pada Tabel 3.2, data komposisi sampah pada Tabel 3.3, dan data potensi gas landfill pada Tabel 3.4. maka diperoleh hasil:

4.1.1 Potensi LFG dan Energi Listrik

Tabel 4.1 merupakan hasil potensi LFG dan Energi listrik untuk 10 tahun kedepan dimana potensi LFG diperoleh dari perhitungan nilai konstanta (K) komposisi sampah yang terdapat di TPA jati barang. Setelah potensi LFG diketahui maka Potensi Energi Listrik yang dihasilkanpun dapat diketahui seperti yang terdapat pada Tabel 4.1 yaitu:

Tabel 4.1 Potensi LFG dan Energi Listrik

No	Recoverable Biogas (m ³ /years)	Amount of Methane Gas Collected	Energy (Kwh/year)	Power (Kwh/hour)	MM
1	5.733.294	2.866.647	23.203.158	2.648,76	2,6
2	5.968.092	2.984.046	24.153.405	2.757,24	2,8
3	6.070.711	3.035.356	24.568.714	2.804,65	2,8
4	6.162.734	3.081.367	24.941.138	2.847,16	2,8
5	6.241.929	3.120.965	25.261.649	2.883,75	2,9
6	6.306.066	3.153.033	25.521.217	2.913,38	2,9
7	6.354.029	3.177.015	25.715.329	2.935,54	2,9
8	6.383.031	3.191.515	25.832.699	2.948,94	2,9
9	6.390.839	3.195.419	25.864.299	2.952,55	3,0
10	6.374.665	3.187.332	25.798.842	2.945,07	2,9

Tabel 4.1 merupakan hasil dari perhitungan potensi listrik yang telah diprediksi selama 10 tahun kedepan. Dimana hasil potensi LFG diperoleh berdasarkan data lapangan seperti komposisi dan jumlah rata rata sampah yang masuk di TPA jatibarang.

4.1.2 Fuzzifikasi LFG MATLAB

Pada program matlab penentuan kualitas FLG hanya perlu memasukkan parameter- parameter input yang terdapat pada lapangan seperti kandungan gas metana CH₄; gas karbondioksida CO₂; Gas Oksigen O₂; gas hydrogen Sulfusida H₂S dan Cuaca. yang mana nantinya akan di proses menggunakan Fuzzy yang menghasilkan output berupa nilai kualitas LFG. Berikut hasil nilai data sampling kualitas LFG menggunakan aplikasi matlab tersaji pada Tabel 4.2 yaitu:

Tabel 4.2 Value LFG

No	Tanggal Sampling	Value LFG FUZZY (%mmol)
1	27 januari	45
2	10 mei	37,8
3	3 maret	18,1
4	30 januari	34,9
5	26 februari	18,6

4.1.3 Hasil Fuzzi AHP

Penilaian diberikan dengan nilai *High*, *Medium*, dan *Low* pada masing-masing kriteria. Berikut dalam Tabel 4.3 adalah data nilai bulan beserta penilaian berdasarkan kriteria yang sudah diberikan yang kemudian ditentukan untuk nilai pembobotan dari masing masih bulan dengan penilaian yang sudah diberikan dan Tabel 4.4 merupakan perhitungan perangkingan bobot global dari nilai bulan yaitu:

Tabel 4.3. Data Nilai Bulan

	CH ₄	CO ₂	CUACA
Januari	LOW	MEDIUM	LOW
Febuari	MEDIUM	LOW	LOW
Maret	HIGH	LOW	HIGH
April	HIGH	LOW	HIGH
Mei	MEDIUM	MEDIUM	LOW
Juni	LOW	MEDIUM	LOW
Juli	HIGH	LOW	HIGH
Agustus	LOW	LOW	HIGH
September	HIGH	LOW	HIGH
Oktober	MEDIUM	MEDIUM	LOW
November	LOW	MEDIUM	LOW
Desember	HIGH	LOW	HIGH

Tabel 4.4. Kesimpulan dan Perangkingan Bobot Global

Global	CH ₄	CO ₂	CUACA	Bobot Global	Ranking
Bobot(w)	0,127	0,72	0,153		
Alternatif					
	CH ₄	CO ₂	CUACA		
Januari	0,02489	0,2772	0,02463	0,32673	3
Febuari	0,04394	0,18	0,02463	0,24858	12
Maret	0,04039	0,18	0,04865	0,26904	6
April	0,04039	0,18	0,04865	0,26904	6
Mei	0,04394	0,2772	0,02463	0,34578	1
Juni	0,02489	0,2772	0,02463	0,32673	3
Juli	0,04039	0,18	0,04865	0,26904	6
Agustus	0,02489	0,18	0,04865	0,25355	11
September	0,04039	0,18	0,04865	0,26904	6
Oktober	0,02489	0,2772	0,02463	0,34578	1
November	0,02489	0,2772	0,02463	0,32673	3
Desember	0,04039	0,18	0,04865	0,26904	6

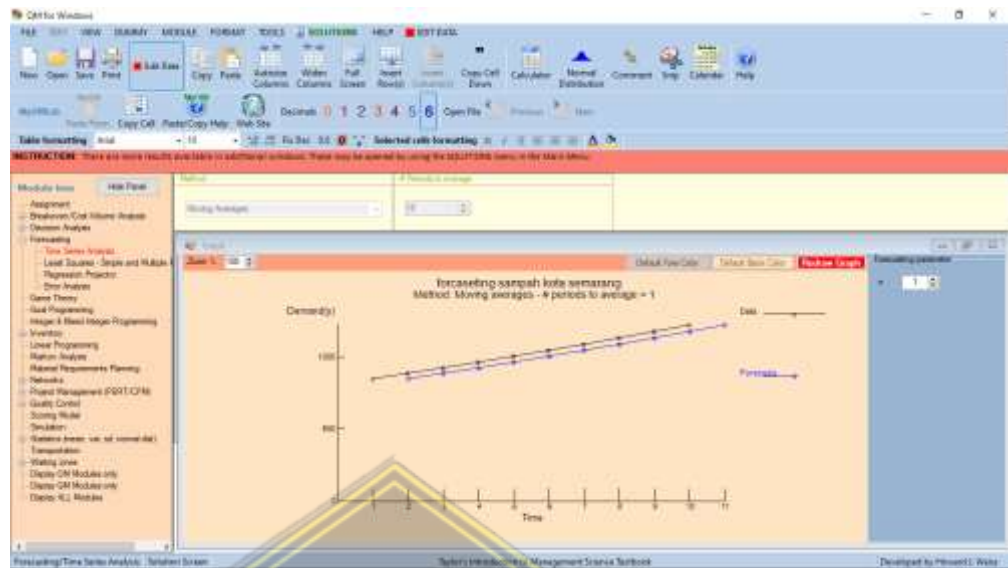
4.2 Pembahasan

4.2.1 Peramalan Jumlah Sampah

Dalam menentukan peramalan jumlah volume sampah Kota Semarang pada penelitian ini menggunakan metode *Moving Average* dengan menginput data dari tahun 2011 sampai dengan 2020. Kemudian akan didapatkan data hasil peramalan selama tahun ke sepuluh dalam analisis deret waktu dengan menggunakan metode *Moving Average*, untuk membandingkan hasil dari peramalan moving average maka digunakan metode proyeksi (trend proyeksi) merupakan metode prediksi dari kumpulan waktu yang serasi dengan garis tren berdasarkan kumpulan titik-titik data yang telah lampau, kemudian diproyeksikan untuk peramalan masa yang akan datang. Ada beberapa metode proyeksi yang akan digunakan untuk peramalan jumlah volume sampah kota semarang, yaitu: *Arithmetic Straight Line*; *Arithmetic Geometric Curve*; *Statistical Straight Line* dan *Statistical Parabolic*.

	Demand(y)	Forecast	Error	Error ²	Pct Error
Past Period 1	549				
Past Period 2	556				
Past Period 3	524				
Past Period 4	563				
Past Period 5	1034				
Past Period 6	1045				
Past Period 7	1037				
Past Period 8	1131				
Past Period 9	1175				
Past Period 10	1220				
TOTALS	10284		0	0	0%
AVERAGE	1028.4		212.899	212.899	45321.66
Next period forecast	1028.4	(Item)	(MAD)	(MSE)	(MAPE)

Gambar 4.1 Hasil *Forecasting Moving Average* Menggunakan Software POM QM



Gambar 4.2 Grafik Hasil *Forecasting Moving Average*

Adapun hasil peramalan menggunakan *Moving Average* dapat dilihat pada Tabel 4.5 yaitu peramalan dalam jangka waktu 2021 sampai 2030.

Tabel 4.5 Peramalan sampah tahun 2021 sampai 2030 metode *Moving Average*

Years	QUANTITY (ton/day)	QUANTITY (ton/year)
2021	1028	375.220
2022	1070	390.587
2023	1089	397.303
2024	1105	403.325
2025	1119	408.508
2026	1131	412.706
2027	1139	415.845
2028	1145	417.743
2029	1146	418.254
2030	1143	417.195

Table 4.5 adalah hasil dari peramalan sampah kota Semarang sepuluh tahun ke depan dari tahun 2021 sampai 2030 dengan menggunakan *Moving Average* dari data masa lalu yaitu tahun 2011 sampai 2020.

Kemudian akan dikomparasikan data hasil peramalan selama 10 tahun ke depan menggunakan analisis deret waktu dengan menggunakan metode *Arithmetic Proyeksi* (trend proyeksi), adapun hasil data perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.6, 4.7 4.8 dan 4.9.

Tabel 4.6 Arithmetic Straight Line Method Volume Sampah Kota Semarang

Actual Demant		Forecaseting Projected Years	
Tahun	Jumlah (Ton/Hari)	tahun	Jumlah (Ton/Hari)
2011	886	2021	1304
2012	924	2022	1342
2013	963	2023	1380
2014	1004	2024	1418
2015	1045	2025	1456
2016	1087	2026	1494
2017	1131	2027	1533
2018	1175	2028	1571
2019	1220	2029	1609
2020	1266	2030	1647

Tabel 4.6 adalah hasil peramalan menggunakan metode *Straight Line*/ metode garis lurus dimana hasil yang didapat actual demand tahun terakhir yaitu 1266 ton, dikurangi demand pada tahun pertama 886 ton. Didapatkan hasil pada tahun 2021 yaitu 1304 ton.

Tabel 4.7 *Arithmetic Geometric Curve Method* : Volume Sampah
Kota Semarang

Tahun	Actual Demond	Year To Year Increase	Persentase Increase	Project Years	Project Demond
2011	886			2021	1278,96
2012	924	38	4,3%	2022	1291,75
2013	963	39	4,2%	2023	1304,67
2014	1004	40	4,2%	2024	1317,72
2015	1045	41	4,1%	2025	1330,89
2016	1087	42	4,1%	2026	1344,20
2017	1131	44	4,0%	2027	1357,64
2018	1175	44	3,9%	2028	1371,22
2019	1220	45	3,8%	2029	1384,93
2020	1266	46	3,8%	2030	1398,78
TOTAL		380	36,4%		

Tabel 4.7 adalah hasil peramalan menggunakan metode Arithmetic Geometric Curve Method dimana pada tahun 2021 didapatkan hasil 1278 ton; tahun 2022 didapat hasil 1291 ton.

Tabel 4.8 *Statistical Straight Line*: Volume Sampah Kota Semarang

Tahun	Actual Value (Y)	X	X ²	Xy	Tahun	X	Project Value (YC)
2011	886	-9	81	-7974	2021	11	1302,613333
2012	924	-7	49	-6468,7	2022	13	1344,892121
2013	963	-5	25	-4816,5	2023	15	1387,170909
2014	1004	-3	9	-3010,5	2024	17	1429,449697
2015	1045	-1	1	-1044,8	2025	19	1471,728485
2016	1087	1	1	1087,2	2026	21	1514,007273
2017	1131	3	9	3392,1	2027	23	1556,286061
2018	1175	5	25	5874,5	2028	25	1598,564848
2019	1220	7	49	8540	2029	27	1640,843636
2020	1266	9	81	11396,7	2030	29	1683,122424

Tabel 4.8 adalah hasil peramalan menggunakan metode Arithmetic Geometric Curve Method dimana pada tahun 2021 didapatkan hasil 1302 ton.

Tabel 4.9 *Arithmetic Statistical Semi Log Method: Volume Sampah Kota Semarang*

Tahun	Actual Value (Y)	X	X ²	Log Y	X. Log Y	Tahun	X	Log Yc	Yc
2011	886	-9	81	2,947434	-26,5269	2021	11	3,121414	1322,5
2012	924	-7	49	2,965719	-20,76	2022	13	3,138653	1386,5
2013	963	-5	25	2,983762	-14,9188	2023	15	3,155892	1431,8
2014	1004	-3	9	3,001517	-9,00455	2024	17	3,17313	1489,8
2015	1045	-1	1	3,019033	-3,01903	2025	19	3,190369	1550,1
2016	1087	1	1	3,036309	3,036309	2026	21	3,207608	1612,9
2017	1131	3	9	3,053347	9,160042	2027	23	3,224846	1678,2
2018	1175	5	25	3,070001	15,35	2028	25	3,242085	1746,1
2019	1220	7	49	3,08636	21,60452	2029	27	3,259323	1816,8
2020	1266	9	81	3,102537	27,92283	2030	29	3,276562	1890,4

Perhitungan *Mean Absolute Percent Error* (MAPE) Merupakan rata-rata dari keseluruhan kesalahan (selisih) antara data aktual (*actual values*) dengan data hasil peramalan (*projected values*). Tabel 4.10 adalah tabel perbandingan moving average dengan metode proyeksi (trend proyeksi) aritmethic.

Tabel 4.10 Mean Absolute Percent Error (MAPE)

MAPE	
Moving Average	12%
Metode Stright Line Method	38%
Geometric Curve Method	26%
Statistical Straight Line Method	40%
Statistical Semi Log Method	49%

Setelah diketahui hasil Mean Absolute Percent Error (MAPE) dari hasil masing masing peramalan maka didapatkan hasil metode *Moving Average* adalah metode yang paling kecil Mean Absolute Percent Error (MAPE). Maka pada penelitian ini digunakan moving average sebagai metode peramalan jumlah sampah kota semarang.

4.2.2 Analisa Pemanfaatan Potensi Landfill Gas

Analisis potensi gas landfill yang terkandung di dalam sampah salah satu faktor yang mempengaruhinya adalah jumlah volume dan jenis komposisi sampah yang terkandung di dalam landfill sangat mempengaruhi jumlah gas landfill yang dihasilkan setiap tahunnya. Berdasarkan data yang diperoleh, jumlah bahan organik (sampah makanan) jauh melebihi jumlah sampah anorganik. Hal ini dikarenakan jumlah sampah organik seperti sisa makanan, sayur dan buah yang dibuang lebih banyak dibandingkan sampah anorganik lainnya. Dibawah ini merupakan perhitungan nilai K dari komposisi sampah TPA Jatibarang yang bisa dilihat pada Tabel 4.11 yaitu:

Tabel 4.11 Perhitungan Nilai K

Karakteristik	Angka	Bobot	Nilai K
<i>Organic waste (sisa makanan)</i>	0,64	0,4	0,26
<i>Medium decay (tumbuhan, dll)</i>	0,14	0,08	0,011
<i>Slow decay (plastik, dll)</i>	0,22	0,02	0,004
Total			0,28

Tabel 4.11 hasil nilai K yang terdapat pada TPA Jatibarang dengan jumlah komposisi sampah terurai cepat (64%), terurai perlahan (14%) dan terurai lambat (22%). Perhitungan potensi jumlah gas yang ditimbun sampai 1 tahun di TPA Jatibarang dihitung dengan persamaan (2.3) sebagai berikut:

$$Q_t = 2LoMo(e^{kt} - 1)e^{-kt} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$Q_t = 2 \cdot 68.375.220 \cdot (e^{0,28 \cdot 1} - 1) e^{-0,28 \cdot 1}$$

$$Q_t = 12.462.328,9 \text{ m}^3/\text{tahun.}$$

Pada Tabel 4.12 adalah hasil dari perhitungan secara menyeluruh dari tahun pertama sampai tahun ke sepuluh potensi jumlah gas:

Tabel 4.12 Potensi Jumlah Gas

No	Years	QT (m ³ /tahun)
1	2021	12.462.329
2	2022	12.972.702
3	2023	13.195.764
4	2024	13.395.791
5	2025	13.567.936
6	2026	13.707.349
7	2027	13.811.606
8	2028	13.874.645
9	2029	13.891.617
10	2030	13.856.461

Tabel 4.12 merupakan hasil perhitungan jumlah gas yang dihasilkan dari tahun 2021 sampai 2030. Dari hasil Tabel 4.12 tersebut perhitungan jumlah potensi gas metana yang mengalami kenaikan setiap tahunnya.

4.2.3 Analisa Gas Collection PLTSa

Pencapaian efisiensi metana sangat bergantung pada desain sistem pengumpulan material yang digunakan untuk menutupi landfill gas. Pada dasarnya, kondisi landfill tidak hanya menghasilkan gas, tetapi juga menghasilkan lumpur dan air lindi. Karena komponen gas lainnya juga ikut keluar bersamaan dengan hasil dekomposisi sampah. Dalam sistem landfill gas tidak semua 100 % sampah bisa menjadi gas methan, hanya sampah organik yang dapat dijadikan sebagai gas methan. Jumlah persentase sampah yang masuk ke TPA Jatibarang untuk sampah organik sebesar 61,34%, maka dari itu hasil produksi dari data potensi sampah, landfill gas dan gas metan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$\begin{aligned} \text{Recoverable Biogas} &= 75\% \times Q_t \times 61,34\% \\ &= 3.959.363 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Untuk menghitung tahun berikutnya menggunakan persamaan rumus yang sama hanya saja berbeda di Q_t = jumlah potensi *landfill gas* pada setiap tahunnya. Berikut tersaji pada Tabel 4.8 *Recoverable Biogas* dalam 10 tahun kedepan.

Tabel 4.13 Recoverable Biogas

NO	Produksi LFG (Landfill gas)	Recoverable biogas (m ³ /tahun)
1	12.462.329	5.733.294
2	12.972.702	5.968.092
3	13.195.764	6.070.711
4	13.395.791	6.162.734
5	13.567.936	6.241.929
6	13.707.349	6.306.066
7	13.811.606	6.354.029
8	13.874.645	6.383.031
9	13.891.617	6.390.839
10	13.856.461	6.374.665

Dari data Tabel 4.13 dapat diketahui hasil LFG yang dihasilkan setelah menggunakan perhitungan dengan efisiensi penggunaan sistem capping namun masih ada beberapa kandungan gas didalamnya yang terdiri dari beberapa macam gas lain, seperti karbon dioksida (CO₂), gas metan (CH₄), karbon monoksida (CO), amoniak (NH₃), nitrogen (N₂), hydrogen sulfida (H₂S), dan oksigen (O₂).

Dengan sistem capping atau penutup dengan geomembran, maka untuk menentukan gas metan yang terkandung pada landfill gas dapat dihitung dengan:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah gas Metana} &= 50\% \times \text{Recoverablebiogas} \\
 &= 50\% \times 3.959.363 \\
 &= 1.979.682 \text{ m}^3/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung tahun berikutnya menggunakan persamaan rumus yang sama hanya saja berbeda di Recoverable biogas pada setiap tahunnya. Berikut tersaji pada Tabel 4.14 jumlah gas metana terkumpul dalam 10 tahun kedepan.

Tabel 4.14 Jumlah Gas Metana Terkumpul

NO	Recoverable biogas (m ³ /tahun)	Jumlah gas metana yang terkumpul
1	5.733.294	2.866.647
2	5.968.092	2.984.046
3	6.070.711	3.035.356
4	6.162.734	3.081.367
5	6.241.929	3.120.965
6	6.306.066	3.153.033
7	6.354.029	3.177.015
8	6.383.031	3.191.515
9	6.390.839	3.195.419
10	6.374.665	3.187.332

Dari daftar Tabel 4.14 dapat diketahui hasil dari potensi gas metana di PLTSa Jatibarang dengan sistem capping atau penutupan pada gas collection, sehingga bisa didapat potensi listrik yang dihasilkan.

