

Sistem Informasi Emisi Gas Rumah Kaca TPA Sampah Telaga Punggur

Yodi^a, Anshah Silmi Afifah^b, I Wayan Koko Suryawan^c

^a Universitas Universal, Komp. Vihara Duta Meitreyia, Batam, 29444, Indonesia

^b Universitas Universal, Komp. Vihara Duta Meitreyia, Batam, 29444, Indonesia

^c Universitas Universal, Komp. Vihara Duta Meitreyia, Batam, 29444, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 14 September 2019

Revisi Akhir: 24 September 2019

Diterbitkan Online: 30 September 2019

KATA KUNCI

Sistem Informasi
Landfill Gas
Gaussian Plume
Simulation

KORESPONDENSI

No HP: 081933664535

E-mail: yodi@uvers.ac.id

A B S T R A C T

Telaga Punggur Solid Waste Landfill has been operating since 1997 with an area of around 47 Ha. This landfill has actually replaced the landfill with a landfill control system, but in reality the field that is running is an open dumping system. To find out the amount of air pollution requires initial knowledge about pollutants that are very important for the anticipation, prevention and regulation of air emissions. One way to find out the emission distribution pattern is by using a comparison system using the online Gaussian Plume. Emissions by methane must be known because their effects can be felt 20-30 times greater than carbon dioxide. The results of this simulation can be used as a basis for making green belts in the landfill area. This regulates in SNI 03-3241-1994 on procedures for selecting the location of the final place of waste and PU Ministerial Regulation No. 19 of 2012 concerning guidelines for spatial planning of areas around the final place of waste requiring green belt areas in the landfill

1. PENDAHULUAN

TPA Sampah Telaga Punggur telah beroperasi sejak 1997 dengan luas sekitar 47 Ha. TPA Sampah ini sebetulnya direncanakan sebagai TPA dengan sistem control landfill, namun kenyataan di lapangan yang berjalan adalah sistem open dumping. Setiap harinya 700-800ton sampah diterima TPA Telaga Punggur dan pada TPA ini dihasilkan 25-30ton air lindi/hari [1]. Selain menghasilkan lindi dari proses anerob yang terjadi di dalam sampah dapat menghasilkan emisi udara. Emisi gas rumah kaca seperti karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitroksida (N₂O), dan chlorofluorocarbon (CFC) memiliki efek rumah kaca lebih besar daripada gas lainnya [2]. TPA merupakan salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca antropogenik karena TPA menghasilkan volume gas terutama karbondioksida dan metana selama dekomposisi limbah padat biodegradable [3]. Sistem pengumpulan landfill gas (LFG, CO₂ dan CH₄) adalah langkah yang efektif untuk mengurangi emisi metan dari TPA [4]. Efek emisi oleh metan dapat dirasakan 20-30 kali lebih besar dibanding dengan karbondioksida. Metan adalah salah satu dari gas rumah kaca yang terbesar kedua (Kyoto Protocol) setelah karbondioksida yang potensi pemanasan globalnya 28 kali lebih besar. Pemanfaatan LFG untuk keperluan energi mengharuskan udara harus bebas dari

inhibitor seperti sulfat, karbondioksida, amonium, natrium, kalium, kalsium, magnesium dan beberapa senyawa organik di TPA [5]. Efisiensi pengumpulan LFG berkisar antara 20% hingga 90%, tergantung pada tipe penutup, pengumpul lindi, dan densitas [6].

Penurunan emisi gas metan dan gas karbondioksida dapat terjadi karena reduksi disumber maupun di TPA. Sampah yang dihasilkan dari proses degradasi sampah dapat dihitung menggunakan metode segitiga yang diketahui reaksi kimia yang terdegradasi cepat dan lambat [7]. Berdasarkan koefisien mol yang didapatkan dari persamaan stokiometri, maka laju timbulan gas karbondioksida dan metan dapat dihitung dengan persamaan $C_xH_yO_zN + H_2O \rightarrow CH_4 + CO_2 + NH_3$. Komposisi sampah mempengaruhi rumus kimia sampah, sedangkan karakteristik tidak adanya informasi komposisi sampah menyebabkan susahnya memprediksi jumlah emisi udara di TPA.