Dengan Konversi energi 1m³ gas metana sama dengan 9,39 Kwh, maka diperoleh:

Jumlah listrik: Jumlah gas metana x 9,39 kWh x 86,2 %

Jumlah listrik: 2.866.647 x 9,39 x 86,2%

: 23.203.158 kWh

Pada penghitungan tahun berikutnya masih menggunakan persamaan rumus yang sama hanya saja yang membedakan adalah jumlah gas metana nya. Dibawah ini adalah hasil dari potensi listrik yang dihasilkan tersaji pada table 4.15 yaitu:

Tabel 4.15 Potensi Energi Listrik

No	Recoverable Biogas (m ³ /years)	Amount of Methane Gas Collected	Energy (Kwh/year)	Power (Kwh/hour)	Mega Watt
1	5.733.294	2.866.647	23.203.158	2.648,76	2,6
2	5.968.092	2.984.046	24.153.405	2.757,24	2,8
3	6.070.711	3.035.356	24.568.714	2.804,65	2,8
4	6.162.734	3.081.367	24.941.138	2.847,16	2,8
5	6.241.929	3.120.965	25.261.649	2.883,75	2,9
6	6.306.066	3.153.033	25.521.217	2.913,38	2,9
7	6.354.029	3.177.015	25.715.329	2.935,54	2,9
8	6.383.031	3.191.515	25.832.699	2.948,94	2,9
9	6.390.839	3.195.419	25.864.299	2.952,55	3,0
10	6.374.665	3.187.332	25.798.842	2.945,07	2,9

Tabel 4.15 merupakan hasil dari perhitungan potensi listrik yang telah diprediksi selama 10 tahun kedepan. Dengan diketahui hasil diatas sesuai perhitungan data yang diperoleh. Maka dapat dianalisis bahwa pada setiap tahunnya mengalami kenaikan.

4.2.4 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca

Perhitungan emisi CH₄ dan CO₂ dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut:

1. Perhitungan Emisi CH₄

$$M_i \text{ CH}_4 = 2.866.647 \text{ m}^3/\text{tahun} = 2.866 \text{ Gg}/\text{thn} \text{ (Tahun Pertama)}$$

$$EF = 4 \text{ g CH}_4/\text{kg}$$

$$R = \text{Gas yang dimanfaatkan (} M_i \times \text{Eff Gas Engine)}$$

$$\text{GWP CH}_4 = 21 \text{ Maka,}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 &= (\sum ((M_i \times EF) * 10^{-3}) - R) \times \text{GWP} \\ &= (((2.866 \text{ Gg}/\text{thn} \times 4 \text{ g CH}_4/\text{kg}) \times 10^{-3}) - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & ((2.149,5 \text{ Gg/thn} \times 4 \text{ g CH}_4/\text{kg}) * 10^{-3}) \times 21 \\
 & = (11,464 - 8,59) \times 21 \\
 & = 60,35 \text{ Gg CH}_4 \text{ tahun-1} \\
 & = \mathbf{60.354 \text{ ton CH}_4 \text{ per tahun}}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Emisi CO₂

Pada perhitungan Emisi CO₂ adalah berdasarkan jumlah gas LFG yang dihasilkan sebagai berikut:

$$Mi \text{ CO}_2 = 5.733.294 \text{ m}^3/\text{tahun} \times \text{pers CO}_2$$

$$= 7.733 \text{ Gg/tahun} \times 40\%$$

$$= 2.293 \text{ Gg/tahun}$$

$$EF = 0,90 \text{ CO}_2/\text{kg}$$

$$R = 0 \text{ (Tidak ada upaya pemanfaatan)}$$

$$GWP \text{ CO}_2 = 1$$

$$\mathbf{Emisi \text{ CO}_2} = (\sum (((Mi \times EF) * 10^{-3}) - R) \times GWP)$$

$$= (((2.293 \text{ Gg/thn} \times 0,90 \text{ g CO}_2/\text{kg}) * 10^{-3}) - 0) \times 1)$$

$$= 2,0637 \text{ Gg CO}_2 \text{ tahun-1}$$

$$= \mathbf{2.063 \text{ ton CO}_2 \text{ per tahun}}$$

Pengurangan emisi pada tahun pertama sangat besar, dengan emisi CH₄ yang terdiri dari 40-60% LFG hanya sebesar **60.354** ton/tahun pada tahun pertama, sedangkan emisi CO₂ sebesar **2.063** ton/tahun dengan konsentrasi 40%.

4.3 Analisa FIS LFG

4.3.1 fuzzifikasi LFG dengan menggunakan toolbox FIS Matlab

Membuat himpunan dan input fuzzy. Adapun Kategori setiap variable fuzzy sebagai berikut

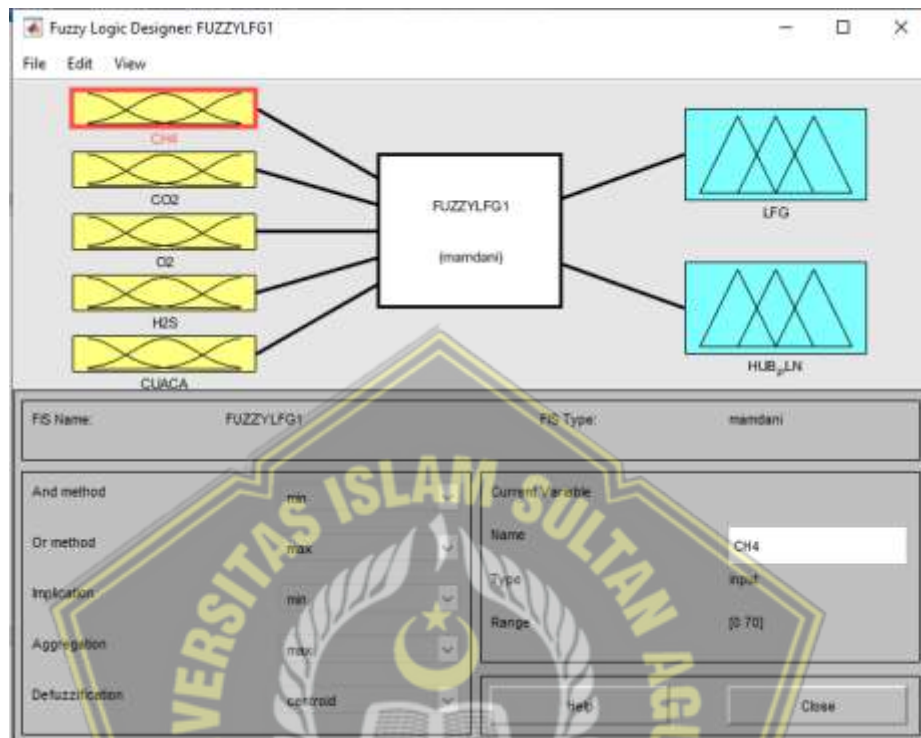
1. Parameter gas:

Gas Metana (CH₄) : Low, Medium and High

Karbon Dioksida (CO₂) : Low, Medium, High

Oksigen (O₂) : Low and High

Hidro Sulfur (H_2S) : Low and High
 Cuaca : Cerah, Berawan & Hujan



Gambar 4.3 Diagram Fuzzifikasi Dengan Toolbox Matlab FIS



Gambar 4.4 Program Deteksi Kualitas LFG Guide Matlab

Pada program matlab FLG hanya perlu memasukkan parameter- parameter input seperti kandungan gas metana CH_4 ; gas karbondioksida CO_2 ; Gas Oksigen O_2 ; gas hydrogen Sulfusida H_2S dan Cuaca, yang mana nantinya akan di proses menggunakan Fuzzy yang menghasilkan output berupa nilai kualitas gas lfg; Sincron dengan line PLN dan keterangan apakah kualitas LFG Dibawah normal; Normal; dan Tidak Normal. Sehingga dengan adanya sistem ini dapat menentukan apakah generator dapat sincron terhubung dengan PLN atau Loss memutuskan Line ketika terjadi Drop kandungan gas LFG

4.3.2 Fungsi Implikasi

Pada fungsi implikasi akan diambil data samping pada pengukuran output gas landfill pltsa jatibarang. Adapun data sampling yang diambil tersaji pada Tabel 4.16 adalah berikut:

Tabel 4.16 Sampling Data Pengukuran Parameter Gas

No	tanggal/ bulan	Jam	parameter gas				
			CH ₄	CO ₂	O ₂	H ₂ S	cuaca
1	27 januari 2020	18.31	53,5	39	0,4	0,4	cerah
2	11 maret 2020	22.11	28,2	27,5	0,7	0,3	berawan
3	5 mei 2020	10.05	18,3	19,3	0,6	0,3	hujan

KASUS 1

Perhitungan nilai fuzzy pada landfill gas, pada tanggal 27 januari 2020 yaitu pada jam 18.31 WIB, adapun paramer gas sebagai berikut

CH₄ : 53,5 %mmol

CO₂ : 39,3 %mmol

O₂ : 0,4 %mmol

H₂S : 0,4 %mmol

CUACA : 37⁰C

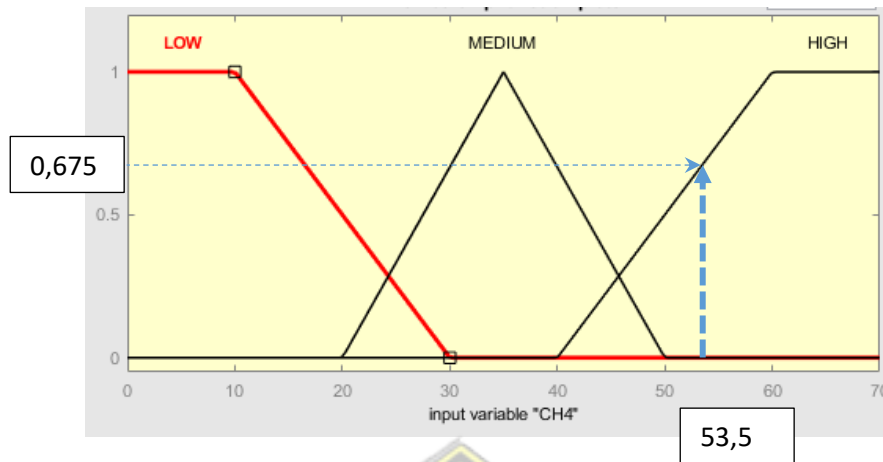
Berdasarkan data diatas, maka aturan predikat untuk penilaian parameter yang ada antara lain :

A. Himpunan Fuzzy CH₄ = 53,5

$$X = 53,5$$

$$\mu_{high}[x] = \begin{cases} 0 & , x \leq 40 \\ \frac{x - 40}{20} & , 40 \leq x \leq 60 \\ 1 & , x \geq 60 \end{cases}$$

$$\mu_{CH_4 high}[53,5] = \frac{53,5 - 40}{20} = 0.675$$



Gambar 4.5 Derajat Keanggotaan Himpunan CH₄

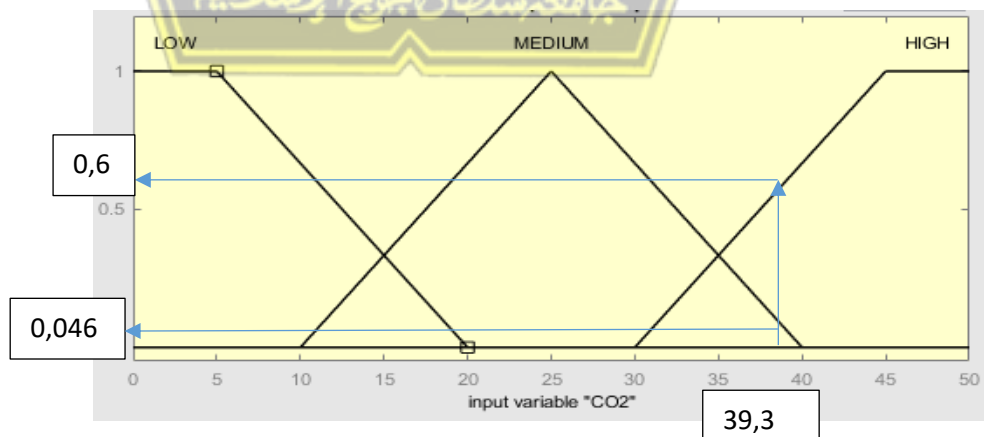
B. Himpunan Fuzzy CO₂ = 39,3

$$X = 39,3$$

$$\mu_{high}[x] = \begin{cases} 0 & , x \leq 30 \\ \frac{x - 30}{15} & , 30 \leq x \leq 45 \\ 1 & , x \geq 45 \end{cases}$$

$$\mu_{CO_2 high}[53] = \frac{39,3 - 30}{15} = 0,62$$

$$\mu_{CO_2 medium}[53] = \frac{40 - 39,3}{15} = 0,046$$



Gambar 4.6 Derajat Keanggotaan Himpunan CO₂

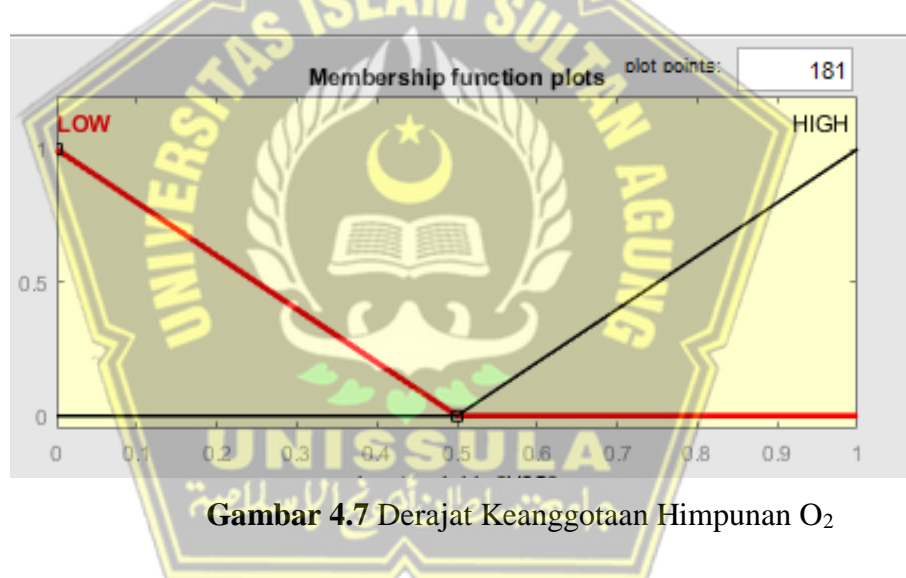
C. Himpunan Fuzzy $O_2 = 0,4$

$$X = 0,4$$

$$\mu_{low}[x] = \begin{cases} \frac{0,5 - x}{0,5} & , 0 \leq x \leq 0,5 \\ 0 & , x \geq 0,5 \end{cases}$$

$$\mu_{high}[x] = \begin{cases} 1 & , x = 0,5 \\ \frac{x - 0,5}{0,5} & , 0,5 \leq x \leq 1 \\ 0 & , x \leq 0,5 \end{cases}$$

$$\mu_{O_2low}[0,4] = \frac{0,5 - 0,4}{0,5} = 0,2$$



Gambar 4.7 Derajat Keanggotaan Himpunan O_2

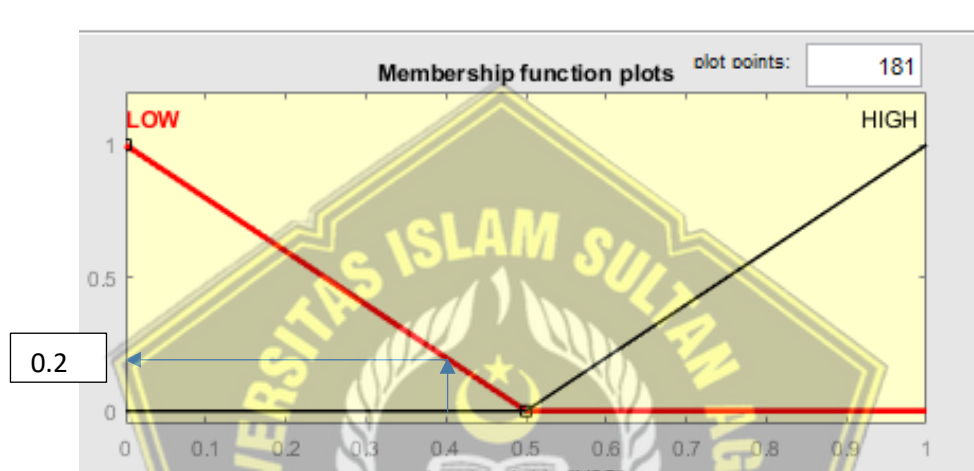
D. Himpunan Fuzzy $H_2S = 0,4$

$$X = 0,4$$

$$\mu_{low}[x] = \begin{cases} \frac{0,5 - x}{0,5} & , 0 \leq x \leq 0,5 \\ 0 & , x \geq 0,5 \end{cases}$$

$$\mu_{high}[x] = \begin{cases} 1 & , x = 1 \\ \frac{x - 0,5}{0,5} & , 0,5 \leq x \leq 1 \\ 0 & , x \leq 0,5 \end{cases}$$

$$\mu_{H2Slow}[0,4] = \frac{0,5 - 0,4}{0,5} = 0,2$$

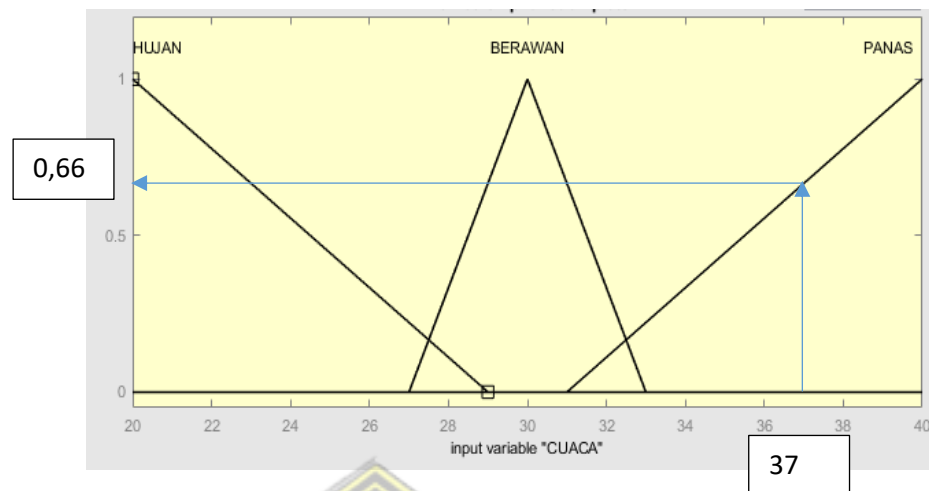


Gambar 4.8 Derajat Keanggotaan Himpunan H₂S

E. Himpunan Fuzzy CUACA = 37°C

$$\mu_{cerah}[x] = \begin{cases} 0 & , x \leq 31 \\ \frac{x - 31}{9} & , 31 \leq x \leq 40 \\ 1 & , x \geq 40 \end{cases}$$

$$\mu_{CERAH}[37] = \frac{37 - 31}{9} = 0,66$$



Gambar 4.9 Derajat Keanggotaan Himpunan Cuaca

Perhitungan nilai fuzzy pada landfill gas, berdasarkan data diatas, maka aturan predikat untuk penilaian parameter yang ada antara lain :

[R99] IF CH₄ adalah **HIGH** AND CO₂ adalah **HIGH** AND O₂ adalah **LOW** and H₂S adalah **LOW** Then **NORMAL**

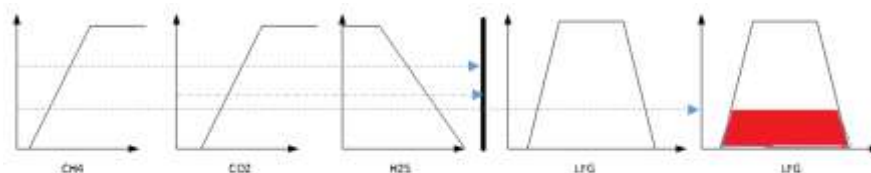
Mengacu pada fungsi keanggotaan diperoleh nilai keanggotaan data yaitu

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \mu_{CH_4\text{ high}} \cap \mu_{CO_2\text{ high}} \cap \mu_{O_2\text{ LOW}} \cap \mu_{H_2S\text{ LOW}} \cap \mu_{cuacacerah}$$

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \min(\mu_{CH_4\text{ high}}[53,5], \cap \mu_{CO_2\text{ high}}[39,3], \\ \cap \mu_{O_2\text{ LOW}}[0,4], \mu_{H_2S\text{ LOW}}[0,4], \cap \mu_{cuacacerah}[37])$$

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \min(0,675; 0,62; 0,2; 0,2; 0,66)$$

$$\alpha\text{-predikat}_1 = 0.2$$



Gambar 4.10 Ilustrasi Fungsi Implikasi : Min [R99]

[R87] IF CH₄ adalah **HIGH** AND CO₂ adalah **MEDIUM** AND O₂ adalah **LOW** and H₂S adalah **LOW** And cuaca **PANAS** Then **NORMAL**