Informasi jumlah pencemaran udara yang digunakan untuk mengetahui perilaku polutan dalamantisipasi, preventif dan regulasi terhadap polusi udara. Salah satu cara untuk mengetahui pola sebaran emisi udara adalah persamaan Gaussian Plume. Pemodelan dengan menggunakan Gaussian Plume ini, digunakan untuk menggambarkan pola sebaran dari konsentrasi karbondioksida dan metan. Konsentrasi maksimum dan jarak jangkauan sebaran konsentrasi dari karbondioksida dan metan dengan memvariasikan nilai faktor reduksi sampah. Adanya reduksi sampah dari sumber rumah tangga, TPST, bank sampah,

atau kegiatan komposting dapat menurunkan emisi dari LFG. LFG juga dapat dikurangi dengan adanya green belt atau area hijau yang ditanami berbagai pohon dengan luasan tertentu di sekitar TPA. Adanya green belt dapat menyerap karbondioksida dan metana. SNI 03-3241-1994 tentang tata cara pemilihan lokasi tempat pembuangan akhir sampah [8] serta PerMen PU no 19 tahun 2012 tentang pedoman penataan ruang kawasan sekitar tempat pemrosesan akhir sampah mewajibkan adanya area green belt pada TPA [9].

Persebaran emisi udara disebabkan oleh arah dan kecepatan angin. Emisi udara menyebar secara horizontal dan vertikal karena arah dan kecepatan angin. Kecepatan angin yang besar dapat menjadikan polutan mengalami pengenceran yang besar. Untuk mengukur kecepatan angin dan arah angin dapat digunakan anemometer. Stabilitas atmosfer mempengaruhi waktu difusi rata-rata insolasi sebagai parameter pengembangan, dengan kategori (A = sangat tidak stabil, B = tidak stabil menengah, C = sedikit tidak stabil, D = netral, E = agak stabil, F = stabil) yang berhubungan dengan kurva σ_y (kualitas plume lateral) dan σ_z (kualitas plume vertical). Gradien perubahan suhu udara akan berpengaruh sangat kuat terhadap kestabilan atmosfer. Pada proses dispersi stabilitas udara akan mempengaruhi tipe atau bentuk polutan ke daerah penerima. Kondisi topografi suatu wilayah akan mempengaruhi angin dan suhu udara di atasnya. Pengaruh topografi cukup rumit, sehingga perlu mengenali jenis pegunungan dengan kriterianya. Pada dasarnya perlu dibedakan antara puncak yang terisolasi, yaitu rangkaian pegunungan yang cukup besar untuk memodifikasi aliran udara ke atas maupun ke bawah, dan dataran tinggi yang membentuk penghalang utama untuk gerakan udara dan memiliki iklim sendiri.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai prediksi GRK berupa gas karbondioksida di TPA pernah dilakukan oleh Wibowo dkk [10] dengan judul analisis spasial dispersi karbondioksida TPA Talangagung menggunakan model gaussian dan aplikasi sistem informasi geografis. Penelitian yang dilakukan dengan memperkirakan emisi dengan aplikasi LandGEM kemudian dimodelkan dan diberikan kondisi eksisting pencemaran dengan pemberian sistem informasi grafis. Penelitian lain dilakukan untuk mengukur laju emisi gas metan, karbondioksida di TPA Pekanbaru tetapi tanpa dilakukan pemodelan sehingga tidak diketahui penyebaran emisi [11]. Sebaran tingkat kesadahan air sumur di wilayah Surabaya Barat dengan Sistem Informasi Geografis untuk mempermudah pemantauan yang pernah dilakukan Aribiyanto [12]. Sehingga sistem informasi geografis untuk pemantauan kualitas sangat diperlukan untuk upaya mitigasi atau pencegahan pencemaran. Handayani dkk [13] dapat memanfaatkan sistem informasi geografis jalan desa berbasis web karena pendataan kualitas jalan hanya dengan cara manual, mengakibatkan sulitnya pengumpulan data secara efisien, sehingga diperlukannya sebuah sistem digital untuk melakukan pendataan dengan lebih cepat. Maccachiera dkk [14] telah melakukan model pencemaran pada TPA berdasarkan keadaan atmosfer dengan persamaan gauss plume. Model gauss plume juga telah digunakan oleh Mohammed [15] dengan

memberikan informasi geografis berdasarkan kestabilan atmosfer serta variable biotik dan abiotik.

2.2 Model Simulasi

Model adalah suatu deskripsi atau analogi yang digunakan untuk membantu menggambarkan sesuatu yang tidak dapat diamati secara langsung [16]. Pada umumnya model didefinisikan sebagai suatu representasi sistem nyata. Sistem nyata adalah sistem yang sedang berlangsung di dunia nyata dan menjadi titik permasalahan yang sedang diteliti. Dengan demikian, pemodelan adalah proses membangun atau membentuk sebuah model dari suatu sistem nyata.

Simulasi merupakan sebuah tiruan dari sebuah system dinamis dengan menggunakan model komputer untuk melakukan evaluasi dan meningkatkan kinerja dari system yang ada, dengan model dan simulasi maka system akan lebih mudah dan menghasilkan output yang lebih baik [17]. Model simulasi merupakan salah satu bentuk model matematis yang bersifat deskriptif atau prediktif. Simulasi didefinisikan sebagai sekumpulan metode dan aplikasi untuk menirukan atau merepresentasikan perilaku dari suatu sistem nyata, yang biasanya dilakukan pada komputer dengan menggunakan perangkat lunak tertentu. Model Simulasi alternative terbaik untuk menggambarkan suatu sistem yang kompleks. Jadi dengan kata lain simulasi adalah untuk meniru situasi dunia nyata secara matematis, kemudian mempelajari sifat dan karakter operasionalnya, dan akhirnya membuat kesimpulan dan membuat keputusan berdasar hasil dari simulasi.

2.3 UML

Unified Modeling Language (UML) adalah himpunan struktur dan teknik untuk pemodelan desain program berorientasi objek (OOP) serta aplikasinya. UML adalah metodologi untuk mengembangkan sistem OOP dan sekelompok perangkat tool untuk mendukung pengembangan sistem tersebut. UML mulai diperkenalkan oleh Object Management Group, sebuah organisasi yang telah mengembangkan model, teknologi, dan standar OOP sejak tahun 1980-an. Sekarang UML sudah mulai banyak digunakan oleh para praktisi OOP. UML merupakan dasar bagi perangkat (*tool*) desain berorientasi objek dari IBM. Penggunaan UML dalam industri terus meningkat. Ini merupakan standar terbuka yang menjadikannya sebagai bahasa pemodelan yang umum dalam industri peranti lunak dan pengembangan sistem diagram sebagai berikut:

1. Use Case Diagram

Use case diagram digunakan untuk memodelkan semua bisnis proses berdasarkan perspektif pengguna sistem. Use case diagram terdiri atas diagram untuk use case dan actor. Actor merepresentasikan orang yang akan mengoperasikan atau orang yang berinteraksi dengan sistem aplikasi. Use case merepresentasikan operasi-operasi yang dilakukan oleh actor. Use case digambarkan berbentuk elips dengan nama operasi dituliskan di dalamnya. Actor yang melakukan operasi dihubungkan dengan garis lurus ke use case

2. Activity Diagram

Diagram aktivitas adalah bentuk visual dari alir kerja yang berisi aktivitas dan tindakan, yang juga dapat berisi pilihan, pengulangan, dan concurrency. Dalam Unified Modeling

Language, diagram aktivitas dibuat untuk menjelaskan aktivitas komputer maupun alur aktivitas dalam organisasi. Diagram aktivitas menggambarkan alur kontrol secara garis besar. Diagram aktivitas memiliki komponen dengan bentuk tertentu, dihubungkan dengan tanda panah. Panah mengarahkan urutan aktivitas terjadi, dari awal sampai akhir. Diagram aktivitas dapat dianggap sebagai jenis alir kerja.

3. Sequence Diagram

Sequence Diagram merupakan gabungan dari Diagram Class dan diagram Object yang memiliki suatu gambaran model statis. Namun ada juga yang bersifat dinamis, seperti Diagram Interaction. Diagram sequence merupakan salah satu diagram Interaction yang menjelaskan bagaimana suatu operasi itu dilakukan; message (pesan) apa yang dikirimkan dan kapan pelaksanaannya. Diagram ini diatur berdasarkan waktu. Objek-objek yang berkaitan dengan proses berjalannya operasi diurutkan dari kiri ke kanan berdasarkan waktu terjadinya dalam pesan yang terurut.