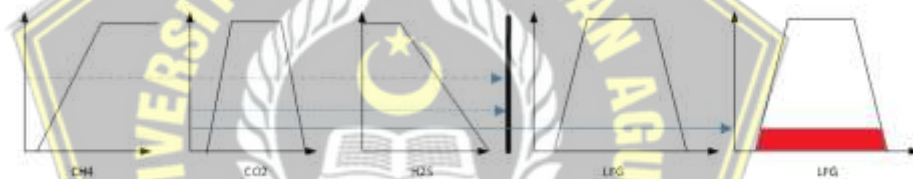
Mengacu pada derajat fungsi keanggotaan diperoleh nilai keanggotaan data yaitu:

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \mu_{CH_4\text{ high}} \cap \mu_{CO_2\text{ medium}} \cap \mu_{O_2\text{ LOW}} \cap \mu_{H_2S\text{ LOW}} \cap \mu_{cuacahujan}$$

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \min(\mu_{CH_4\text{ high}}[53,5], \cap \mu_{CO_2\text{ high}}[39,3], \cap \mu_{O_2\text{ LOW}} [0,4], \mu_{H_2S\text{ LOW}} [0,4], \cap \mu_{cuacacerah} [0])$$

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \min(0,675; 0,62; 0,2; 0,2; 0,66)$$

$$\alpha\text{-predikat}_1 = 0.2$$



Gambar 4.11 Ilustrasi Fungsi Implikasi : Min [R87]

[R63] IF CH₄ adalah **MEDIUM** AND CO₂ adalah **HIGH** AND O₂ adalah **LOW** and H₂S adalah **LOW** And cuaca **PANAS** Then **Dibawah Normal**

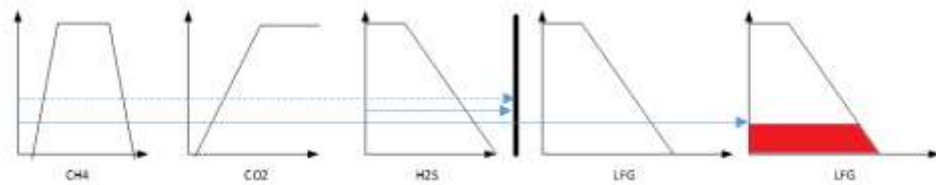
Mengacu pada derajat fungsi keanggotaan diperoleh nilai keanggotaan data yaitu:

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \mu_{CH_4\text{ medium}} \cap \mu_{CO_2\text{ high}} \cap \mu_{O_2\text{ LOW}} \cap \mu_{H_2S\text{ LOW}} \cap \mu_{cuacahujan}$$

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \min(\mu_{CH_4\text{ high}}[53,5], \cap \mu_{CO_2\text{ high}}[39,3], \cap \mu_{O_2\text{ LOW}} [0,4], \mu_{H_2S\text{ LOW}} [0,4], \cap \mu_{cuacacerah} [0])$$

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \min(0,675; 0,62; 0,2; 0,2; 0,66)$$

$$\alpha\text{-predikat}_1 = 0.2$$



Gambar 4.12 Ilustrasi Fungsi Implikasi: Min [63]

[R51] IF CH₄ adalah **MEDIUM** AND CO₂ adalah **MEDIUM** AND O₂ adalah **LOW** and H₂S adalah **LOW** And cuaca **PANAS** Then **NORMAL**

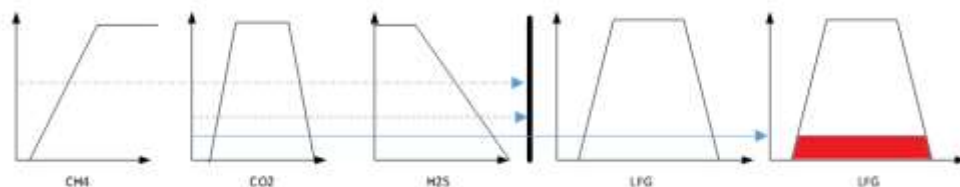
Mengacu pada fungsi keanggotaan diperoleh nilai keanggotaan data yaitu:

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \mu_{CH_4\text{medium}} \cap \mu_{CO_2\text{medium}} \cap \mu_{O_2\text{LOW}} \cap \mu_{H_2S\text{LOW}} \cap \mu_{cuacahujan}$$

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \min(\mu_{CH_4\text{high}}[53,5], \mu_{CO_2\text{high}}[39,3], \mu_{O_2\text{LOW}}[0,4], \mu_{H_2S\text{LOW}}[0,4], \mu_{cuacacerah}[0])$$

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \min(0,15; 0,62; 0,2; 0,2; 0,66)$$

$$\alpha\text{-predikat}_1 = 0.14$$



Gambar 4.13 Ilustrasi Fungsi Implikasi: Min [62]

F. Komposisi Aturan

Komposisi aturan merupakan kesimpulan secara keseluruhan dengan mengambil tingkat keanggotaan maksimum dari tiap konsekuen aplikasi fungsi implikasi dan menggabungkan dari semua kesimpulan masing-masing aturan, sehingga didapat daerah solusi Fuzzy sebagai berikut:

$$\mu_{sf}(x) = maks \{ \mu_{LFG}(x) \}$$

$$\mu_{sf}(x) = maks \{ 0,67 \}$$

Titik potong aturan adalah ketika μ Kualitas LFG = 0.67, maka dapat ditentukan nilai x sebagai berikut:

$$X = 40 + 20 * (0,67)$$

$$= 40 + 13,4$$

$$= 53,4$$

Sehingga didapatkan fungsi keanggotaan daerah solusi sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Kualitas LFG}} = \{ 0,33; \quad 46,6 \leq X \leq 60 \}$$

G. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi atau penegasan yaitu untuk mengubah himpunan Fuzzy menjadi bilangan real. Input proses penegasan adalah suatu himpunan Fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan bilangan pada domain himpunan Fuzzy tersebut. Pada penelitian ini, metode yang dilakukan dalam proses defuzzifikasi adalah Metode Centroid (Composite Moment). Pada metode ini, peneliti menganggap bahwa variabel yang ada merupakan bilangan diskrit. Misalkan adalah nilai LFG yang diperoleh pada proses komposisi aturan, maka Z^* merupakan optimal secara umum dirumuskan :

$$Z = \frac{\int_{46,6}^{60} (0,67) x dx}{\int_{46,6}^{60} (0,67) dx}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0,335 \times 2 \int_{46,6}^{60}}{0,67 \times \int_{46,6}^{60}} \\
&= \frac{(0,335 \times 60^2) - (0,335 \times 46,6^2)}{(0,67 \times 60) - (0,67 \times 46,6)} \\
&= \frac{(1206) - (727,4)}{(40,2) - (31,2)} \\
&= \frac{478,6}{9} \\
&= 53,17
\end{aligned}$$

Nilai kerentanan kualitas LFG 50,7 adalah termasuk kategori **Normal** dan **sinkron** ke PLN

4.4 Galat Presentasi Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Dari hasil penerapan fuzzy Mamdani pada Program MATLAB maka didapat hasil perbandingan fuzzy Mamdani dengan produksi gas pltsa jatibarang. Kemudian dengan menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dapat dihitung rata-rata kesalahan yaitu membandingkan hasil pengukuran dari data PT. Bps Jati Barang dengan hasil perhitungan menggunakan aplikasi matlab. Tabel 4.17 merupakan hasil Galat Presentasi Mean Absolute Percentage Error.

Tabel 4.17 Galat Presentase MAPE

No	Tanggal	LFG REKAP PT. BPS JATI BARANG (y) % mmol	LFG FUZZY (ŷ) %mmol	SELIS IH Y-ŷ	(y - ŷ)/y
1	27 januari 2020	47,1	45	2,1	0,044586
2	10 mei 2020	41	37,8	3,2	0,078049
3	3 maret 2020	30	18,1	11,9	0,396667
4	30 januari	42,6	34,9	7,7	0,180751
5	26 februari	30	18,6	11,4	0,38
		MAPE			21,6%

$$\begin{aligned}
 \text{Mape} &= f(x) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{Y^T - Y^{\wedge t}}{Y^t} \right) * 100\% \\
 &= \frac{1}{5} \sum_{t=1}^3 \left(\left(\left(\frac{2,1}{47,1} \right) + \left(\frac{3,2}{41} \right) + \left(\frac{11,9}{30} + \left(\frac{7,7}{42,6} \right) + \left(\frac{11,4}{30} \right) \right) \right) \right) * 100\% \\
 &= \frac{1}{5} \sum_{t=1}^n (0,044 + 0,078 + 0,39 + 0,18 + 0,38) * 100\% \\
 &= \frac{1}{5} \sum_{t=1}^n \left(\frac{1,072}{5} \right) * 100\% \\
 &= 21 \%
 \end{aligned}$$

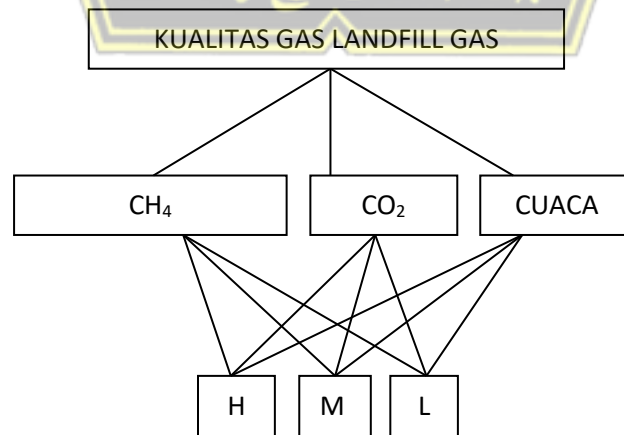
Dari Tabel 4.12 diketahui galat presentase adalah 21 % yang mana artinya sesuai dengan klasifikasi nilai persentase MAPE termasuk nilai akurat, dengan tingkat akurasi 79%.

4.5 Analisa Fuzzi AHP (F-AHP)

Berikut adalah langkah-langkah dalam menentukan kualitas gas LFG dengan metode fuzzi AHP:

1. Struktur Hirarki

Struktur hirarki dari permasalahan penentuan kualitas gas LFG dapat dilihat pada Gambar 4.14 sebagai berikut:



Gambar 4.14 Struktur Hirarki kualitas Gas PLTSA Jati Barang

Keterangan Gambar 4.14:

Goal : Menentukan bulan terbaik kualitas landfill gas

Kriteria : CH₄; CO₂ dan cuaca

Sub-kriteria : H = High; M = Medium; L = Low.

2. Penentuan Nilai Sintesis

Dalam analisis metode fuzzy analytical hierarchy process (FAHP) untuk menentukan kualitas LFG. Sistem pendukung keputusan akan memberikan variabel dan kisaran nilai untuk masing-masing kriteria. Yang kemudian akan direpresentasikan menggunakan fuzzy segitiga, yang kemudian dibandingkan berpasangan dengan parameter input dapat dilihat pada Tabel 4.18 yaitu:

Tabel 4.18. Perbandingan Matriks Berpasangan Kriteria *Fuzzy AHP*

	CH ₄			CO ₂			CUACA		
	HIGH	MEDIUM	LOW	HIGH	MEDIUM	LOW	HIGH	MEDIUM	LOW
CH ₄	1	3	1	1	2	1	1	3	2
CO ₂	0,33	1	3	0,5	1	2	0,33	1	3
CUACA	0,17	0,33	1	1	0,5	1	0,5	0,33	1

Nilai Tabel 4.18 didapat dari perbandingan antara 1 elemen kriteria dengan elemen kriteria lainnya. Kemudian setelah diperoleh hasil perbandingan berpasangan antar kriteria element input selanjutnya dilakukan penjumlahan baris dari masing masing kriteria. Berikut penghitungan jumlah baris tiap kolom sel yang tersaji pada table 4.19.

Tabel 4.19. Penghitungan Jumlah Baris Tiap Kolom Sel

	CH ₄			CO ₂			CUACA			JUMLAH BARIS		
	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L
CH ₄	1	3	1	1	2	1	1	3	2	3	8	4
CO ₂	0,33	1	3	0,5	1	2	0,33	1	3	1,16	3	8
CUACA	0,17	0,33	1	1	0,5	1	0,5	0,33	1	1,67	1,16	3
JUMLAH KOLOM										5,83	12,16	15

Tabel 4.19 didapatkan nilai jumlah baris dan kolom, selanjutnya akan mencari nilai sintesis fuzzy masing-masing kriteria (S_{ki}) dimana $i=1,2,\dots$, sebagai berikut:

$$S_{CH_4} = (3 \ 8 \ 4) \times (1/15 \ 1/12,16 \ 1/5,83) \\ = (0,201 \ 0,656 \ 0,684)$$

$$S_{CO_2} = (1,16 \ 3 \ 8) \times (1/15 \ 1/12,16 \ 1/5,83) \\ = (0,0772 \ 0,246 \ 1,318)$$

$$S_{CUACA} = (1,67 \ 1,16 \ 3) \times (1/15 \ 1/12,16 \ 1/5,83) \\ = (0,11189 \ 0,09512 \ 0,513)$$

Kemudian hasil dari hitungan diatas dimasukan kedalam penghitungan nilai sintesis fuzzy (S_i) Kriteria pada Tabel 4.20 dibawah ini.

Tabel 4.20 Kesimpulan Penghitungan Nilai Sintesis Fuzzy (S_i) Kriteria

Kriteria	S_i		
	HIGH	MEDIUM	LOW
CH_4	0,201	0,656	0,684
CO_2	0,077	0,246	1,318
$CUACA$	0,111	0,095	0,513

Tabel 4.20 didapatkan nilai sintensia (S_i) yaitu pada kriteria CH_4 , CO_2 dan Cuaca dengan masing masing nilai parameter yang dimiliki.

3. Perhitungan Nilai Vektor (V) dan Ordinat Defuzzifikasi (d')

Kriteria 1 (CH_4), nilai vektornya adalah = 0,339

Kriteria 2 (CO_2), Nilai vektornya adalah = 0,472

Kriteria 3 ($CUACA$), Nilai vektornya adalah = 0,189

Berdasarkan nilai ordinat CH_4 , CO_2 , $CUACA$, maka nilai bobot vektor dapat ditentukan adalah sebagai berikut: $W' = (0.339, 0.472, 0.189)$

4. Normalisasi Nilai bobot vektor (W)

Normalisasi nilai bobot vektor *fuzzy* kriteria sama dengan nilai bobot prioritas global (yang menjadi tujuannya).

$$W_{lokal} = \underline{0.339, 0.472, 0.189}$$

$$\text{Jumlah } W_{lokal} = 1$$

Sehingga bobot kriteria (lokal) yang diperoleh adalah 0. 0.339, 0.472, 0.189
Penyelesaian penghitungan F-AHP subkriteria dan alternatif sama seperti kriteria.

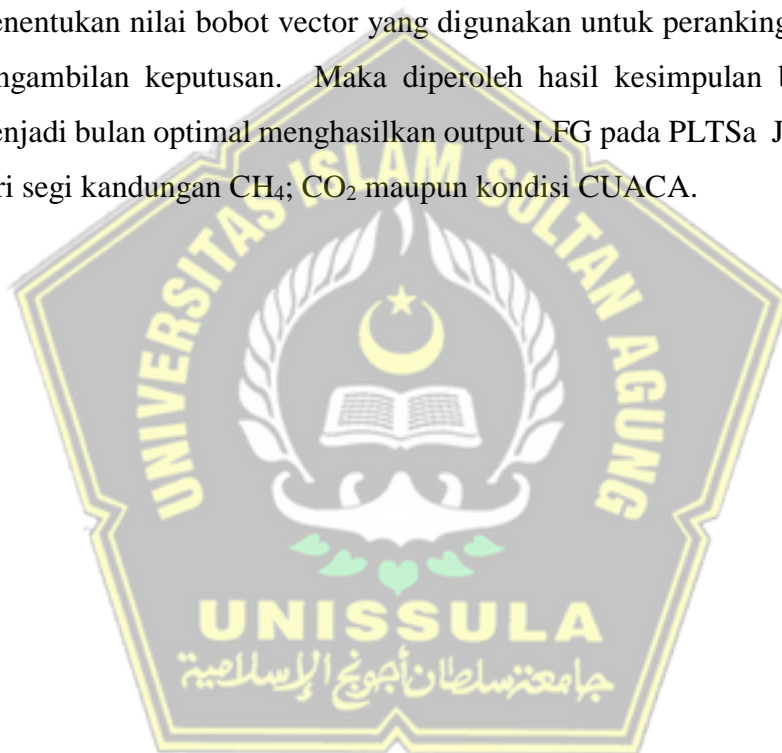
5. Perangkingan Alternatif dan Hasil Keputusan

Penilaian diberikan dengan nilai High, Medium, dan Low di masing-masing kriteria. Berikut dalam Tabel 4.21 adalah data nilai bulan beserta penilaian berdasarkan kriteria yang sudah diberikan yang kemudian ditentukan untuk nilai pembobotan dari masing masing bulan dengan penilaian yang sudah diberikan.

Tabel 4.21. Kesimpulan dan Perangkingan Bobot Global

Global	CH ₄	CO ₂	CUACA	Bobot Global	Ranking
Bobot(w)	0,339	0,472	0,189		
Alternatif					
	CH ₄	CO ₂	CUACA		
JANUARI	0,23188	0,116112	0,096957	0,444945	8
FEBUARI	0,22238	0,622096	0,096957	0,941437	1
MARET	0,06814	0,622096	0,020979	0,711214	3
APRIL	0,06814	0,622096	0,020979	0,711214	3
MEI	0,22238	0,116112	0,096957	0,435453	11
JUNI	0,23188	0,116112	0,096957	0,444945	8
JULI	0,06814	0,622096	0,020979	0,711214	3
AGUSTUS	0,23188	0,622096	0,020979	0,874951	2
SEPTEMBER	0,06814	0,622096	0,020979	0,711214	3
OKTOBER	0,22238	0,116112	0,096957	0,435453	11
NOVEMBER	0,23188	0,116112	0,096957	0,444945	8
DESEMBER	0,06814	0,622096	0,020979	0,711214	3

Dari Tabel 4.21 dapat diambil kesimpulan bahwa bulan februari memiliki nilai bobot yang paling optimum dibandingkan bulan yang lain dan bulan paling rendah adalah bulan mei dan oktober. Dimana dengan menggunakan kriteria kandungan CH_4 , CO_2 dan cuaca sebagai input. Untuk klasifikasi input terdiri dari 3 parameter yaitu high, medium dan low yang kemudian ditentukan perbandingan matriks berpasangan dengan kriteria F-AHP sehingga didapatkan nilai sintesis dari masing masing kriteria. Dari nilai sintesis fuzzy akan diperoleh nilai vector dan ordinat defuzzifikasi untuk menentukan nilai bobot vector yang digunakan untuk perankingan global dan pengambilan keputusan. Maka diperoleh hasil kesimpulan bulan februari menjadi bulan optimal menghasilkan output LFG pada PLTSa Jatibarang baik dari segi kandungan CH_4 ; CO_2 maupun kondisi CUACA.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan penelitian determinasi kualitas produksi landfill gas PLTSa jatibarang dengan menggunakan metode Fuzzi-AHP maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemanfaatan potensi landfill gas pada TPST Jatibarang berdasarkan jumlah sampah dengan metode peramalan *Moving AVERAGE* didapatkan hasil pada tahun 2021 yaitu mencapai 12.462.329 m³/tahun dengan gas yang dapat dimanfaatkan mencapai 5.733.294 m³/tahun dan gas metana sebesar 2.866.647 m³/tahun. Maka didapatkan potensi energy sebesar 23.203.158 kWh atau 2,6 MW dengan efisiensi mesin 82,5% dan terus mengalami peningkatan sebesar 1,19 % pertahunnya.
2. Berdasarkan analisa Fuzzi AHP sampah yang berada di TPST Jatibarang yang terus mengalami peningkatan secara signifikan maka sangat memungkinkan untuk dapat memaksimalkan potensi landfill gas PLTSa di TPST Jatibarang dengan konsentrasi gas metana mencapai 30-60 % mmol.
3. Kondisi gas metana, karbon dioksida dan kondisi cuaca sangat berpengaruh kepada kualitas gas landfill. Pada perhitungan analisis Fuzzi AHP diketahui bulan Februari memiliki nilai bobot yang paling optimum dibandingkan bulan yang lain dikarenakan kondisi cuaca yang cenderung yang cerah dan kadar gas metana dan karbondioksida yang dihasilkan landill gas seimbang. Sehingga pada bulan Februari jarang mengalami drop CH₄. Sedangkan bulan mei dan oktober memiliki nilai bulan paling minimum sehingga pada bulan tersebut sering terjadi drop CH₄ pada sumur landfill yang dipengaruhi oleh kondisi cuaca yang mendung cenderung hujan.