2.4 Persamaan Gaussian

Model Gaussian Plume sering digunakan dalam memodelkan dispersi polutan secara kontiniu dari permukaan atau dataran tinggi. Sehingga dispersi polutan ini memiliki distribusi probabilitas normal yang kurvanya berbentuk bel atau lonceng. Dalam melakukan analisis sebaran konsentrasi dengan Gaussian Plume dalam kondisi steady state yang persamaannya ditunjukkan pada gambar 2.

$$c(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2 - \left[\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2 + \left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right]\right]$$

Gambar 2. Persamaan Gaussian

Dalam penelitian yang dilakukan [19] menyatakan bahwa pencampuran ke arah vertikal yang tidak bagus disebabkan oleh atmosfer yang tidak stabil. Kejadian ini terjadi dikarenakan adanya insolasi yang cukup tinggi, sehingga memanasi permukaan bumi yang menyebabkan pemanasan pada lapisan udara bagian bawah. Atmosfer menjadi stabil pada waktu permukaan bumi lebih dingin daripada lapisan udara di atasnya, misalnya pada malam hari yang terang dan dingin. Lapisan udara di atasnya terdinginkan dan akibatnya tidak terjadi pencampuran ke arah vertikal. Parameter penyebaran stabilitas udara merupakan fungsi dari:

1. Stabilitas atau turbulensi atmosfer;
2. Jarak arah angin;
3. Tinggi dari permukaan tanah;
4. Kekasaran permukaan;
5. Waktu transport polutan; dan
6. Kecepatan angin.

Nilai stabilitas atmosfer merupakan fungsi dari stabilitas atmosfer (struktur turbulensi dan kecepatan angin) dan jarak dari sumber emisi. Stabilitas atmosfer diperkirakan berdasarkan kecepatan angin pada tinggi 10meter pada siang hari (insolasi) atau pada malam hari (tertutup awan) yang dapat pula diklasifikasikan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel kestabilan atmosfer

B	Siang hari pada musim panas yang cerah dengan ketinggian matahari > 60° di atas garis horizon.
C	Siang hari musim panas sedikit gumpalan awan, atau siang hari cerah dengan ketinggian matahari 35° – 60° celsius di atas horizon.
D	Siang hari menjelang sore, atau siang hari musim panas yang berawan, atau siang hari musim panas dengan sudut ketinggian matahari 15° – 35°
E	Keawanan didefinisikan sebagai fraksi dari penutupan langit oleh awan.

Berdasarkan kecepatan angin, instensitas cahaya matahari pada siang hari dan tutupan awan pada malam hari klasifikasi kestabilan atmosfer dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Klasifikasi kestabilan atmosfer berdasarkan kecepatan angin inensitas matahari dan tutupan awan

m/s	Mil/jam	Intensitas Matahari (Siang)			Tutupan Awan (Malam)	
		Kuat (sun>60°)	Sedang (sun35°-60°)	Rendah (15°<sun<35°)	>50 %	<50 %
<2	<5	A	A-B	B	E	F
2-3	5-7	A-B	B	C	E	F
3-5	7-11	B	B-C	C	D	E
5-6	11-13	C	C-D	D	D	D
>6	>13	C	D	D	D	D

Persamaan bahwa sekitar sesuai dengan kurva Pasquill-Gifford [18] digunakan untuk menghitung σy dan σz (dalam meter). Persamaan yang digunakan untuk menghitung σy. Dalam persamaan searah angin jarak x dalam kilometer, dan koefisien a, b c dan d yang tercantum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi σy dan σz Kestabilan Atmosfir

Klasifikasi dan Stabilitas Atmosfer Pasquill	Oy(m)	Oz(m)
Pedesaan (area terbuka)		
A	0.22x(1+0.0001x) ^{-1/2}	0.2x
B	0.16x(1+0.0001x) ^{-1/2}	0.12x
C	0.11x(1+0.0001x) ^{-1/2}	0.08x(1+0.0002x) ^{-1/2}
D	0.08x(1+0.0001x) ^{-1/2}	0.06x(1+0.0015x) ^{-1/2}
E	0.06x(1+0.0001x) ^{-1/2}	0.03x(1+0.0003x) ⁻¹
F	0.04x(1+0.0001x) ^{-1/2}	0.016x(1+0.0003x) ⁻¹
Perkotaan (area terbangun)		
A-B	0.32x(1+0.0004x) ^{-1/2}	0.24x(1+0.001x)
C	0.22x(1+0.0004x) ^{-1/2}	0.2x
D	0.16x(1+0.0004x) ^{-1/2}	0.14x(1+0.0003x) ^{-1/2}
E-F	0.11x(1+0.0004x) ^{-1/2}	0.08x(1+0.0015x) ^{-1/2}

3. METODOLOGI

Penelitian ini dimulai dengan penelitian pendahuluan dengan melakukan suvei timbulan dan komposisi sampah yang didasarkan pada SNI 19-3964-1999 yang dilakukan 7 hari berturut-turut. Timbulan sampah TPA Sampah Telaga Punggur didapatkan menurut data jembatan timbang Dinas Kebersihan

Kondisi	Keterangan
A	Kecepatan angin permukaan diukur pada ketinggian 10 meter di atas permukaan

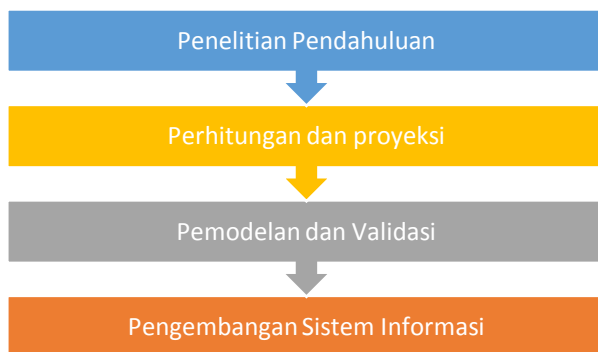
dan Pertamina Kota Batam. Selain berdasarkan data sekunder perkiraan timbulan sampah yang masuk ke TPA Sampah Telaga Punggur dapat diperkirakan melalui proyeksi penduduk. Proyeksi penduduk dapat menggunakan persamaan aritmatika, geometrik, atau eksponensial. Timbulan sampah yang dihasilkan sebuah kota menghasilkan komposisi sampah yang berbeda yang bergantung dengan jenis, taraf hidup, kepadatan, suhu, pendidikan, dan peraturan suatu daerah tersebut.

Komposisi sampah dapat diketahui melalui survei lapangan yang mengacu pada SNI 19-3964-199. Komposisi sampah yang dihitung adalah kertas, karton, sampah taman seperti daun, bunga, buah, tekstil, rubber, kulit, kayu, ranting dan akar. Reduksi sampah yang dihitung dari jumlah TPST dan bank sampah. Rumus kimia sampah didapatkan dari uji laboratorium untuk kadar C, H, dan O. Proyeksi timbulan sampah didasarkan pada proyeksi jumlah penduduk Kota Batam dan persentase pelayanan sampah.

Perhitungan emisi eksisting berdasarkan persamaan gauss dengan mempertimbangkan stabilitas atmosfer. Data komposisi tersebut menentukan besarnya gas yang rapid dan slowly decomposable. Laju pembentukan CO₂ dan CH₄ rapid dan slowly decomposable yang telah dihitung jumlahnya kemudian di petakan. Reduksi sampah disimulasikan untuk menentukan kuantitas emisi LFG dan pola penyebarannya. Luas green belt mempengaruhi area penyebaran emisi LFG, maka akan disimulasikan jika luas lahan green belt berkurang atau bertambah. Hasil dari perhitungan akan memberikan informasi pencemaran LFG disekitar TPA Telaga Punggur.

Kerangka Kerja

Kerangka kerja yang dilakukan dalam penelitian ini mengikuti alur pada gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Tahapan Pengembangan Sistem Informasi

Pada kerangka penelitian ada empat tahapan yang harus dilakukan yaitu:

Penelitian Pendahuluan: Pada tahapan ini dilakukan survei lokasi penelitian dimulai koordinat, fasilitas, keadaan fisik, dan lain lain. Kemudian dilakukan perijinan dan survei timbulan dan komposisi sampah 7 hari berturut turut sesuai dengan SNI 19-3964-199.

Perhitungan dan proyeksi: Pada tahapan ini ditentukan rumus kimia sampah berdasarkan rumus kimianya serta dilakukan proyeksi timbulan sampah berdasarkan data sekunder pertumbuhan penduduk Kota Batam.