5.2 Saran

1. Dalam upaya meningkatkan kualitas gas LFG dan meminimalisir terjadinya kecelakaan kebakaran dan pembuangan emisi maka metode ini dapat digunakan untuk memperkirakan output kualitas gas LFG yang dihasilkan oleh landfill PLTSa
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan metode peramalan lain untuk memperoleh nilai kesalahan peramalan yang lebih bagus.
3. Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan maka perlu adanya pengembangan dan penyempurnaan penelitian yang serupa agar lebih baik yaitu dengan cara menambah jumlah parameter gas, memperbanyak derajat keanggotaan dan menggunakan software komputasi yang lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Kota Semarang, Data Penduduk Kota Semarang. 2019.
- [2] Mabunga, Z., & Magwili, G. 2019. Greenhouse Gas Emissions and Groundwater Leachate Leakage Monitoring of Sanitary Landfill. 2019 IEEE 11th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM). doi:10.1109/hnicem48295.2019.9072872
- [3] Zakaria R., & Rahardyan B., 2010. Analisis perubahan sikap dalam mereduksi penyebab penolakan terhadap Penerapan Teknologi Pengolahan Akhir Sampah. Jurnal Program Studi Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- [4] Damanhuri, E., dan Padmi, T. 2010. Diktat Pengelolaan Sampah TL-3104. Bandung: Penerbit ITB
- [5] Mila Tartiarini. 2016. Implementasi Metode Life Cycle Assesment (Lca) Dan Analytical Hierarchy Process (Ahp) Untuk Penentuan Pengembangan Unit Daur Ulang Air Limbah Di Pltgu Grati Pt Indonesia Power Up Perak Grati. Tesis. Program Pascasarjana Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya
- [6] Nur Afifah T & Rina M. 2017. Desain Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Menggunakan Teknologi Pembakaran Yang Fisibel Studi Kasus TPST Bantargebang. Jurnal Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung. Bandung
- [7] Rachmad I dan Syukriyadin. 2014. Studi Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) di T PA Kota Banda Aceh. Program Magister Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala. Aceh.
- [8] Herfi Rahmi, Aryo Sasmita dan Elvi Yenie. 2017. Analisis Produksi Gas Metana (CH₄) dan Karbon Dioksida (CO₂) dari Tempat Pembuangan Akhir

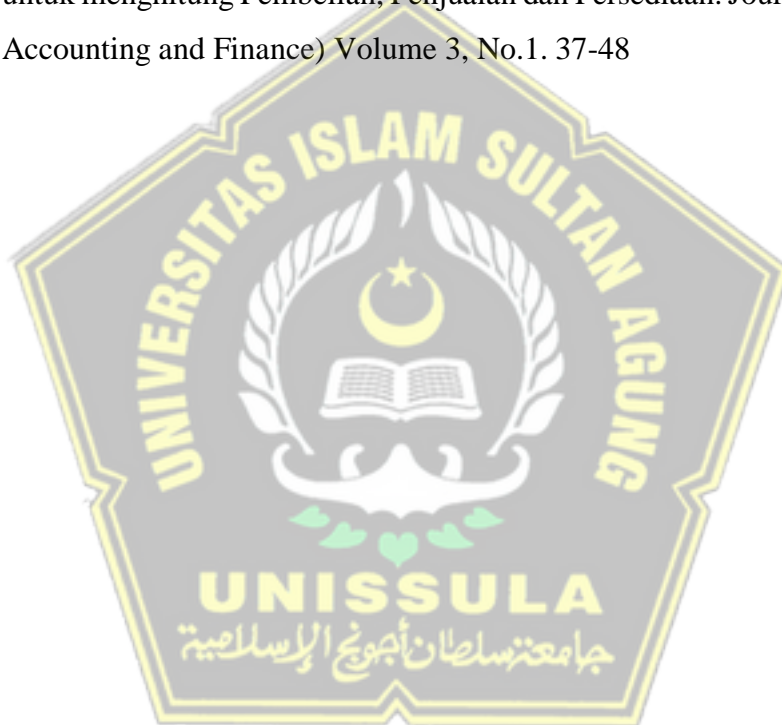
Kota Pekanbaru. Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau.

- [9] Putu Widhi Aprilia, Ketut Buda Artana, A.A.B., 2019. Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process Untuk Pemilihan Tipe Terminal Lng: Studi Kasus Wilayah Ambon” Yang Diteliti Oleh Putu Widhi Aprilia, Ketut Buda Artana, A.A.B. Seminar Nasional Kelautan XIV. Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS): Surabaya.
- [10] Abdul Muiz, et al. 2017. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Organik Zero Waste Di Kabupaten Tegal (Studi Kasus Di Tpa Penujah Kabupaten Tegal). Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila. Jakarta
- [11] Monice & Perinov. 2016. Analisis Potensi Sampah Sebagai Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (Pltsa) Di Pekanbaru. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning. Pekan baru.
- [12] Burhanuddin Sitorus, Tulus. 2002. Tinjauan Pengembangan Bahan Bakar Gas Sebagai Bahan Bakar Alternatif. Universitas Sumatera Utara.
- [13] Republik Indonesia. 1999. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara
- [14] Syarifudin. 2012. *Analisa Manfaat dan Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Sampah untuk di Desa Terpencil Indragiri Hilir*. Universitas Indonesia. Depok.
- [15] Alan Nazlie Haq, Hermawan dan Karnoto. 2012. Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah di Kota Banjarmasin Laporan Tugas Akhir Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro
- [16] C. Nels. 1984. Recovery by Incineration of Solid Wastes in the Federal Republic of Germany. *Waste Management & Research* (1984) 2, 37-51
- [17] Gunawan dan E. B. Didik. 2011. Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah dengan Teknologi DRY Anaerobic Conversion. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Industri Universitas Sultan Agung Semarang.

- [18] Widyarsana, I Made Wahyu. 2015. PERENCANAAN FASILITAS PENGOLAHAN GAS METHAN Bimbingan Teknik Perencanaan Desain, Pembangunan, dan Penutupan TPA, Balai Teknik Air Minum dan Sanitasi Wilayah II.
- [19] Defra. 2007. Incineration of Municipal Solid Waste. Department for Environment Food and Rural Affairs
- [20] Faizah. 2008. Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Berbasis Masyarakat (Studi Kasus di Kota Yogyakarta). Semarang: Skripsi pada Universitas Diponegoro.
- [21] Herlambang, Ari. 2008. Teknologi Pengolahan Sampah Dan Air Limbah, JAI Vol.4 No.2
- [22] Safrizal, et al. 2014. Distributed Generation Pembangkit Listrik Tenaga Sampah kota (PLTSa) type Incenerator Solusi Listrik Alternatif Kota Medan. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Nahdatul Ulama UNISNU Jepara. Jepara.
- [23] Wibowo, Imam. 2014. Analisis Spasial Dispersi Karbon Dioksida TPA Talangagung Menggunakan Model Gaussian Dan Aplikasi Sistem Informasi Geografis. Tesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [24] Kiswandayani. 2012. Komposisi Sampah dan Potensi Emisi Gas Rumah Kaca pada Pengelolaan Sampah Domestik: Studi Kasus TPA Winongo Kota Madiun.
- [25] Supriyadi., Khumaedi, & Panca., R.N. 2013. Pola Sebaran Limbah TPA Studi Kasus di Jatibarang Semarang. Jurnal Manusia dan Lingkungan Vol.20, No.1, Maret 2013:49-56
- [26] Rey M D, Font R, and Aracil I. 2013. Biogas from MSW landfill: Composition and determination of chlorine content with the AOX (adsorbable organically bound halogens) technique, Energy 63.
- [27] Mahar R B, Sahito A R, Yue D. 2014. Modeling and simulation of landfill gas production from pretreated MSW landfill simulator, Front. Environ. Sci. Eng. DOI 10.1007/s11783-014-0685-6..

- [28] Safira Fegi N, dkk. 2020. Demand of Electricity Consumption in Central Java For A Better Future Living Life ; An Forecasting. International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 7 Issue 11, November 2020. ISSN (Online) 2348 – 7968
- [29] Harun, S. 1999. Forecasting and Simulation of Net Inflows for Reservoir Operation and Management. Malaysia: Thesis. Universiti Teknologi Malaysia.
- [30] Tung, W.L. and Quek, C., 2009. A Mamdani-Takagi-Sugeno Based Linguistic Neural-Fuzzy Inference System for Improved Interpretability-Accuracy Representation, Proceedings of the 18th international conference on Fuzzy Systems, FUZZ-IEEE'09, 367-372
- [31] Uyan M. 2014. MSW landfill site selection by combining AHP with GIS for Konya, Turkey. Environ Earth Sci, DOI 10.1007/s12665-013-2567-9
- [32] Prasetya, H, Irawan, MI & Usadha, IGNR, 2012, “Penerapan Fuzzy Expert System sebagai Sistem Pendukung Keputusan untuk Investor Properti”, JURNAL SAINS DAN SENI ITS, vol 1, pp. 1-6.
- [33] Ozdagoglu, A & Ozdagoglu, G, 2007, “Comparison of AHP and Fuzzy AHP for The Multicriteria Decision Making Process With Linguistic Evaluations”, Journal Of Istanbul Tigaret Universities, vol 6, pp. 65-85.
- [34] Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang, 2019, Pengelolaan TPA Jatibarang. DLH Kota Semarang
- [35] Solokin, Fajar. 2011. “Aplikasi Logika Fuzzy dalam Optimisasi Produk Barang Menggunakan Metode Mamdani dan Metode Sugeno”. Skripsi pada Universitas Negeri Yogyakarta.
- [36] Kusumadewi. S. H. P. 2013. Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [37] Istraniady, Andrian, P. dan Mardiani. 2013. Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto Dan Metode Fuzzy Mamdani Pada Perbandingan Harga Sepeda Motor Bekas. Palembang: Jurnal Teknik Informatika STMIK GI MDP.

- [38] Hartono, Hidayat, A. & Dwi, H.J.U. (2013). Bentuk KerjaSama Public-Private Pembangunan Graving Dock dan Manajemen Galangan Kapal Dengan Metode Analytical Hierarchi Process (AHP).Vol. 34 No.1, ISSN 0852-1697
- [39] Prasetyo, Erwan Eko. 2015. Design and Simulation of Adaptive Traffic Light Controller Using Fuzzy Logic Control Sugeno Method. Internasional Jurnal, Volume 5, No. 4.
- [40] Maria, Matius, Ika. 2019. Penggunaan Fuzzy Logic & Metode Mamdani untuk menghitung Pembelian, Penjualan dan Persediaan. Journal of Applied Accounting and Finance) Volume 3, No.1. 37-48



LAMPIRAN LAMPIRAN



LAMPIRAN LAMPIRAN



PETA LOKASI TPA JATIBARANG



PETA TPA JATIBARANG

PEMERINTAH KOTA SEMARANG

Legend

- Jalan TPA
- Kantor TPA (Jembatan Timbang, Gudang dan Dapur)
- Zona Aktif 3, Luas 3,0 Ha
- Zona Aktif 4, Luas 2,10 Ha
- Zona Ex Narpatri, Luas 4,2 Ha
- Zona IPAL, Luas 0,35 Ha
- Zona LFG Danida, Luas 8,43 Ha
- Rencana PLT Sa, Luas 10 Ha

Google Earth

© 2010 Google
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without the prior written permission of Google Inc.



Prosentase komposisi sampah dan potensi energy

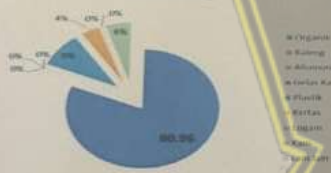
Uji Komposisi
(dilakukan 3 hari berturut-turut dan sampah pasar)

Komposisi Sampah TPA Jatibarang



Jenis Komposisi	Persentase (%)
Sampah Organik	61.34
Kaleng	0.10
Aluminium	0.02
Gelas Kaca	0.44
Plastik	9.37
Kertas	10.31
Logam	0.15
Kain	1.87
Lain-lain	9.32
Total	100.00

Komposisi Sampah Pasar Kota Semarang



Jenis Sampah	Persentase (%)
Organik	80.96
Kaleng	0.10
Aluminium	0.02
Gelas Kaca	0.00
Plastik	3.37
Kertas	3.98
Logam	0.00
Kain	0.18
Lain-lain	5.40
Total	100.00

Uji Proximate dan Ultimate

Parameter	Unit	Hasil		
		Sampah RDF	Sampah Pasar	Sampah TPA
Total Moisture	% ar	54.9	81.4	66.63
Proximate Analysis :				
- Moisture Analyst	% adb	2.3	4.2	3.76
- Ash Content	% adb	10.55	29.31	20.08
- Volatile Matter	% adb	83.53	52.69	66.90
- Fixed Carbon	% adb	3.61	13.80	12.07
Total Sulfur	% ds	0.29	0.25	0.20
Gross Calorific Value	Kcal/kg, db	7820	4018	4915.00
Net Caloric Value	kcal/kg, ar	3010.27	274.92	1220.51

Uji Gas Metan

Parameter	Units	Results
		Rata2
Hydrocarbon Analysis:		
Carbon Dioxide (CO2)	%mol	34.3746
Nitrogen (N2)	%mol	11.0326
Oxygen (O2)	%mol	5.2376
Methane	%mol	49.3553

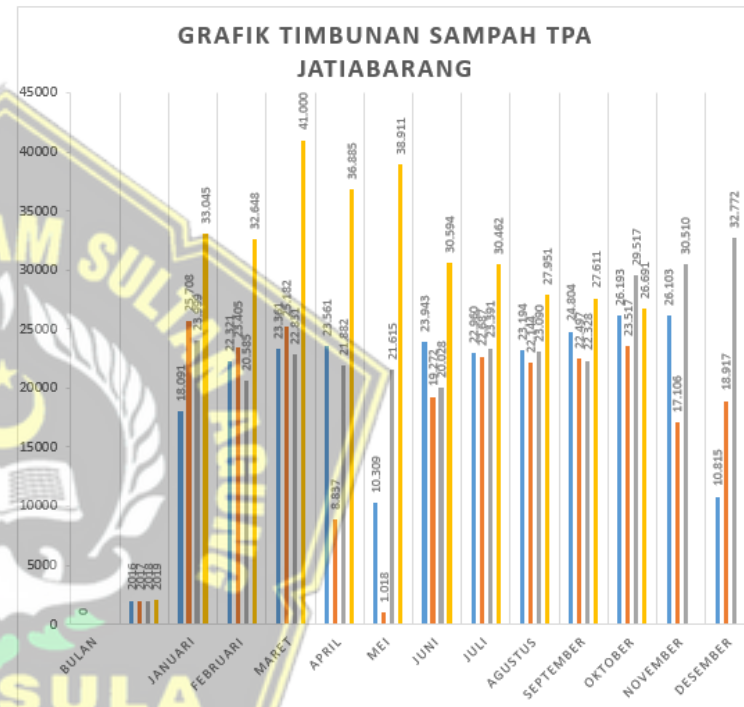
Data : Kementerian ESDM Republik Indonesia

UNISSULA

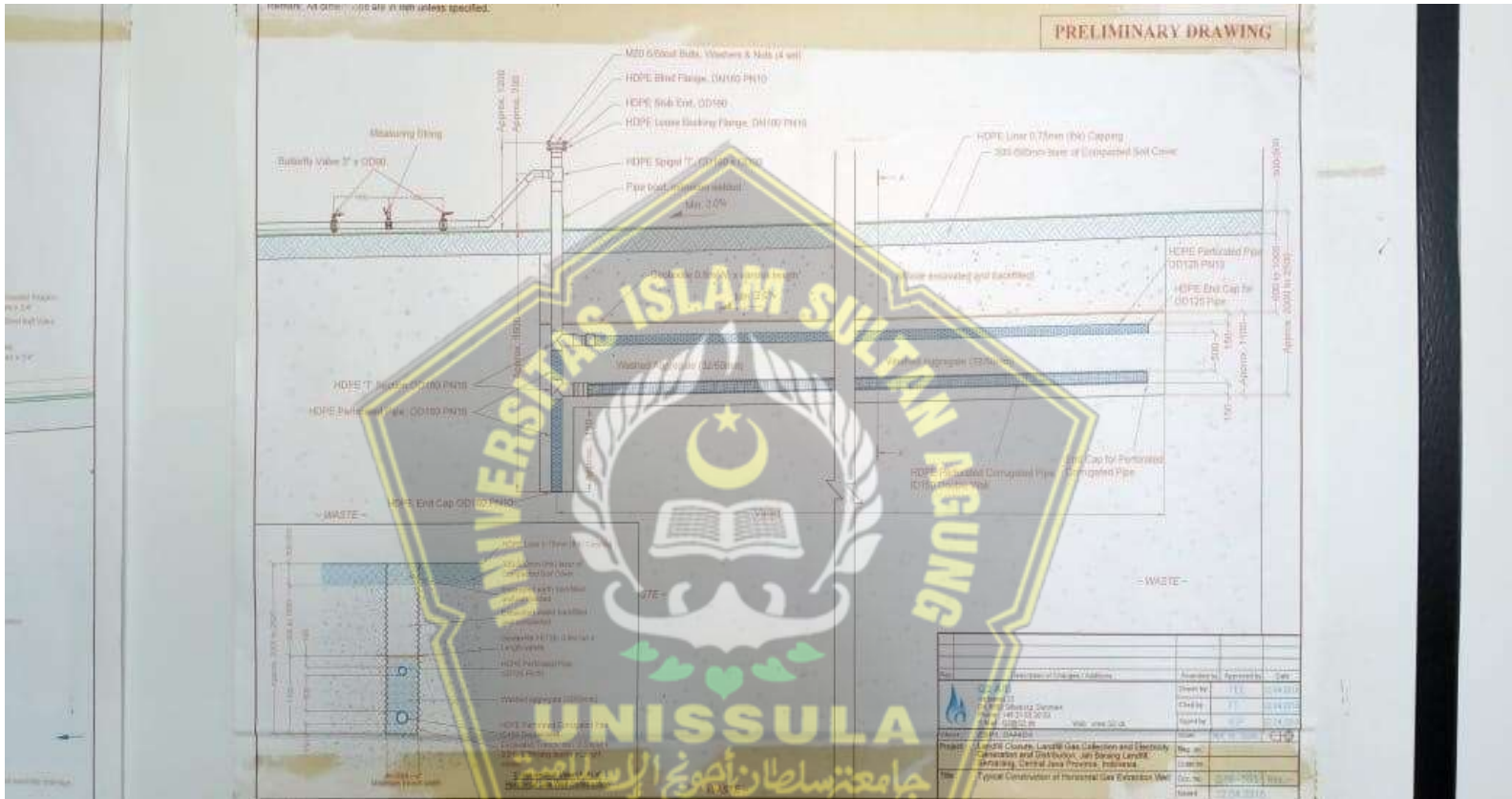
جامعة سلطان ابي جعفر الإسلامية

**Tabel Grafik Timbunan Sampah Tpa [PLTSa
Jatibarang]**

bulan	tahun / ton			
	2016	2017	2018	2019
januari	18.091	25.708	23.999	33.045
februari	22.321	23.405	20.585	32.648
maret	23.361	25.182	22.831	41.000
april	23.561	8.837	21.882	36.885
mei	10.309	1.018	21.615	38.911
juni	23.943	19.272	20.028	30.594
juli	22.960	22.687	23.391	30.462
agustus	23.194	22.144	23.090	27.951
september	24.804	22.497	22.328	27.611
oktober	26.193	23.517	29.517	26.691
november	26.103	17.106	30.510	26.404
desember	10.815	18.917	32.772	25.281
jumlah	255.655	230.290	292.548	377.483
rata- rata perhari	700,4247	630,9315	801,5014	1034,2



Gambar Grafik Timbunan Sampah Tpa [PLTSa Jatibarang]