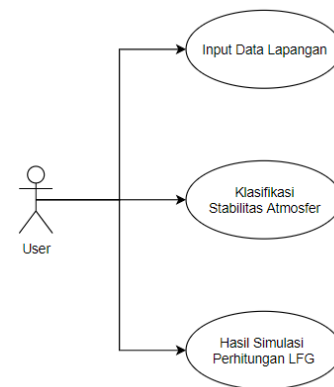
Pemodelan dan validasi: Pemodelan dilakukan dengan menggunakan persamaan matematis gauss dan pemberian model informasi simulasi grafis.

Pengembangan sistem informasi: Pembuatan informasi kualitas pencemaran LFG dari data pemodelan yang telah dilakukan pada tahapan sebelumnya.

Hasil akhir dari pengembangan system informasi ini adalah suatu system simulasi berbasis online dimana masyarakat dapat menggunakan system ini untuk mengetahui sejauh mana penyebaran gas karbon dan gas metan pada TPA telaga punggur.

2.5 Perancangan Model Sistem Informasi

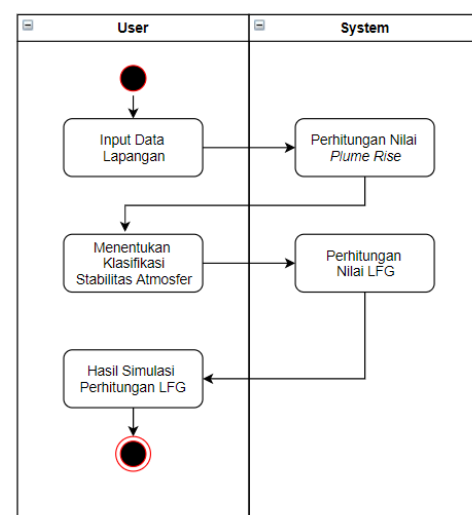
Setelah tahap analisis kebutuhan peneliti dapat menggambarkan model sistem untuk memvalidasi persyaratan bisnis untuk kelengkapan dan konsistensi. Fase desain logis menafsirkan persyaratan bisnis ke dalam model sistem berupa diagram UML untuk menunjukkan sistem independen dari solusi teknis. Hasil dari kebutuhan fungsional sistem informasi simulasi emisi rumah kaca akan di transformasikan ke dalam bentuk diagram use case yang digunakan untuk mengetahui perilaku dari user terhadap system. Rancangan use case diagram untuk system informasi ini dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Use case model

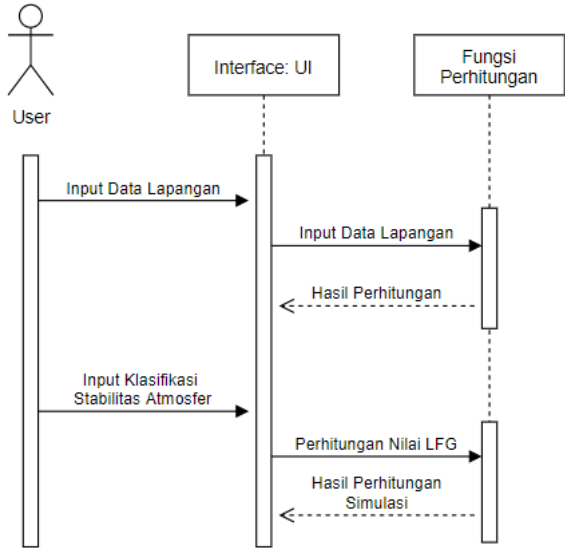
Pada use case diagram dijelaskan bahwa sistem informasi simulasi ini hanya menggunakan satu aktor yaitu user yang dapat menginputkan data, data tersebut kemudian disesuaikan dengan data lapangan yang telah diambil sebagai data awal simulasi. Setelah itu sistem akan memproses data menjadi hasil perhitungan LFG dalam bentuk grafik.

Setelah membuat diagram use case maka langkah selanjutnya adalah membuat desain activity diagram.



Gambar 3. Activity Diagram

Diagram aktivitas berisi aliran kerja dari sebuah sistem informasi yang dibuat. Saat user menginput data pada system, maka system secara otomatis akan menghitung nilai *plume rise* secara real time. Kemudian user menentukan kategori stabilitas atmosfer dan system akan menampilkan hasil perhitungan nilai LFG dalam bentuk grafik kepada user. Langkah desain selanjutnya adalah membuat sequence diagram yaitu aliran kerja dari sistem yang sesuai dengan pemrograman berorientasi obyek dimana terdapat interaksi antar kelas pada sistem.