Gambar Sistem Pemipaan Landfill Gas PLTSa Jati Barang

Table Rules Bases Fuzzy

RULES	PARAMETER					OUTPUT	
	CH4	CO2	O2	H2S	CUACA	LFG	HUB PLN
1	LOW	LOW	DOWN	DOWN	HUJAN	DN	LOSS
2	LOW	LOW	DOWN	DOWN	BERAWAN	DN	LOSS
3	LOW	LOW	DOWN	DOWN	PANAS	DN	LOSS
4	LOW	LOW	DOWN	UP	HUJAN	DN	LOSS
5	LOW	LOW	DOWN	UP	BERAWAN	DN	LOSS
6	LOW	LOW	DOWN	UP	PANAS	DN	LOSS
7	LOW	LOW	UP	DOWN	HUJAN	DN	LOSS
8	LOW	LOW	UP	DOWN	BERAWAN	DN	LOSS
9	LOW	LOW	UP	DOWN	PANAS	DN	LOSS
10	LOW	LOW	UP	UP	HUJAN	DN	LOSS
11	LOW	LOW	UP	UP	BERAWAN	DN	LOSS
12	LOW	LOW	UP	UP	PANAS	DN	LOSS
13	LOW	MEDIUM	DOWN	DOWN	HUJAN	DN	LOSS
14	LOW	MEDIUM	DOWN	DOWN	BERAWAN	DN	LOSS
15	LOW	MEDIUM	DOWN	DOWN	PANAS	DN	LOSS
16	LOW	MEDIUM	DOWN	UP	HUJAN	DN	LOSS
17	LOW	MEDIUM	DOWN	UP	BERAWAN	DN	LOSS
18	LOW	MEDIUM	DOWN	UP	PANAS	DN	LOSS
19	LOW	MEDIUM	UP	DOWN	HUJAN	DN	LOSS
20	LOW	MEDIUM	UP	DOWN	BERAWAN	DN	LOSS
21	LOW	MEDIUM	UP	DOWN	PANAS	DN	LOSS
22	LOW	MEDIUM	UP	UP	HUJAN	DN	LOSS
23	LOW	MEDIUM	UP	UP	BERAWAN	DN	LOSS
24	LOW	MEDIUM	UP	UP	PANAS	DN	LOSS
25	LOW	HIGH	DOWN	DOWN	HUJAN	DN	LOSS
26	LOW	HIGH	DOWN	DOWN	BERAWAN	DN	LOSS
27	LOW	HIGH	DOWN	DOWN	PANAS	DN	LOSS
28	LOW	HIGH	DOWN	UP	HUJAN	DN	LOSS
29	LOW	HIGH	DOWN	UP	BERAWAN	DN	LOSS
30	LOW	HIGH	DOWN	UP	PANAS	DN	LOSS
31	LOW	HIGH	UP	DOWN	HUJAN	DN	LOSS
32	LOW	HIGH	UP	DOWN	BERAWAN	DN	LOSS
33	LOW	HIGH	UP	DOWN	PANAS	DN	LOSS
34	LOW	HIGH	UP	UP	HUJAN	DN	LOSS
35	LOW	HIGH	UP	UP	BERAWAN	DN	LOSS
36	LOW	HIGH	UP	UP	PANAS	DN	LOSS
37	MEDIUM	LOW	DOWN	DOWN	HUJAN	DN	LOSS

38	MEDIUM	LOW	DOWN	DOWN	BERAWAN	N	SINC
39	MEDIUM	LOW	DOWN	DOWN	PANAS	N	SINC
40	MEDIUM	LOW	DOWN	UP	HUJAN	DN	LOSS
41	MEDIUM	LOW	DOWN	UP	BERAWAN	N	SINC
42	MEDIUM	LOW	DOWN	UP	PANAS	N	SINC
43	MEDIUM	LOW	UP	DOWN	HUJAN	DN	LOSS
44	MEDIUM	LOW	UP	DOWN	BERAWAN	N	SINC
45	MEDIUM	LOW	UP	DOWN	PANAS	N	SINC
46	MEDIUM	LOW	UP	UP	HUJAN	DN	LOSS
47	MEDIUM	LOW	UP	UP	BERAWAN	N	SINC
48	MEDIUM	LOW	UP	UP	PANAS	N	SINC
49	MEDIUM	MEDIUM	DOWN	DOWN	HUJAN	DN	LOSS
50	MEDIUM	MEDIUM	DOWN	DOWN	BERAWAN	N	SINC
51	MEDIUM	MEDIUM	DOWN	DOWN	PANAS	N	SINC
52	MEDIUM	MEDIUM	DOWN	UP	HUJAN	DN	LOSS
53	MEDIUM	MEDIUM	DOWN	UP	BERAWAN	N	SINC
54	MEDIUM	MEDIUM	DOWN	UP	PANAS	N	SINC
55	MEDIUM	MEDIUM	UP	DOWN	HUJAN	DN	LOSS
56	MEDIUM	MEDIUM	UP	DOWN	BERAWAN	N	SINC
57	MEDIUM	MEDIUM	UP	DOWN	PANAS	N	SINC
58	MEDIUM	MEDIUM	UP	UP	HUJAN	DN	LOSS
59	MEDIUM	MEDIUM	UP	UP	BERAWAN	N	SINC
60	MEDIUM	MEDIUM	UP	UP	PANAS	N	SINC
61	MEDIUM	HIGH	DOWN	DOWN	HUJAN	DN	LOSS
62	MEDIUM	HIGH	DOWN	DOWN	BERAWAN	DN	LOSS
63	MEDIUM	HIGH	DOWN	DOWN	PANAS	DN	LOSS
64	MEDIUM	HIGH	DOWN	UP	HUJAN	DN	LOSS
65	MEDIUM	HIGH	DOWN	UP	BERAWAN	DN	LOSS
66	MEDIUM	HIGH	DOWN	UP	PANAS	DN	LOSS
67	MEDIUM	HIGH	UP	DOWN	HUJAN	DN	LOSS
68	MEDIUM	HIGH	UP	DOWN	BERAWAN	DN	LOSS
69	MEDIUM	HIGH	UP	DOWN	PANAS	DN	LOSS
70	MEDIUM	HIGH	UP	UP	HUJAN	DN	LOSS
71	MEDIUM	HIGH	UP	UP	BERAWAN	DN	LOSS
72	MEDIUM	HIGH	UP	UP	PANAS	DN	LOSS
73	HIGH	LOW	DOWN	DOWN	HUJAN	TN	LOSS
74	HIGH	LOW	DOWN	DOWN	BERAWAN	TN	LOSS
75	HIGH	LOW	DOWN	DOWN	PANAS	TN	LOSS
76	HIGH	LOW	DOWN	UP	HUJAN	N	SINC
77	HIGH	LOW	DOWN	UP	BERAWAN	N	SINC
78	HIGH	LOW	DOWN	UP	PANAS	N	SINC

79	HIGH	LOW	UP	DOWN	HUJAN	N	SINC
80	HIGH	LOW	UP	DOWN	BERAWAN	N	SINC
81	HIGH	LOW	UP	DOWN	PANAS	N	SINC
82	HIGH	LOW	UP	UP	HUJAN	N	SINC
83	HIGH	LOW	UP	UP	BERAWAN	N	SINC
84	HIGH	LOW	UP	UP	PANAS	N	SINC
85	HIGH	MEDIUM	DOWN	DOWN	HUJAN	N	SINC
86	HIGH	MEDIUM	DOWN	DOWN	BERAWAN	N	SINC
87	HIGH	MEDIUM	DOWN	DOWN	PANAS	N	SINC
88	HIGH	MEDIUM	DOWN	UP	HUJAN	DN	LOSS
89	HIGH	MEDIUM	DOWN	UP	BERAWAN	N	SINC
90	HIGH	MEDIUM	DOWN	UP	PANAS	N	SINC
91	HIGH	MEDIUM	UP	DOWN	HUJAN	DN	LOSS
92	HIGH	MEDIUM	UP	DOWN	BERAWAN	N	SINC
93	HIGH	MEDIUM	UP	DOWN	PANAS	N	SINC
94	HIGH	MEDIUM	UP	UP	HUJAN	DN	LOSS
95	HIGH	MEDIUM	UP	UP	BERAWAN	N	SINC
96	HIGH	MEDIUM	UP	UP	PANAS	N	SINC
97	HIGH	HIGH	DOWN	DOWN	HUJAN	DN	LOSS
98	HIGH	HIGH	DOWN	DOWN	BERAWAN	N	SINC
99	HIGH	HIGH	DOWN	DOWN	PANAS	N	SINC
100	HIGH	HIGH	DOWN	UP	HUJAN	N	SINC
101	HIGH	HIGH	DOWN	UP	BERAWAN	N	SINC
102	HIGH	HIGH	DOWN	UP	PANAS	N	SINC
103	HIGH	HIGH	UP	DOWN	HUJAN	N	SINC
104	HIGH	HIGH	UP	DOWN	BERAWAN	N	SINC
105	HIGH	HIGH	UP	DOWN	PANAS	N	SINC
106	HIGH	HIGH	UP	UP	HUJAN	N	SINC
107	HIGH	HIGH	UP	UP	BERAWAN	N	SINC
108	HIGH	HIGH	UP	UP	PANAS	N	SINC

Keterangan: DN : Dibawah Normal

N : Normal

TN : Tidak Normal

Rule Editor: FUZZYLFGI

File Edit View Options

- 1. If (CH4 is LOW) and (CO2 is LOW) and (O2 is LOW) and (H2S is LOW) and (CUACA is HUJAN) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 2. If (CH4 is LOW) and (CO2 is LOW) and (O2 is LOW) and (H2S is LOW) and (CUACA is BERAWAN) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 3. If (CH4 is LOW) and (CO2 is LOW) and (O2 is LOW) and (H2S is LOW) and (CUACA is PANAS) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 4. If (CH4 is LOW) and (CO2 is LOW) and (O2 is LOW) and (H2S is HIGH) and (CUACA is HUJAN) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 5. If (CH4 is LOW) and (CO2 is LOW) and (O2 is LOW) and (H2S is HIGH) and (CUACA is BERAWAN) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 6. If (CH4 is LOW) and (CO2 is LOW) and (O2 is LOW) and (H2S is HIGH) and (CUACA is PANAS) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 7. If (CH4 is LOW) and (CO2 is LOW) and (O2 is HIGH) and (H2S is LOW) and (CUACA is HUJAN) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 8. If (CH4 is LOW) and (CO2 is LOW) and (O2 is HIGH) and (H2S is LOW) and (CUACA is BERAWAN) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 9. If (CH4 is LOW) and (CO2 is LOW) and (O2 is HIGH) and (H2S is LOW) and (CUACA is PANAS) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 10. If (CH4 is LOW) and (CO2 is LOW) and (O2 is HIGH) and (H2S is HIGH) and (CUACA is HUJAN) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 11. If (CH4 is LOW) and (CO2 is LOW) and (O2 is HIGH) and (H2S is HIGH) and (CUACA is BERAWAN) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 12. If (CH4 is LOW) and (CO2 is LOW) and (O2 is HIGH) and (H2S is HIGH) and (CUACA is PANAS) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 13. If (CH4 is LOW) and (CO2 is MEDIUM) and (O2 is LOW) and (H2S is LOW) and (CUACA is HUJAN) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 14. If (CH4 is LOW) and (CO2 is MEDIUM) and (O2 is LOW) and (H2S is LOW) and (CUACA is BERAWAN) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 15. If (CH4 is LOW) and (CO2 is MEDIUM) and (O2 is LOW) and (H2S is LOW) and (CUACA is PANAS) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 16. If (CH4 is LOW) and (CO2 is MEDIUM) and (O2 is LOW) and (H2S is HIGH) and (CUACA is HUJAN) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 17. If (CH4 is LOW) and (CO2 is MEDIUM) and (O2 is LOW) and (H2S is HIGH) and (CUACA is BERAWAN) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)
- 18. If (CH4 is LOW) and (CO2 is MEDIUM) and (O2 is LOW) and (H2S is HIGH) and (CUACA is PANAS) then (LFG is BAWAH_NORMA)(HUB_PLN is LOSS) (1)

if CH4 is and CO2 is and O2 is and H2S is and CUACA is

<input type="checkbox"/> not	<input type="checkbox"/> not	<input type="checkbox"/> not	<input type="checkbox"/> not	<input type="checkbox"/> not
------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------

LOW MEDIUM HIGH none

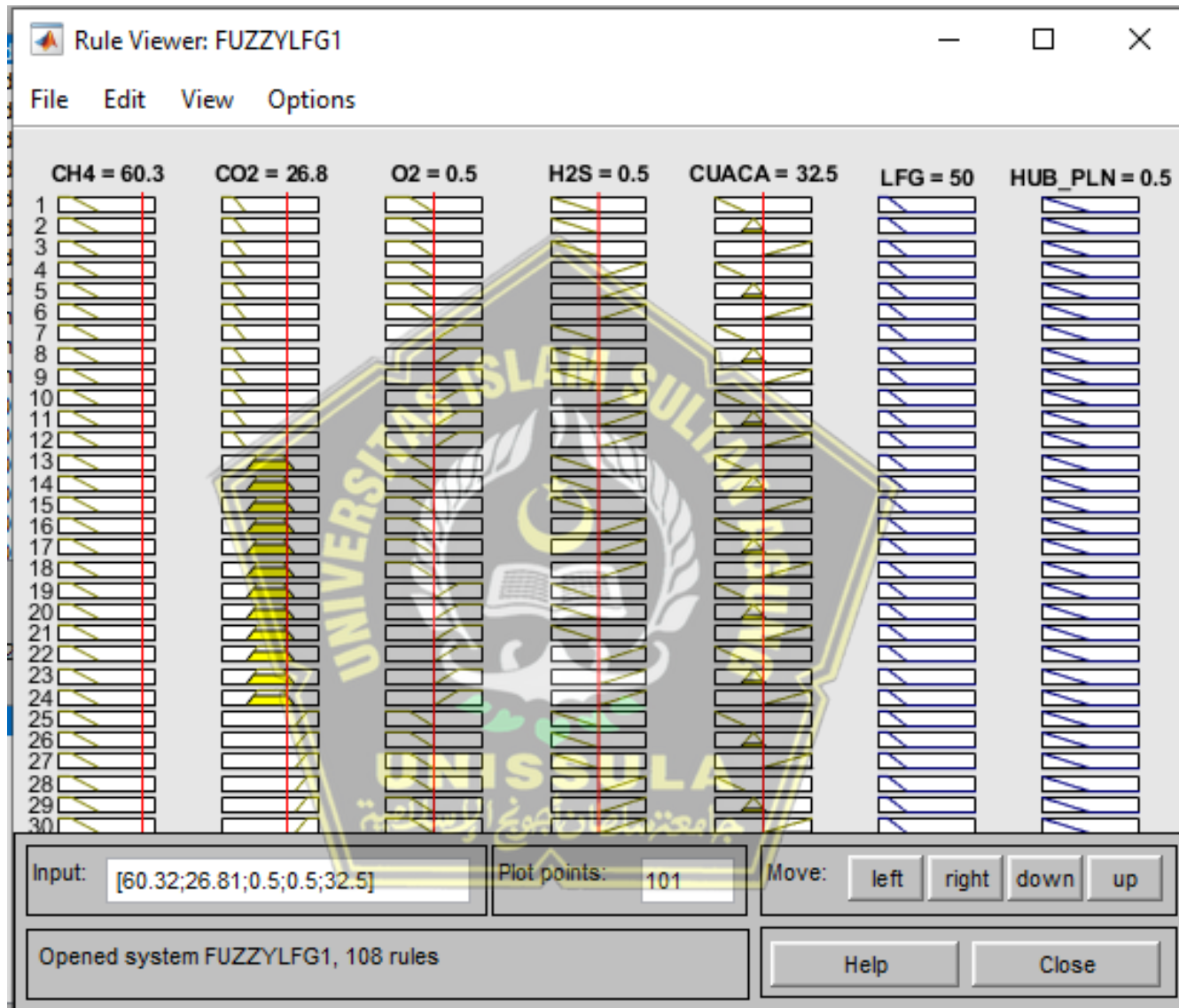
LOW MEDIUM HIGH none

LOW HIGH none

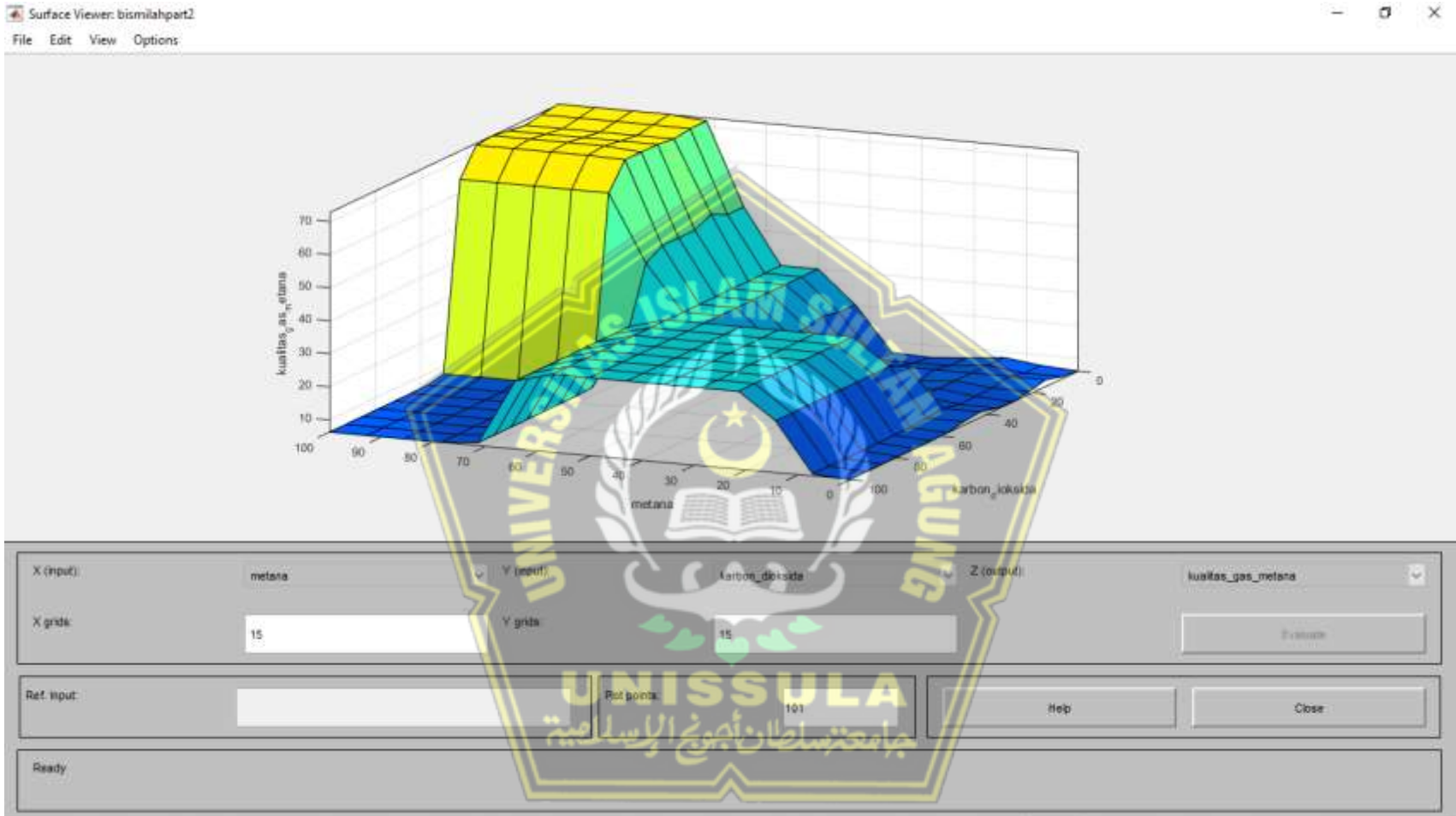
LOW HIGH none

HUJAN BERAWAN PANAS none

Gambar Inference Model Rules Matlab



Gambar Rules Models



Gambar Surface Rule Metan

LFG WELL LOG

Status : Engine On Date : 7 Januari 2020

Time	Well	CH ₄	CO ₂	O ₂	Balance	Fan	Status Valve	H2S	Note	Level leachate
09.13	1	35.4	22.5	0.5	33.4		2	6		
09.20	2	49	24.5	0.3	21.4		3	28		
09.30	3	38.5	32	0.8	28.4		3	18		
09.38	4	45.3	34.2	0.4	20.1		2 3	33		
09.44	5	18.9	21	1.6	58.1		0	3		
09.46	6	12.5	13.2	10.3	63.9		0	3		
09.16	7	40	35.3	0.9	23.2		0 2	3		
09.18	8	12.7	20.1	3	64.2		0	2		
09.20	9	31	29	0.3	39.8		1	3		
09.24	10	14.1	20.9	1.3	63.7		0	3		
Total		0	0	0	0					

Prepared
[Signature]
maud

Approved

Status : Engine On Date : 17 Januari 2020

Time	Well	CH ₄	CO ₂	O ₂	Balance	Fan	Status Valve	H2S	Note	Level leachate
11.47	1	34.6	32.6	0.4	32.7		2	7		
11.54	2	44.9	35.2	0.2	20		3 4	28		
11.58	3	43.3	24.5	0.4	21.3		3	7		
12.02	4	34.4	22.3	0.6	29.9		2	7		
12.05	5	22.3	23.1	0.7	53.9		0	3		
11.44	7	39.6	36.2	0.6	23.9		2	21		
11.50	8	12.3	20.2	3.0	64.6		0	1		
11.52	9	38.0	30.8	0.2	31.0		1	16		
11.56	10	13.7	11.2	1.1	64		0	3		
Total		0	0	0	0					

Prepared
[Signature]
Ariza

Approved

Status : Engine On Date : 17 Januari 2020

Time	Well	CH ₄	CO ₂	O ₂	Balance	Fan	Status Valve	H2S	Note	Level leachate
15.27	1	38.7	34.3	0.3	28.6		2	9		
15.44	2	39.3	33.6	0.5	26.6		4	12		
15.48	3	31.9	31.1	0.6	36.9		3	1		
15.51	4	39.9	31.8	1.8	26.7		3	9		
15.53	5	22.5	20.3	9.8	51.9		0	1		
	6									
15.39	7	44	37.8	0.3	17.9		1	30		
15.41	8	12.5	20.6	3	63.9		0	1		
15.42	9	38.5	31.2	0.3	29.3		1	3		
15.46	10	14	21.8	1.3	63.1		0	2		
Total		0	0	0	0					

Prepared
[Signature]
Bto

Approved

LFG WELL LOG

Status : Engine On Date : 18 Januari 2020

Time	Well.	CH ₄	CO ₂	O ₂	Balance	Fan	Status Valve	H2S	Note	Level leachate
09.39	1	32.1	32	0.5	35.7		2 1	7	Kondensat	
09.45	2	37	32.3	0.5	30.3		4	21		
09.50	3	34.5	27.9	0.3	37.5		1 2	20		
9.55	4	27.4	25.2	0.3	47.7		2	31		
9.58	5	8.7	12.7	0.3	23.1		0	6		
	6									
09.37	7	49.2	37.7	0.3	17.8		1	12		
09.41	8	12.7	20.4	2.9	63.9		0	0		
09.43	9	38.6	31.2	0.2	30.3		1	1		
09.47	10	9.5	19.9	0.1	69.8		0	3		
Total		0	0	0	0					

Prepared

Alifal
IRSYAD

Approved

Cup
gilang H.

Status : Engine On Date : 18 Januari 2020

Time	Well.	CH ₄	CO ₂	O ₂	Balance	Fan	Status Valve	H2S	Note	Level leachate
13.50	1	21.6	19.4	0.9	49.6		1 2	10		
13.42	2	35.7	31.6	0.4	22.4		4 3	22		
13.40	3	40.15	38.2	0.7	23.2		3	22		
13.38	4	41.2	34.5	0.4	23.7		3	30		
13.39	5	26.1	28.5	0.7	48.6		0	1		
13.38	6	24.8	17.1	1	52.5		-	18		
13.51	7	24.8	17.1	1	52.5		1 0	18		
13.48	8	8	14.7	2.8	78.1		0	2		
13.46	9	31.5	22.3	0.5	46.7		1	3		
13.41	10	13.5	21.8	1	64.9		0	2		
Total		0	0	0	0					

Prepared

Alifal
IRSYAD

Approved

Alifal
IRSYAD

Status : Engine On Date : 18-01-2020

Time	Well.	CH ₄	CO ₂	O ₂	Balance	Fan	Status Valve	H2S	Note	Level leachate
16.25	1	44.4	25.1	0.4	29.7		2	12		
16.21	2	40.5	37.6	0.3	31.0		4	48		
16.17	3	38.8	31.5	0.4	25.8		3	20		
16.08	4	37	29.7	0.5	25.1		2	24		
16.02	5	34.4	20.1	0.3	46.6		1	3		
	6									
16.27	7	34.4	28.8	0.8	45.5		1	0		
16.29	8	11.5	17.2	2.1	78.5		0	2		
16.11	9	38.3	22.4	0.5	44.3		1	3		
16.32	10	15.8	23.1	1.2	57.2		0	2		
Total		0	0	0	0					

Prepared

Alifal
IRSYAD

Approved

LFG WELL LOG

Status : Engine On Date : 21 Januari 2020

Time	Well.	CH ₄	CO ₂	O ₂	Balance	Fan	Status Valve	H2S	Note	Level leachate
06.11	1	34,4	31,8	0,2	33,6		2	2		
06.17	2	40,8	33,6	0,4	25		4	30		
06.20	3	37,2	32,4	0,3	30		3	3		
06.29	4	42,8	33,4	0,4	22,9		3	24		
06.32	5	26,8	26,6	1,3	48,3		0	1		
	6						X			
06.13	7	53,1	44	0,3	6,1		2	1	42	
06.14	8	13,6	21	2,7	62,7		0	1		
06.15	9	36,5	30,7	0,2	32,8		1	11		
06.19	10	14,3	21,4	1,3	63		0	2		
Total		0	0	0	0					

Prepared:  Mould. Approved: 

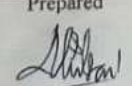

Status : Engine On Date : 21 / 01 / 2020.

Time	Well.	CH ₄	CO ₂	O ₂	Balance	Fan	Status Valve	H2S	Note	Level leachate
10.35	1	37,1	22,5	0,5	29,9		2	12		
10.40	2	39,2	33,3	0,9	26,9		4	28		
10.44	3	37,7	32,0	0,5	28,7		3	17		
10.46	4	38,7	32,9	0,6	47,6		3	21		
10.48	5	21,3	24,9	0,3	53,9		0	2	3	
	6									
10.32	7	52,1	39,8	0,5	44		1	2	43	
10.36	8	13,7	21	2,7	62,7		0	0		
10.39	9	36,3	30,4	0,2	23,1		1	1		
10.47	10	14,4	21,6	1,1	62,4		6	1		
Total		0	0	0	0					

Prepared:  Approved: 

Status : Engine On Date : 21 / 01 / 2020

Time	Well.	CH ₄	CO ₂	O ₂	Balance	Fan	Status Valve	H2S	Note	Level leachate
15.38	1	42,6	35,3	0,2	21,8		2	24		
15.42	2	45,1	35,4	0,2	19,3		4	3	32	
15.46	3	47,5	36,8	0,3	15,6		3	2	21	kondensat (dikuras)
15.49	4	44,4	34,5	0,3	20,7		3	2	17	
15.51	5	36,3	30,8	0,3	32,7		2	4		
16.00	6	0,9	1,5	16,4	78,0		X	0		
15.36	7	53,3	40,5	0,3	6,0		2	43		
15.40	8	13,7	20,9	2,5	62,2		0	1		
15.41	9	37,1	30,7	0,2	31,9		1	2	10	
15.44	10	14,6	21,6	1	62,8		0	14		
Total		0	0	0	0					

Prepared:  IRSYAD. Approved: 

PT BHUMI PANDANARAN SEJAHTERA

(Unit PLTSa)

Jatibarang Semarang

PENCATATAN KWH METER /JAM

Januari s/d juni 2020

UKISSULA
جامعة سلطان ابيجوج الإسلامية



PT. BUMI PONDANARAN SEMARANG



PT. BUMI PONDANARAN SEMARANG

PENCATATAN TAP JAM PLTSA JATIBARANG SEMARANG

NO. / TANGGAL		Date													
		Rabu / 1-1-2020													
FLDN RATE	km ³ /h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
		186	175	183	177	175	191	190	188	182	195	197	184		
KONSENTRASI CH ₄	%	96.6	97.7	96.5	96.7	96.3	94.6	95.4	95.6	95.8	95.1	95.1	95.8		
		WAKTU PENCATATAN	JAM	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
KUMBER	TEGANGAN	V-N	(V)	11.519	11.587	11.598	11.669	11.797	11.627	11.579	11.614	11.727	11.570	11.590	11.611
		S-N	(V)	11.608	11.671	11.676	11.746	11.861	11.676	11.660	11.664	11.746	11.600	11.661	11.685
		T-M	(V)	11.666	11.743	11.751	11.809	11.949	11.782	11.758	11.767	11.847	11.689	11.751	11.763
	ARUS	I	(A)	7.465	7.451	7.515	7.517	7.397	7.901	8.034	7.996	7.083	7.223	7.622	7.638
		S	(A)	6.873	7.011	7.049	6.905	7.226	7.956	8.100	8.151	8.114	7.871	7.146	6.943
		T	(A)	6.673	6.093	6.280	6.671	6.900	6.547	6.395	6.563	6.635	6.800	8.947	7.021
	FREKUENSI	f	(Hz)	50.10	50.05	50.02	49.97	50.03	50.12	50.10	50.09	50.00	49.89	50.02	49.96
	ENERGI	E	(MWh)	89.121	89.265	89.421	89.628	89.829	90.010	90.191	90.373	90.661	90.785	91.020	91.194
	DAYA	P	(kW)	209.576	202.174	205.493	204.399	205.093	201.739	208.977	202.209	202.226	210.003	204.714	207.242
	FAKTOR DAYA (cos phi)			0.8962	0.82254	0.84506	0.81006	0.84600	0.79415	0.75123	0.77070	0.79289	0.80196	0.80768	0.80288
OPERATOR JAGA:															

Operator:

- Kel 1: 1. Nisa Rizka
2. Eka Yuliyanti

- Kel 2: 1. Yoga SS
2. Dwita

3. Ariza
4. Moud Noma

3. Gilang Hari
4. Irsyad Nurhal

PLTSA Jatibarang,
Supervisor Unit
PT Bumi Pondanaran Semarang

(Ade Himmawati)



PENCATATAN TIAP JAM PLTSA JATIBARANG SEMARANG

UNIT 1

HARI/TANGGAL: Kamis, 2-2-2020

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FLOW RATE		Nm ³ /h	230	203	201	190	196	212	210	209	192	199	187	
KONSENTRASI CH4		%	49	45.1	45.6	45.9	45.1	44.6	44.3	44.3	45.0	44.7	44.9	
WAKTU PENCATATAN		JAM	13.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	
KUBIKEL	TEGANGAN	R-N (V)	11.669	11.558	11.599	11.817	11.776	11.730	11.805	11.914	11.694	11.668	11.787	
		S-N (V)	11.746	11.619	11.653	11.859	11.790	11.729	11.803	11.896	11.736	11.686	11.826	
		T-N (V)	11.831	11.712	11.749	11.951	11.916	11.869	11.946	12.023	11.853	11.795	11.926	
	ARUS	R (A)	7.598	7.555	7.55	7.156	7.625	7.604	7.306	7.159	7.492	7.642	7.220	
		S (A)	6.77	7.022	7.219	7.153	7.921	8.633	8.749	8.466	7.533	7.883	7.321	
		T (A)	6.866	6.311	6.832	6.091	6.500	6.426	6.574	6.255	6.811	6.642	6.885	
	FREKUENSI	F (Hz)	50.01	49.94	50.01	50.01	50.13	50.06	50.01	50.10	49.97	49.91	49.95	
	ENERGI	E (MWh)	93.802	94.031	94.292	94.471	94.463	99.859	95.064	96.225	95.644	95.441	95.843	
	DAYA	P (kW)	209.474	205.666	209.181	202.534	207.168	213.657	215.00	212.508	204.234	210.785	203.011	
	FAKTOR DAYA (cos PHI)			0.8001	0.8274	0.85223	0.8292	0.79244	0.7763	0.7596	0.75299	0.81966	0.75989	0.81474
OPERATOR JAGA:		Ariza												

Potol 23.00
Potol 21.00

↳ 14.00 → CH4 Drop

- Operator:
- Kel 1: 1. Niko Riza
2. Eko Yuliyanto
- Kel 2: 1. Yoga SS
2. Dwita

3. Ariza
4. Mould Noma
3. Gilang Hari
4. Irsyad Nailul

PLTSA Jabbarang,
Supervisor Unit
PT Bhumi Pandanaran Sejahtera

(Aas Hirnawan)

PENCATATAN TIAP JAM PLTSA JATIBARANG SEMARANG

HARI/TANGGAL: Sabtu / 4 Jan 2020

UNIT 1

				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FLOW RATE		Nm ³ /h		179	175	175	179	175	178	175	167	170	179	172	
KONSENTRASI CH4		%		46	46	46.3	46.0	46.1	46.0	47.2	47.7	47.7	48.3	48.1	
WAKTU PENCATATAN		JAM		07.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	11.30 - 7jam
KUBIKEL	TEGANGAN	R-N (V)		11.608	11.578	11.699	11.666	11.684	11.771	11.841	11.756	11.583	11.736	11.716	
		S-N (V)		11.710	11.673	11.752	11.717	11.740	11.830	11.887	11.806	11.645	11.797	11.771	
		T-N (V)		11.801	11.720	11.832	11.798	11.842	11.917	11.979	11.890	11.733	11.895	11.863	
	ARUS	R (A)		7.114	7.118	7.281	7.359	7.502	7.432	6.733	7.114	7.381	7.322	7.252	
		S (A)		6.914	6.781	6.960	7.096	7.125	7.032	7.026	6.752	6.849	6.894	6.900	
		T (A)		6.601	6.727	6.618	6.660	6.292	6.106	6.229	6.259	6.261	6.250	6.279	
	FREKUENSI	F (Hz)		50.05	50.63	50.13	49.94	50.07	50.08	50.03	49.97	49.97	50	49.91	
	ENERGI	E (MWh)		100.89	101.09	101.24	101.46	101.66	101.84	102.5	102.25	102.47	102.62	102.82	
	DAYA	P (kW)		202.080	202.176	206.142	208.505	204.023	204.327	202.680	203.073	203.090	205.104	204.839	
	FAKTOR DAYA (cos PHI)				0.87334	0.87408	0.83319	0.83906	0.82404	0.83259	0.85074	0.83316	0.84379	0.8516	0.84568
OPERATOR JAGA:															

- Operator:
- Kel 1: 1. Niko Riza
2. Eko Yuliyanto
- Kel 2: 1. Yoga SS
2. Dwita

3. Ariza
4. Mould Noma
3. Gilang Hari
4. Irsyad Nallul

PLTSA Jatibarang,
Supervisor Unit
PT Bumi Pandanaran Sejahtera

(Aas Hirawan)

Lepas Singtron.
Kebiasaan Oki

LAMPIRAN LAMPIRAN



DETERMINASI LFG QUALITY FOR OPTIMAZION PRODUCTION WASTE POWER PLANT (WPP) USING FUZZY AHP

AGUS FAHRUDDIN¹, MUHAMAD HADDIN², ARIEF MARWANTO³

^{1,2,3} Department of Electrical Engineering, Universitas Islam Sultan Agung,

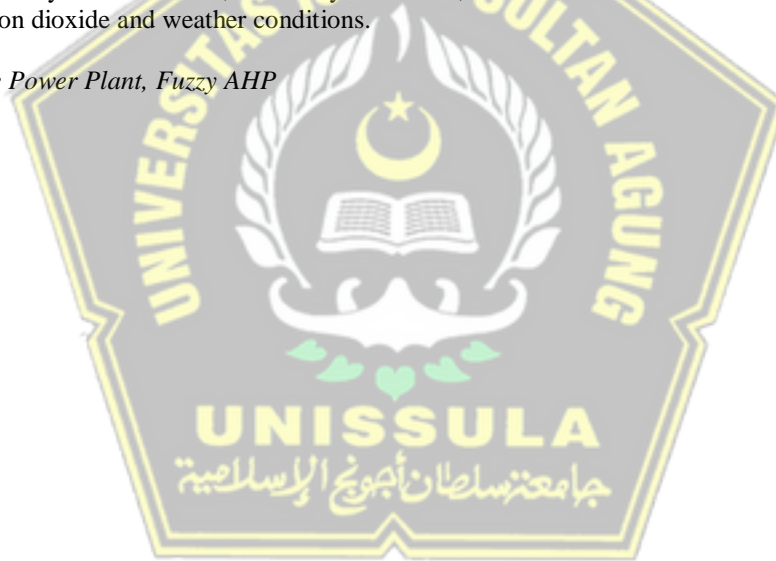
Jl. Raya Kaligawe Km 4, Semarang, Indonesia

E-mail: ¹masfahruddin@gmail.com ²haddin@unissula.ac.id ³arief@unissula.ac.id

ABSTRACT

This research discusses the determination of the quality of production of landfill gas PLTSa Jatibarang. The model is determined as a WPP with the volume of waste input which is directly proportional to the number of population which continues to increase every year and the parameters used are: waste volume; landfill area; concentration gas : CH₄; CO₂; O₂; H₂S and weather. With a constant average condition of waste methane decomposes 64% fast, 14% decomposes slowly and 22% slowly decomposes. Fuzzy logic is used to determine the value of LFG production quality and fuzzy ahp is used for decision support systems to determine the priority weight of the LFG criteria. The results show that the Fuzzy-AHP is able to provide a gas quality output value with an accuracy rate of 79% with the sanitary landfill model resulting in a maximum potential electrical energy produced by 2,6 MW. Meanwhile, gas emissions released to the air in 2021 are 24,780 tons/ year CH₄ with 1,425 tons/year of CO₂, while the factors that most influence the quality of LFG gas are: methane gas content, carbon dioxide and weather conditions.

Keyword: *LFG Quality, Waste Power Plant, Fuzzy AHP*



1. INTRODUCTION

The increase in population is directly proportional to the increase in the amount of population consumption, so the amount of waste pile produced will continue to increase every year. This of course raises a number of problems including the continuous increase in waste production, management of large areas of land, transportation of waste management and the environmental impact of the resulting pollutant [1]. Waste that is not managed properly will cause pollution in the environment [2]. One solution to this problem is to make the waste to be processed into alternative energy in the form of Waste Power Plant (WPP). In this study, the results of gas output and the quality of LFG gas production will be known [3].

In line with the Government's program on the use of New and Renewable Energy (EBT) with a target of 23% by 2025, which later on, waste-based power plants (WPP) are targeted to be built and developed in 9 provinces, spread throughout Indonesia [4]. One of the potential sources of EBT to be developed is biomass, biogas, and municipal solid waste. The final disposal site contains organic waste that can emit LFG (Landfill Gas) which is generated continuously by microbes under anaerobic conditions [5]. LFG contains the most methane and carbon dioxide gas, both of which are greenhouse gases. In addition, the presence of methane gas in the landfill can cause fires and even explosions. The principle in gas utilization design is the quality of the gas in accordance with the usage requirements and the capacity of the system planning, where the system design capacity is calculated based on: projection of gas that can be produced, gas productivity rate, and estimated percentage of gas that can be utilized [6]. Generators with discontinuous supply will reduce engine efficiency and result in engine damage. The LFG generation predicted by the model can be multiplied by the percent collection efficiency to estimate the volume of LFG that can be recovered for combustion or use in an LFG energy conversion project [7].

Several studies on LFG quality for optimization production waste power plant (WPP) determination, among others: research with the LandGEM software simulation method [8] with input of waste revenue per year and epsilon professional to see output power as well as increase in efficiency and power systems to obtain flow mass with operational time creates real conditions. Research with the method of processing waste without waste [9] obtained a permit for an alternative source of electricity based on renewable energy with the potential for gas and energy produced. Research with the SWOT-FAHP analysis method (hierarchy of fuzzy analysis) [10] analysis for sustainable energy management with waste from the results of research and supervision of the problem criteria in selecting the appropriate method. Research with multi-criteria decision making (MCDM) for energy management and efficiency of waste water treatment resources [11] results show that biogas is chosen as the ideal gas fuel, natural gas is second, liquefied natural gas is third, compressed natural gas is fourth and Landfill gas is the fifth gas fuel on the number at waste power plant in Turkey. This research study

only focuses on one of the potential parameters of waste power plant, but no one has discussed the quality of landfill gas. This research focuses on the problem of determining the quality of gas emissions produced by Landfill Gas Emissions using Fuzzy-AHP, where the quality of landfill gas production is influenced by levels of methane, carbon dioxide, oxygen and sulfur dioxide which are affected by weather conditions.

This research study only focuses on one of the potential parameters of WPP, but no one has discussed the quality of landfill gas. This research focuses on the problem of determining the quality of gas emissions produced by landfill gas emissions using fuzzy AHP, where the quality of landfill gas production is influenced by levels of methane, carbon dioxide, oxygen and sulfur dioxide which are affected by weather conditions.

2. Methodology

WPP is a thermal power plant with supercritical steam and fueled by waste or methane gas. The use of gas obtained from waste is carried out using sanitary landfill method, making use of gas produced from waste power plant. The sanitary landfill system is carried out by inserting waste into hole, then leveling and compacting it, and lastly covering it with loose soil, resulting in layers. In order to make use of the gas that has been formed, the next step is to install pipes to release LFG in order to be used as fuel.

A waste power plant is a generator of electrical energy using waste as the main fuel. The principle of generating PLTSA is carried out in 2 ways, namely the Incineration process, namely by burning waste and Gasification, namely by collecting gas which is then converted to electrical energy. Incinerator technology is a waste treatment method by burning waste at high temperatures. The combustion system with high temperature is also known as heat treatment. In the process of burning waste, the fuel used must be of good quality [12]. Incineration method as shown in Figure 1.