Gambar 4. Sequence Diagram

Pada gambar 4 diatas menunjukkan class system yang berinteraksi dengan system yaitu class *user interface* dan class fungsi perhitungan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem informasi yang dirancang berbasis web sehingga dapat diakses oleh semua orang. Tampilan awal system informasi simulasi ini adalah meminta *user* untuk mengisi data sampel kedalam system yang nantinya akan di proses dengan Persamaan Gaussian dan data lapangan yang sudah dikumpulkan sebelumnya.



Gambar 5. User Interface Sistem Informasi Simulasi Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca Dari Karbondioksida Dan Metana TPA Sampah Telaga Punggur

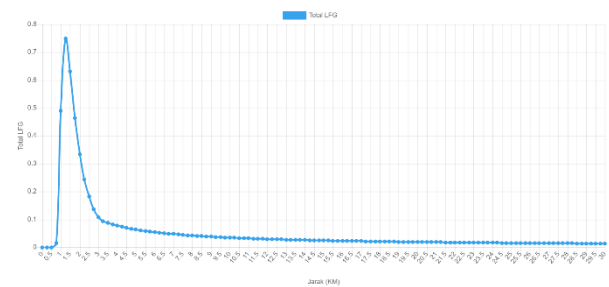
Pada halaman user interface tersebut user diminta untuk mengisi data yang akan disimulasikan. Seperti *landfill diameter*, *wind speed*, *atmosphere pressure*, *emission load* dan lain

sebagainya. Sebagai contoh berikut data yang akan digunakan untuk simulasi ini.

Tabel 4. Data Sampel Simulasi

Parameter	Symbol	Unit	Values
Emission Velocity Rate	vs	m/s	36,76
Landfill Diameter	ds	m	100
Wind Speed	v	m/s	6,73
Atmospheric Pressure	P	mbar	1013
Gas Temperature	Ts	K	776,53
Air Temperature	T	K	298,13
Landfill Height	hs	m	30
Emission Load	m	mg/s	8189,642592
Temperature Difference	ΔT	K	478,4
Plume Rise	Δh	m	828,4521046
Efective Stack Height	he	m	858,4521046
x Nearest Distance	x	km	0,25
x Difference Distance	Δx	km	0,25

Kemudian mengisikan kategori stabilitas atmosfer dengan kriteria A hingga F. Kestabilan atmosfer ini berpengaruh pada jarak sebaran gas metan dan karbondioksida. Jika stabilitas atmosfer pada skala A maka sebaran gas metana dari landfill akan membentuk pola seperti pada Gambar 6 yang menunjukkan penumpukkan konsentrasi gas metana yang tinggi pada rentang 1 hingga 3 km dengan konsentrasi tertinggi pada jarak 1,25 km dari TPA Telaga Punggur yaitu sebesar 0,75 (mg/m³). Penumpukkan ini dapat disebabkan oleh rendahnya kecepatan angin pada skala A yaitu dibawah 5 mil/jam sehingga pergerakan polutan relatif lebih kecil. Intensitas sinar matahari pada skala A adalah lebih dari 60 derajat sehingga menyebabkan suhu udara tinggi. Suhu udara yang tinggi akan meningkatkan produksi emisi gas hidrokarbon termasuk gas metana.