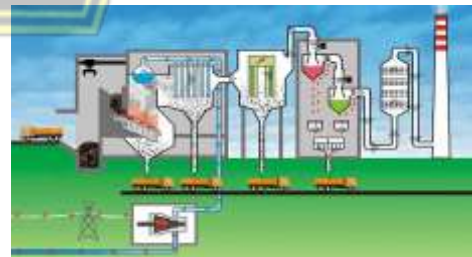


Fig.1. Incineration method [12]

Incineration is a thermal waste treatment technique that can be understood as a controlled combustion process. Incineration is the most popular WTE technique, whereby the heat generated from combustion can be converted into electric power. The organic content of the waste is burned and heat is generated, while the inorganic content contributes to the formation of ash. The end products of incineration include ash,

heat, and combustion gases [13]. The advantages of this technique are the following: it results in an almost complete reduction of toxic organic matter if strict monitoring procedures are emphasized, it is low treatment technology if operated properly, and removes liquids, resulting in solid and easy-to-transport waste. Some of the important drawbacks of incineration include the relatively high cost, and potential for the release of radioactive material into the environment, and ultimately the direct re-release of carbon dioxide back into the atmosphere [14].

Gasification is a thermochemical process that involves heating the waste plastic at 700–1100°C with a controlled amount of oxygen, air, oxygen-enriched air, and/or steam to produce industrial gas mixtures called “synthesis gas,” or syngas. Syngas is a gas mixture, the main components of which are hydrogen (H₂) and carbon monoxide (CO), with lower concentrations of other gases such as carbon dioxide (CO₂) and hydrocarbons, for example, methane (CH₄) [15]. A gasification plant generally consists of processes of gasification reaction, catalytic conversion of syngas, and gas separation and purification. The main gasification products are CO, CO₂, H₂, and CH₄. The gas yield and composition are dependent on the feedstock characteristics, catalyst types, gasifier types, and operating conditions. For example: temperature, pressure, and residence time. Gasification Method as shown in Figure 2.



Fig.2. Gasification Method [15]

This research has several steps, as shown in Figure 3 the steps that must be taken:

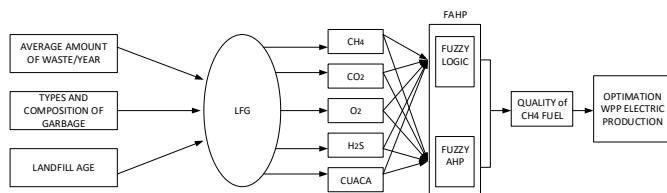


Fig.3. Research System Model

In Figure 3. The potential for electrical energy production in solid waste power plants is obtained through prediction using moving average, where the data is obtained from historical data the previous year. Then after obtaining the waste data, the potential for gas emission and potential LFG can be calculated to produce electrical energy. After obtaining the

output of electrical energy conversion, it will then optimize using the AHP fuzzy method which will obtain maximum results for the optimum month output to optimize the output of electrical energy from the waste power plant.

2.1. LFG Potential

The result showed a very promising potential, with methane gas contained in LFG is available in large amount, which is around 50%. The LFG potential produced in sanitary landfill was calculated using the U.S Environmental Protection Agency (EPA) model which has used in various sanitary landfill scenarios in the United States. According to a research [8], the formula used to de-normalize data is shown in Eq.(1).

$$Q_t = 2 L_o M_o (e^{kt} - 1) e^{-kt} \quad (1)$$

where: Q_t is amount of gas produced (m^3 /years), L_o is potential of methane produced (m^3 /year), m_o is solid amount received, (ton/year), k is Average methane constant (years) and t is landfill age, (year).

Collection efficiency for sites with operating gas collection and control systems is usually based on information on the current conditions of the calculation looking for the efficiency of gas collection to capture LFG generated by waste is shown in the Eq.(2).

$$\text{Production gas (m}^3 \text{ / year)} = 75\% \times \text{The amount of gas produced} \quad (2)$$

From the amount of methane gas with a percentage of 45-60% in the landfill, the amount of methane gas uses 50% as the average suggested by the EPA is shown in the Eq.(3).

$$\text{Methane gas (m}^3 \text{ / year)} = 50\% \times \text{gas recovery} \quad (3)$$

To calculate the amount of electricity generated, is shown in the Eq.(4).

$$\Sigma = \text{Methane} \times 9.39 \text{ kWh} \times \text{Engine Efficiency} \quad (4)$$

The conversion of methane gas energy into electrical energy is based on the heat potential possessed by 1 Kg of methane gas which is equivalent to 6.13×10^7 J, and 1 kWh of electricity is equivalent to 3.6×10^6 J, 1 m^3 of methane gas is equivalent to 9,39 kWh.

The conversion of methane gas energy into electrical energy is based on the heat potential possessed by 1 kg of methane gas which is equivalent to 6.13×10^7 J, and 1 kWh of electricity is equivalent to 3.6×10^6 J, 1 m^3 of methane gas is equivalent to 9.39 kWh can be seen in Table 1 Methane Conversion.

Table 1. Methane Conversion

Energy Conversion	
1 Kg Gas Methane	6,13 x 10 ⁷ J
1 kWh	3,6 x 10 ⁶ J
1 m3 gas Methane	9,39 kWh

2.2. Gas Emissions Calculation

The calculation of GHG emissions from biological waste management is shown in Eq. (5) and (6).

$$CH_4 \text{ emissions} = \sum(((Mi \times EF) * 10^{-3}) - R) \times GWP \quad (5)$$

$$CO_2 \text{ emissions} = \sum(((Mi \times EF) * 10^{-3}) - R.) \times GWP \quad (6)$$

Where Mi is Gas massa (Gg/years); EF is gas emission factors (g); EF CH₄ is value CH₄ 4 g CH₄/kg; EF CO is value CO 0,90 g CO₂/kg; R is amount of gas recovery; and GWP is Global Warming Potential.

2.3. Moving Everange (ME)

This method is by taking a group of observed values from the PLTSa Jatibarang data and then looking for the average value. Then after that the average will be used for the next period. Table 2 is the result of prediction calculations using moving average where the input used is data from 2011 to 2020 which produces predictive output for the next 10 years, namely 2021 to 2030 shown in Table 2.

Table 2. Moving Average Forecasting results 2021- 2030

Years	QUANTITY (ton/day)	QUANTITY (ton/year)
2021	1028	375.220
2022	1070	390.587
2023	1089	397.303
2024	1105	403.325
2025	1119	408.508
2026	1131	412.706
2027	1139	415.845
2028	1145	417.743
2029	1146	418.254
2030	1143	417.195

The analytical method developed from traditional AHP is a combination of the AHP method with the Fuzzy concept approach. Where fuzzy AHP is better at describing vague decisions than traditional AHP [5].

The steps for Fuzzy AHP are: Creating a hierarchical structure; determine the pairwise interest comparison matrix between criteria with the Fuzzy Triangular Number scale; To determine the value of the fuzzy synthesis (Si) to obtain the relative weights for the decision-making elements show in Eq.(7).

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{ci}^j \left[\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n \tilde{M}_{ci}^j \right]^{-1} \quad (7)$$

Where Si is fuzzy synthesis; $\sum_{j=1}^m \tilde{M}_{ci}^j$ is operation for the addition of fuzzy extent analysis M values for a partial matrix using the addition operation for each triangular fuzzy number in each row.

Calculating the degree of membership from the comparison of fuzzy synthesis values to obtain a vector is used Eq. (8).

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0 & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{(l_1 - u_2)}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{other.} \end{cases} \quad (8)$$

The normalization of the vector weight or the priority value of the criteria that has been obtained is used Eq.(9).

$$W' = (d'(A_1), (d'(A_2), \dots (d'(A_n))T \quad (9)$$

Where A1 (i = 1,2,... n) is n the elements; and d'(Ai) is a value that describes the relative choice of each decision attribute.

After normalizing the vector weights, the vector obtained is no longer a fuzzy number, so that the next decision making is to rank the vector weights, the total ranking is obtained by multiplying the evaluation vector of each beneficiary with the priority vector. Making decisions by selecting the highest total ranking.

3. SYSTEM MODEL

The LFG production mitigation flowchart and research procedure algorithm will explain the steps for calculating lfg gas quality. Is shown in Figure 4 *Flowchart of LFG Production determination* .

2.4. Fuzzy AHP (Analytical Hierarchy Process)

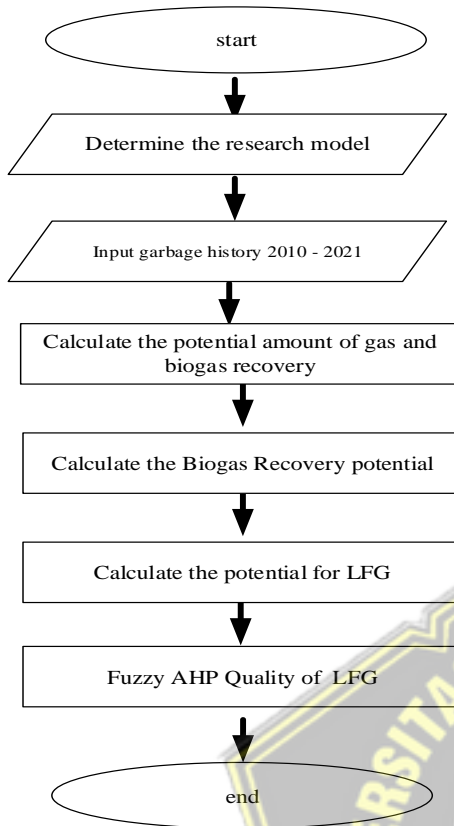


Fig.4. Flowchart of LFG Production determination

Figure 4 shows that to determine the quality of LFG, it is necessary to input some data concerning 5 parameters, namely: methane gas CH₄ %mmol; carbon dioxide gas CO₂ %mmol; oxygen gas O₂ %mmol; hydrodioxide sulfur H₂S %mmol, and weather. The selection of these 5 parameters was based on information and data obtained from the Environmental Office of Semarang and PT. BPS JATI BARANG who manages and operates PLTSa Jatibarang. The system processed the data using fuzzy mamdani and fuzzy AHP to determine the quality of WPP. Is shown in Figure 5. Flowchart of fuzzy ahp quality production landfill gas.

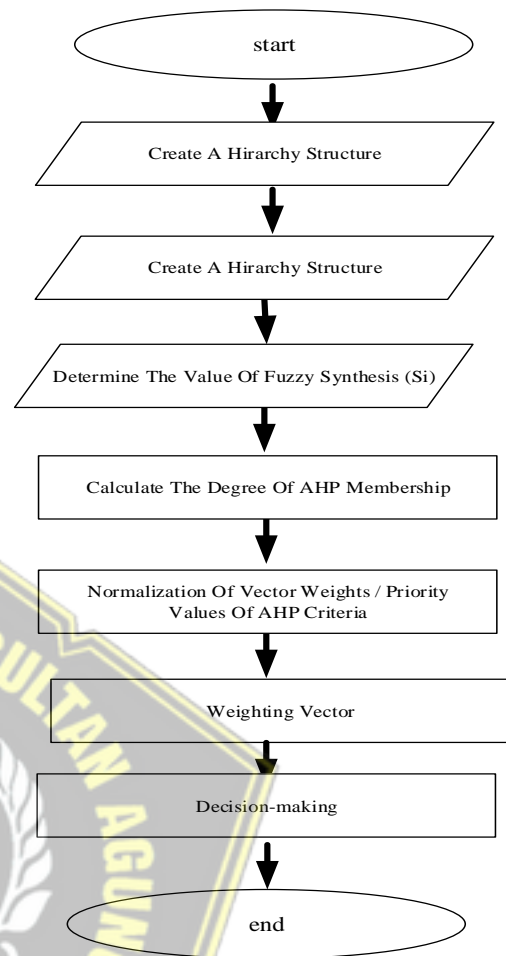


Fig.5 Flowchart of Fuzzy AHP

Figure 5 shows the flowchat of AHP fuzzy design for LFG determination. The steps for Fuzzy AHP's work steps in determining the quality of gas production: Create a hierarchical structure of the problem; Determine the pairwise interest comparison matrix between criteria with the Fuzzy Triangular Number scale; Determine the fuzzy sities value (Si) to obtain relative weights; Calculating the degree of membership from the comparison of fuzzy synthesis (Si) values; Normalize vector weights or criteria priority values; Perform vector weight ranking; decision making by choosing the highest total ranking

4. RESULTS AND ANALYSIS

Referring to the research model in Figure 1 and the data on landfills in Table 2. The potential results are obtained: Table 3. *Calculation of Potential Gas*

Furthermore, the determination of the quality of LFG gas will be determined using the Fuzzy AHP method.

Table 3. Calculation of Gas Potential and Electrical Energy

No	Recoverable Biogas (m ³ /years)	Amount of Methane Gas Collected (m ³ /years)
1	5.733.294	2.866.647
2	5.968.092	2.984.046
3	6.070.711	3.035.356
4	6.162.734	3.081.367
5	6.241.929	3.120.965
6	6.306.066	3.153.033
7	6.354.029	3.177.015
8	6.383.031	3.191.515
9	6.390.839	3.195.419
10	6.374.665	3.187.332

Table 3 is the result of calculating the potential for gas to be generated for the next 10 years. By knowing the above results are in accordance with the calculation of the data that has been obtained, it can be analyzed that in the second to eight years it has increased every year.

Referring to Tables 3 and equations 3 and 4, the results of the potential for electrical energy will be obtained. Presented in Table 4.

Table 4. Energy Potential Results

No	Energy (Kwh/year)	Power (Kwh/hour)	Mega Watt (MW)
1	23.203.158	2.648,76	2,6
2	24.153.405	2.757,24	2,8
3	24.568.714	2.804,65	2,8
4	24.941.138	2.847,16	2,8
5	25.261.649	2.883,75	2,9
6	25.521.217	2.913,38	2,9
7	25.715.329	2.935,54	2,9
8	25.832.699	2.948,94	2,9
9	25.864.299	2.952,55	2,9
10	25.798.842	2.945,07	2,9

Table 4 is the result of calculating the potential conversion of gas to electrical energy generated for the next 10 years. By knowing the above results are in accordance with the calculation of the data that has been obtained, it can be analyzed that in the second to eight years it has increased every year.

4.1. Potential gas emissions

Refers to equations 5, 6 and Table 2. Calculation of Gas Potential and Electrical Energy. Greenhouse gas emissions obtained are presented in Table 5. Potential gas emissions

Table 5. Potential gas emissions

NO	GAS EMISSIONS	
	CH4	CO2
1	24943,99	1425,37
2	30433,8	1739,07
3	31754,77	1814,56
4	33111,17	1892,07
5	34503,71	1971,64
6	35933,8	2053,36
7	37401,78	2137,24
8	31236,91	1784,97
9	23103,41	1320,19
10	27170,16	1552,58

Table 5. is the result of the calculation of potential greenhouse gas emissions, which is deduced annually. The emission reduction in the first year is very large with the resulting emissions. for CH4 which has a content of 40-60% in LFG, the remaining in the first year is only 24,780 tons / year, and for CO2 which has a 40% content in LFG 1,425 tons / year.

4.2. Membership Function

The membership function is a curve that shows the mapping of data input points into membership degrees that have intervals between 0 and 1. The function used to determine the quality of the biogas is the gaussian trapezoid function. The set of membership functions for each gas is determined based on field data. shown in Table 6 the percentage of the content of the elements in the substances in the field.

Table 6. Percentage of Substance Content

Chemical Content	Percentage
CH ₄	50-70 %
CO ₂	30-40 %
O ₂	1 – 10 %
H ₂ S	< 0,1 %

Table 6. it is known that the ch4 content is 30-70%; carbon dioxide content of 30-40%; oxygen of 1-10% and hydrogen sulfide of 1-10% of the gas element content in the field.

4.2.1. Membership Function Of Methane

The variable CH4 which consists of 3 fuzzy sets, namely LOW, MEDIUM and HIGH. The degree of membership of methane is presented in Table 7. the membership set of Methane Gas which consists of 3 classifications:

Table 7. Membership function of methane

PARAMETER	CH4
LOW	$\mu_{low}[x] = \begin{cases} 1 & , x \leq 10 \\ \frac{30-x}{20} & , 10 \leq x \leq 30 \\ 0 & , x \geq 30 \end{cases}$
MEDIUM	$\mu_{medium}[x] = \begin{cases} 0 & , x \leq 20 \\ \frac{x-20}{15} & , 20 \leq x \leq 35 \\ \frac{50-x}{15} & , 35 \leq x \leq 50 \\ 0 & , x \geq 40 \end{cases}$
HIGH	$\mu_{high}[x] = \begin{cases} 0 & , x \leq 40 \\ \frac{x-60}{20} & , 40 \leq x \leq 60 \\ 1 & , x \geq 60 \end{cases}$

4.2.2. Membership Function Of Carbon Dioxide

The variable CO2 which consists of 3 fuzzy sets, namely LOW, MEDIUM and HIGH. The degree of membership of carbon dioxide is presented in Table 8. the membership set of Methane Gas which consists of 3 classifications:

Table 8. Membership function of carbon dioxide

PARAMETER	CO2
LOW	$\mu_{low}[x] = \begin{cases} 1 & , x \leq 5 \\ \frac{10-x}{5} & , 5 \leq x \leq 10 \\ 0 & , x \geq 10 \end{cases}$
MEDIUM	$\mu_{medium}[x] = \begin{cases} 0 & , x \leq 10 \text{ atau } x \geq 30 \\ \frac{x-20}{10} & , 20 \leq x \leq 30 \\ \frac{40-x}{10} & , 30 \leq x \leq 40 \end{cases}$
HIGH	$\mu_{high}[x] = \begin{cases} 0 & , x \leq 30 \\ \frac{x-30}{10} & , 30 \leq x \leq 40 \\ 1 & , x \geq 40 \end{cases}$

4.2.3. Membership Function Of Oxygen

The variable O2 which consists of 2 fuzzy sets, namely LOW, and HIGH. The degree of membership of oxygen is presented in Table 9. the membership set of oxygen Gas which consists of 2 classifications:

Table 9. Membership function of oxygen

PARAMETER	O2
LOW	$\mu_{low}[x] = \begin{cases} 1 & , 0,2 \leq x \leq 0,5 \\ \frac{0,5-x}{0,3} & , 0,3 \leq x \leq 0,5 \\ 0 & , x \geq 0,5 \end{cases}$
HIGH	$\mu_{high}[x] = \begin{cases} 1 & , 0,7 \leq x \leq 1 \\ \frac{x-0,5}{0,2} & , 0,5 \leq x \leq 0,7 \\ 0 & , x \leq 0,5 \end{cases}$

4.2.4. Membership Function Of H2S

The variable O2 which consists of 2 fuzzy sets, namely LOW, and HIGH. The degree of membership of H2S is presented in Table 10. the membership set of H2S Gas which consists of 2 classifications:

Table 10. Membership function of H2S

PARAMETER	H2S
LOW	$\mu_{low}[x] = \begin{cases} 1 & , 0,2 \leq x \leq 0,5 \\ \frac{0,5-x}{0,3} & , 0,3 \leq x \leq 0,5 \\ 0 & , x \geq 0,5 \end{cases}$
HIGH	$\mu_{high}[x] = \begin{cases} 1 & , 0,7 \leq x \leq 1 \\ \frac{x-0,5}{0,2} & , 0,5 \leq x \leq 0,7 \\ 0 & , x \leq 0,5 \end{cases}$

4.2.5. Membership Function Of Weather

The variable O2 which consists of 3 fuzzy sets, namely BRIGHT, CLOUDY and RAIN.. The degree of membership of Weather is presented in Table 11. the membership set of Weather Gas which consists of 3 classifications:

Table 11. Membership function of H2S

PARAMETER	CO2
BRIGHT	$\mu_{BRIGHT}[x] = \begin{cases} \frac{29-x}{9} & , 20 \leq x \leq 29 \\ 0 & , x \geq 29 \end{cases}$

$$\text{CLOUDY } \mu_{\text{CLOUDY}}[x] = \begin{cases} 0 & , x \leq 27 \text{ atau } x \geq 33 \\ \frac{x-27}{3} & , 27 \leq x \leq 30 \\ \frac{33-x}{3} & , 30 \leq x \leq 33 \\ 0 & , x \leq 31 \end{cases}$$

$$\text{RAIN } \mu_{\text{RAIN}}[x] = \begin{cases} \frac{x-31}{9} & , 31 \leq x \leq 40 \\ 1 & , x \geq 40 \end{cases}$$

4.3. Rules base

In order to obtain accuracy, several basic rules were obtained to be used in assessing and evaluating the quality of LFG. The rules obtained were based on 5 parameters, so 108 rules combinations were obtained shown in Table 12. Rules Base

Table 12. Rules Base LFG

NO	PARAMETER					OUTPUT	
	CH4	CO2	O2	H2S	WEATHER	LFG	CONNECTION
1	LOW	LOW	LOW	LOW	RAIN	DN	LOSS
2	LOW	LOW	LOW	LOW	CLOUDY	DN	LOSS
3	LOW	LOW	LOW	LOW	SUNNY	DN	LOSS
4	LOW	LOW	LOW	HIGH	RAIN	DN	LOSS
5	LOW	LOW	LOW	HIGH	CLOUDY	DN	LOSS
...
108	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	RAIN	N	SINC

4.4. Implication Function

After rules were formed, the implication function application was carried out. The sample cases taken in the measurement had the following parameters: CH₄: 53,5 %mmol; CO₂: 39,3 %mmol; O₂: 0,4 %mmol; H₂S: 0,4 %mmol; Weather: 37°C. Based on Table 5. From the case data, the predicate rules for parameter assessment include: Table 13. Parameter Assessment of Predicate Rules.