Gambar 6. Hasil Simulasi dengan stabilitas atmosfer dengan Skala A

Jika stabilitas atmosfer berada pada skala B dimana kecepatan angin diantara 5-7 mil/jam, pada siang hari musim panas yang cerah dengan ketinggian matahari > 60° di atas garis horizon maka persebaran gas metana lebih jauh daripada skala A karena kecepatan angin sedikit lebih tinggi yang menyebabkan pergerakan polutan sedikit lebih besar. Selain itu, pergerakan polutan yang lebih besar daripada kondisi atmosfer skala A memungkinkan terjadinya pengenceran konsentrasi gas metana di udara ambien sehingga konsentrasi tertinggi gas metana yang diperoleh adalah 0,275 (mg/m³) pada jarak 5 kilometer dari TPA Telaga punggur (Gambar 7).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh kementerian riset dan teknologi informasi hibah penelitian dosen pemula.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Efriningsih, L. Puspita and R. Ramses, "2016. Evaluasi kualitas lingkungan perairan pesisir di sekitar TPA Telaga Punggur Kota Batam berdasarkan struktur komunitas makrozoobenthos," *SIMBIOSA*, pp. 1-15, 2016.
- [2] A. Sari, A. Lando and A. Mustari, "Estimasi emisi metana (CH₄) dari TPA Tamangapa," Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, 2012.
- [3] IPCC, "Climate Change 2014; Mitigation of Climate Change. Cambridge," University Press, Cambridge, 2014.
- [4] R. Bian, D. Xin and C. Xiaoli, "Methane emissions from landfill: influence of vegetation and weather conditions," *Environmental Technology*, pp. 1-9, 2018.
- [5] E. Rada, M. Ragazzi, P. Stefani, M. Schiavon and V. Torretta, "Modelling the Potential Biogas Productivity Range from a MSW," *Sustainability*, vol. 7, pp. 482-495, 2015.
- [6] Y. Sun, Y. D., R. Li, T. Yang and S. Liu, "Assessing the performance of gas collection systems in select Chinese landfills according to the LandGEM model: drawbacks and potential direction," *Environ Technol.*, vol. 36, p. 2912–2918, 2015.
- [7] G. Tchobanoglous, H. Theisen and S. Vigil, *Integrated Solidwaste Management.*, New York: McGraw-Hill, 1993.
- [8] SNI03-3241-1994, *Tata Cara Pemilihan Lokasi TPA Sampah*, Jakarta: Direktur Penataan Ruang Nasional, 1994.
- [9] KementerianPU, *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 19/PRT/M/2012 Tentang pedoman penataan ruang kawasan sekitar tempat pemrosesan akhir sampah mewajibkan adanya area green belt pada TPA*, Jakarta, 2012.
- [10] I. Wibowo, J. Hemana and A. Assomadi, "Analisis spasial dispersi karbon dioksida TPA Talangagung menggunakan model gaussian dan aplikasi sistem informasi geografis," *Waste Management II*, pp. 281-292, 2014.
- [11] H. Rahmi, A. Sasmita and E. Yenie, "Analisis Produksi Gas Metana (CH₄) dan Karbon Dioksida (CO₂) dari Tempat Pembuangan Akhir Kota Pekanbaru," *Jom FTEKNIK*, vol. 4, pp. 1-8, 2017.
- [12] M. Aribiyanto, *Pemetaan tingkat kesadahan air sumur di wilayah Surabaya Barat berbasis aplikasi sistem informasi grafis (GIS)*, Surabaya: Universitas Airlangga, 2016.
- [13] L. Handayani, I. Piarsa and K. Wibawa, "Sistem Informasi Geografis Pemetaan Jalan Desa

Berbasis Web," *LONTAR KOMPUTER*, vol. 6, pp. 128-137, 2015.

- [14] F. Matarachiera, C. Manes, R. Beaven, T. Rees-White, F. Boano, J. Mønster and C. Scheutz, "AERMOD as a Gaussian dispersion model for planning tracer gas dispersion tests for landfill methane emission quantification," *Waste Management*, pp. 1-13, 2018.
- [15] M. Mohammed, "Air Dispersion Model for Prediction Fugitive Landfill Gaseous Emission Impact in Ambient Atmosphere," *Environmental and Ecological Engineering*, vol. 10, pp. 810-816, 2016.
- [16] Merriam-Webster's Collegiate Dictionary, 2005
- [17] R. A. Mahessya, R. Pramana, Gushelmi, and Ikhsan, "Penerapan Queueing Theory Pada Sistem Antrian," *J. Sains dan Inform.*, pp. 9–16, 2017.
- [18] F. Pasquill, "The Estimation of the Dispersion of Wind," *Borne Material, Met. Mag.*, vol. 90:1063, pp. 33-49., 1961
- [19] D. Witono, *Tesis: Karakteristik Pencemaran Udara di PLTGU UJB-I Tambak Lorok Semarang (Studi Kasus Pencemaran SO₂ dan Partikel Debu)*, Semarang: Universitas Diponegoro, 2003

BIODATA PENULIS



Yodi

Dosen fakultas komputer program studi system informasi Universitas Universal.



Anshah Silmi Affiah

Dosen fakultas teknik program studi Teknik lingkungan.



I Wayan Koko Suryawan

Dosen fakultas teknik program studi Teknik lingkungan Universitas Universal.