Table 13. Parameter Assessment of Predicate Rules

SAMPLING	Parameter	Measurement Results	Membership		
			Low	Medium	High
CASE 1	CH4	53,5		0,15	0,675
	CO2	39,3		0,14	0,4
	O2	0,4	0,33		
	H2S	0,4	0,33		
	CUACA	37			0,66

The calculation of fuzzy values in LFG, based on data Table 13, then the predicate rules for parameter assessment include Table 14.

Table 14. Parameter of Assessment

NO	No. Rules	RULES	MIN VALUE a-predicaten
1	R99	IF CH4 (HIGH) AND CO2 (HIGH) AND O2 (LOW) and H2S (LOW) and Weather (HIGH) Then NORMAL	0,33
2	R87	IF CH4 (HIGH) AND CO2 (MEDIUM) AND O2 (LOW) and H2S (LOW) And Weather (HIGH) Then NORMAL	0,14
3	R63	IF CH4 (MEDIUM) AND CO2 (HIGH) AND O2 (LOW) and H2S (LOW) And Weather (HIGH) Then Below Normal	0,15
4	R51	IF CH4 (MEDIUM) AND CO2 (MEDIUM) AND O2 (LOW) and H2S (LOW) And Weather (HIGH) Then NORMAL	0,14

4.5. Rules Composition

The rules composition is the overall conclusion by taking the maximum membership level from each consequent application of the implication function and combining all the conclusions of each rule. This way, the Fuzzy solution area was obtained as the following:

$$\mu_{sf}(x) = maks \{0,33\}$$

The intersection point of rules was when μ LFG Quality = 0.33, then the x value can be determined as: $X = 40 + 20 * (0.33) = 46.6$; Therefore, membership function of the solution area was obtained, as shown in the following:

$$\mu \text{ Quality LFG} = \{ 0,33; 46,6 \leq X \leq 60\}$$

4.6. Defuzzifikasi

Defuzzification or affirmation is conversion of fuzzy sets into real numbers. The input of the affirmation process is fuzzy set, whereas the resulting output is a number in the domain of fuzzy set. In this research, the method used in the defuzzification process was the Centroid method (Composite Moment). In this method, the researcher assumed that the existing variables were discrete numbers. For example, for the LFG value obtained in the rule composition process, then Z^* was optimal, generally formulated as the following:

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{\int_{46,6}^{60} (0,33)x dx}{\int_{46,6}^{60} (0,33) dx} \\
 &= \frac{0,165 x^2 \Big|_{46,6}^{60}}{0,33 x \Big|_{46,6}^{60}} \\
 &= \frac{(0,165 x 60^2) - (0,165 x 40^2)}{(0,33 x 60) - (0,33 x 40)} \\
 &= \frac{330}{6,5} \\
 &= 50,7
 \end{aligned}$$

The LFG quality vulnerability value of 50.7 was categorized as **Normal and Synchronous** to PLN

4.7. Mean Absolute Percentage Error

From the results of the application of the Mamdani fuzzy in the MATLAB program, the comparison between the Mamdani fuzzy and the gas production of PLTSa Jatibarang was obtained. Then by using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE), the average error can be calculated by comparing the measurement results from the PT data. Bps Jati Barang with the results of calculations using the matlab application. Table 15 is the result of the Mean Absolute Percentage Error Presentation.

Table 15. MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

No	Date	LFG PT. BPS (y) % mmol	LFG FUZZY (ŷ) %mmol	Y-ŷ	(y - ŷ)/y
1	27/01/2020	47,1	45	2,1	0,044586
2	10/05/2020	41	37,8	3,2	0,078049
3	03/03/2020	30	18,1	11,9	0,396667
4	30/1/2020	42,6	34,9	7,7	0,180751
5	26/1/2020	30	18,6	11,4	0,38
				MAPE	21,60%

Table 15 presents the percentage error is 21%, which means that it is in accordance with the MAPE percentage value classification including accurate values, with an accuracy rate of 79%.

4.8. Fuzzy AHP (F-AHP) Analysis

The steps in determining LFG quality using the AHP fuzzy method are as the following:

4.8.1 Hierarchical Structure

The hierarchical structure of LFG quality selection problem is presented in the following Figure 6.

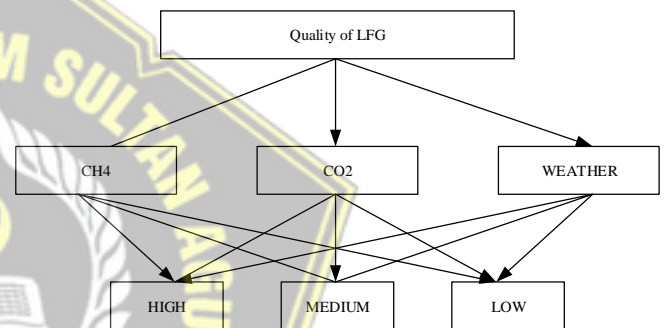


Fig. 6 Hierarchical Structure of Quality LFG

Where:

Goal: Determining the best month of quality landfill

Criteria: CH4; CO2 and Weather

Sub-kriteria : H = High; M = Medium; L = Low.

4.8.2. Determination of Synthesis Value

The decision support system will provide a variable and a range of values for each criterion. then represented using a fuzzy triangle, which is then compared in pairs with the input parameters can be seen in Table 16.

Table 16. Paired Matrix Comparison

	CH4			CO2			CUACA			JUMLAH BARIS		
	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L
CH4	1	3	1	1	2	1	1	3	2	3	8	4
CO2	0,33	1	3	0,5	1	2	0,33	1	3	1,16	3	8
CUACA	0,17	0,33	1	1	0,5	1	0,5	0,33	1	1,67	1,16	3
Amount										5,83	12,16	15

The value of Table 16 is obtained from the comparison between 1 element of the CH4 parameter criteria; CO2 and Weather. After the calculation, the value of the number of rows

and columns is obtained, then we will look for the fuzzy synthesis value of each criterion (Ski) where I = 1,2,..., according to Eq. (7).

$$S_{CH_4} = (3, 5, 4, 5, 5) \times (1/11, 1/13, 1/17) \\ = (0,318, 0,346, 0,196)$$

$$S_{CO_2} = (4, 5, 7) \times (1/11, 1/13, 1/17) \\ = (0,364, 0,385, 0,250)$$

$$S_{CUACA} = (3, 5, 3, 5, 4, 5) \times (1/11, 1/13, 1/17) \\ = (0,318, 0,269, 0,161)$$

Then, the results were input into the calculation of fuzzy synthesis (Si) criteria presented in Table 17.

Table 17. Conclusion of Calculation Fuzzy Synthesis Value (Si) Criteria

Synthesis (Si)			
kriteria	High	Medium	Low
CH4	0,201	0,656	0,684
CO2	0,077	0,246	1,318
CUACA	0,111	0,095	0,513

4.8.3. Determination of Vector Value (V) and Defuzzification Ordinate Value (d')

To get the vector value and the ordinary value, Eq. (8) is used

Criteria 1 (CH₄), vector value: 0,639

Criteria 2 (CO₂), vector value: 3,634

Criteria 3 (CUACA), vector value: 0,773

Based on the ordinate values of CH₄, CO₂, WEATHER, the value of vector weight could be determined as

$$W' = (0,339, 0,472, 0,189)$$

4.8.4. Normalization Vector Weight Value (W)

Normalization of the vector weight value is obtained by Eq.(9). where each weight vector element is divided by the number of weight vector itself.

$$W_{local} = \frac{0,339, 0,472, 0,189}{\text{amount } \overline{W}_{local} = 1}$$

So that the criteria (local) weights obtained are 0.127, 0.720, 0.153. Sub-criteria and alternative F-AHP calculation completion is the same as the criteria.

4.8.5. Alternative ranking and Decision result

The assessments were classified as High, Medium, and Low for each criterion. Table 18 shows the monthly value data along with the assessment based on the given criteria which are then determined for the weighted value of each month with the assessment that has been given.

Table 18. Global ranking conclusions

Global Weight Alternatif	CH ₄	CO ₂	CUACA		
	0,339	0,472	0,189		
	CH4	CO2	CUACA	Weight Global	Ranking
January	0,23188	0,116112	0,096957	0,444945	8
February	0,22238	0,622096	0,096957	0,941437	1
March	0,06814	0,622096	0,020979	0,711214	3
April	0,06814	0,622096	0,020979	0,711214	3
May	0,22238	0,116112	0,096957	0,435453	11
June	0,23188	0,116112	0,096957	0,444945	8
July	0,06814	0,622096	0,020979	0,711214	3
August	0,23188	0,622096	0,020979	0,874951	2
September	0,06814	0,622096	0,020979	0,711214	3
October	0,22238	0,116112	0,096957	0,435453	11
November	0,23188	0,116112	0,096957	0,444945	8
December	0,06814	0,622096	0,020979	0,711214	3

Table 18 it can be concluded that using the criteria of CH₄, CO₂, and weather as inputs and the input classifications consisted of 3 parameters, namely high, medium, and low. Then, the paired matrix comparison with the F-AHP criterion was determined so that the synthesis value of each criterion was obtained. From the value of fuzzy synthesis, the values of vector and ordinate defuzzification were obtained to determine the value of vector weight used for global ranking and decision making, in which it showed that in 2021, February and Agust had the most optimum weight value, namely 0.3457750 compared to other months. The lowest months were February and August, namely 0.2535460

5. CONCLUSION

Based on the results of the research conducted, the following conclusions can be drawn:

1. Utilization of landfill gas potential based on the amount of waste using the Moving Avarange forecasting method, results in 2021 reaching 12,462,329 m³/year with gas that can be utilized reaching 5,733,294 m³/year and methane gas of 2,866,647 m³/year. Then obtained energy potential of 23,203,158 kWh or 2.6 MW with engine efficiency of 82.5% and continues to increase by 1.19% per year. Utilizing LFG potential Landfill based on the amount of waste available in 2020, reaching 8,606,375.79 m³/year, with available gas reaching 3,959,363 m³/year, and methane gas of 1,979,682 m³/year, it can be calculated that the potential energy produced with an engine efficiency of 82.5% would reach 16,024,124.53 kWh or 1.8 MW.
2. Based on Fuzzi AHP analysis of waste in TPST Jatibarang which continues to experience significant increases, it is very possible to maximize the potential of

PLTSA landfill gas in TPST Jatibarang with methane gas concentrations reaching 30-60% mmol.

3. The condition of methane gas, carbon dioxide and weather conditions greatly affect the quality of landfill gas. In the calculation of the Fuzzi AHP analysis, it was found that February has the most optimum weight value compared to other months due to sunny weather conditions and balanced levels of methane and carbon dioxide produced by landfill gas. So that in February, landfill gas production rarely experienced a drop of CH₄. Meanwhile, May and October have the minimum month value so that in that month there is often a drop of CH₄ in landfill wells which is influenced by cloudy weather conditions that tend to rain.

REFERENCES

- [1] Badan Pusat Statistik Kota Semarang, Data Penduduk Kota Semarang. 2019.
- [2] Mabunga, Z., & Magwili, G. Greenhouse Gas Emissions and Groundwater Leachate Leakage Monitoring of Sanitary Landfill. 2019 IEEE 11th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM).
- [3] F. Azis, A. Arief and M. B. Nappu. "Fuzzy logic based active power generation dispatching considering intermittent wind power plants output," *International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy and Communications (ICCREC)*, Yogyakarta, 2017. pp. 116-121.
- [4] De Souza, S. N., Horttanainen, M., Antonelli, J., Klaus, O., Lindino, C. A., & Nogueira, C. E. *Technical potential of electricity production from municipal solid waste disposed in the biggest cities in Brazil: Landfill gas, biogas and thermal treatment. Waste Management & Research*. 2014. 32(10).
- [5] Torabi-Kaveh, M., Babazadeh, R., Mohammadi, S., & Zaresefat, M. Landfill site selection using combination of GIS and fuzzy AHP, a case study: Iranshahr, Iran. *Waste Management & Research*. 2016. 34(5), 438–448.
- [6] Rey, M. D., Font, R., & Aracil, I. Biogas from MSW landfill: Composition and determination of chlorine content with the AOX (adsorbable organically bound halogens) technique. *Energy*. 2013. 63, 161–167.
- [7] Mahar, R. B., Sahito, A. R., Yue, D., & Khan, K. Modeling and simulation of landfill gas production from pretreated MSW landfill simulator. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*. 2014. 10(1), 159–167.
- [8] Anggoro, B., Halimi, B., P.H., S., Burhan, J., M.R, T., M., A. B., and Raju, V. Waste Power Generation Analysis Using Landfill Gas. *Eurasian Journal of Analytical Chemistry*. 2018. 13(6).
- [9] Sanfiyan, Abdul M. L., et al. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Organik Zero Waste Di Kabupaten Tegal (Studi Kasus Di Tpa Penujah Kabupaten Tegal. *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, vol. 6, no. 4. 2017. pp. 282-289.
- [10] Adar, E., Karatop, B., İnce, M., & Bilgili, M. S. *Comparison of methods for sustainable energy management with sewage sludge in Turkey based on SWOT-FAHP analysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. 62, 429–440.
- [11] Akbaş, H., & Bilgen, B. An integrated fuzzy QFD and TOPSIS methodology for choosing the ideal gas fuel at WWTPs. *Energy*. 2017. 125, 484–497.
- [12] Wu, Y., Tao, Y., Deng, Z., Zhou, J., Xu, C., & Zhang, B. A fuzzy analysis framework for waste incineration power plant comprehensive benefit evaluation from refuse classification perspective. *Journal of Cleaner Production*. 2020. 258, 120734.
- [13] Sadi, M., & Arabkoohsar, A. Modelling and Analysis of a Hybrid Solar Concentrating-Waste Incineration Power Plant. *Journal of Cleaner Production*. 2018
- [14] Moharir, R. V., Gautam, P., & Kumar, S. *Waste Treatment Processes/ Technologies for Energy Recovery. Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. 2019. 53–77.
- [15] Zhang, Y., Cui, Y., Chen, P., Liu, S., Zhou, N., Ding, K., Ruan, R. Gasification Technologies and Their Energy Potentials. *Sustainable Resource Recovery and Zero Waste Approaches*. 2019. 193–206.



7/14/2021

Gmail - Successful Manuscript Submission to JATIT



mas fahrudin <masfahruddin@gmail.com>

Successful Manuscript Submission to JATIT

6 pesan

JATIT <editor@jatit.org>

14 Juli 2021 10.44

Kepada: Agus-Fahrudin <masfahruddin@gmail.com>

We have received the manuscript for review and possible publication in Journal of Theoretical and Applied Information Technology.

ID of the manuscript is " " and Password is " Gmrtl "

Please note the manuscript ID and use this as reference for correspondence regarding your submission. For updates on the status of your submission, please visit http://www.jatit.org/enter_manuscript.php.

If you want to change your password, please use this URL: http://www.jatit.org/change_password.php

Please fill the agreement form attached and mail it to mailjatit@gmail.com. Submitting this form confirms that you are in agreement with publication policies of the journal. You may also download the agreement from http://www.jatit.org/agreement_form.docx

Evaluation process can take 15-60 working days depending on the time the reviewers take to convey their opinion on your manuscript.

 [agreement_form.docx](#)
13K

JATIT <editor@jatit.org>

14 Juli 2021 10.51

Kepada: Agus-Fahrudin <masfahruddin@gmail.com>





YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Jl. Raya Kaligawe Km. 4 PO BOX. 1054 Telp. (024) 0583584 Ext. 349 Semarang 50012

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

MAGISTER TEKNIK ELEKTRO

KETERANGAN BEBAS PLAGIASI

Tim Pemeriksa Kemiripan Tulisan Ilmiah telah memeriksa unggahan file atas nama:

Nama : Agus Fahrudin
Program Studi : Magister Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung,
Semarang
Judul Tesis : DETERMINASI PRODUKSI LFG PLTSa JATIBARANG
MENGUNAKAN METODE FUZZY ANALYTICAL
HIERARCHY PROCESS
Pemeriksa : Ketua Program Studi MTE UNISSULA
Tanggal Periksa : 12 Juli 2021

Menyatakan bahwa hasil pemeriksaan dengan menggunakan aplikasi Turnitin terhadap tulisan ilmiah dengan judul diatas menghasilkan kemiripan sebesar 15 % dengan sumber – sumber online lainnya.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



DETERMINASI PRODUKSI LFG PLTSa JATIBARANG MENGUNAKAN METODE FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS

ORIGINALITY REPORT

10%	11%	2%	3%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	jom.unpak.ac.id Internet Source	3%
2	www.scribd.com Internet Source	2%
3	adoc.pub Internet Source	1%
4	senter.ee.uinsgd.ac.id Internet Source	1%
5	id.scribd.com Internet Source	1%
6	payahundur.com Internet Source	1%
7	repository.its.ac.id Internet Source	1%
8	jurnal.ugm.ac.id Internet Source	1%

asnug1125.wordpress.com

LOG BOOK : BIMBINGAN PRA SIDANG TESIS








Nama : Agus Fahrudin

NIM : 20601700002

Judul Tesis : Determinasi Produksi Lfg Pilsa Jatibarang Menggunakan Metode Fuzzy
Analytical Hierarchy Process

Pembimbing 1 : Dr. Ir. H. Muhammad Haddin, MT

Pembimbing 2 : Arief Marwanto, ST., M.Eng, Ph.D

NO	TANGGAL	CATATAN / URAIAN KEGIATAN	PARAF DOSEN
1	10/10/2020	Pengajuan proposal thesis	
2	24/10/2020	Revisi penulisan proposal	
3	21/11/2020	Revisi seminar proposal Pemilihan judul	
4	12/12/2020	Pengajuan Bab 1 Revisi latar belakang dan tujuan thesis	
5	9/1/2021	Pengajuan bab 2 Revisi penulisan referensi, penulisan penelitian terdahulu mengenai produksi landfill gas Revisi keterangan gambar dan tabel	
6	30/1/2021	Pengajuan bab 3 Revisi model penelitian dan flowchat penelitian Penulisan laporan hasil data lapangan Fuzzifikasi matlab	
7	13/2/2021	Pengajuan bab 4 Revisi hasil peramalan menggunakan moving average Komparasi data lapangan dengan data hasil matlab Fuzzifikasi dan akurasi hasil perhitungan matlab Perumusan Fuzzy AHP serta pengambilan bobot global	
8	6/3/2021	Pengajuan bab 5 Revisi kesimpulan diselaraskan dengan tujuan latar belakang	

LOG BOOK : BIMBINGAN PRA SIDANG TESIS








Nama : Agus Fahrudin

NIM : 20601700002

Judul Tesis : Determinasi Produksi LFG PLTSA Jatibarang Menggunakan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process

Pembimbing 1 : Dr.Ir.H.Muhammad Haddin, MT

Pembimbing 2 : Arief Marwanto,ST., M.Eng, Ph.D

NO	TANGGAL	CATATAN / URAIAN KEGIATAN	PARAF DOSEN
1	10/10/2020	Pengajuan proposal thesis	
2	24/10/2020	Revisi penulisan proposal	
3	21/11/2020	Revisi seminar proposal Pemilihan judul	
4	12/12/2020	Pengajuan Bab 1 Revisi latar belakang dan tujuan thesis	
5	9/1/2021	Pengajuan bab 2 Revisi penulisan referensi, penulisan penelitian terdahulu mengenai produksi landfill gas Revisi keterangan gambar dan tabel	
6	30/1/2021	Pengajuan bab 3 Revisi model penelitian dan flowchart penelitian Penulisan laporan hasil data lapangan Fuzzifikasi matlab	
7	13/2/2021	Pengajuan bab 4 Revisi hasil peramalan menggunakan moving average Komparasi data lapangan dengan data hasil matlab Fuzzifikasi dan akurasi hasil perhitungan matlab Perumusan Fuzzy AHP serta pengambilan bobot global	
8	6/3/2021	Pengajuan bab 5 Revisi kesimpulan diselaraskan dengan tujuan latar belakang	