

MODEL MATEMATIS *MONOD TYPE KINETIC* UNTUK MENGANALISIS PRODUKTIVITAS BIOGAS PADA BIOREAKTOR LIMBAH RUMAH TANGGA

KINETIC TYPE MONODIC MATHEMATICAL MODEL TO ANALYZE BIOGAS PRODUCTIVITY IN HOUSEHOLD WASTE BIOREACTOR

RAHMA MIYATI¹, RIRI SYAFITRI LUBIS², DEDY JULIANDRI PANJAITAN³

^{1,2,3}Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri, Sumatera Utara, Medan Indonesia
Jl. Lap. Golf, Kp. Tengah, Kec. Pancur Batu, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara 20353
email:

¹*Corresponding Author: ¹rahmamiyati@gmail.com,
²riri_syafitri@uinsu.ac.id, ³dedyjuliandri@umnaw.ac.id

Article Info	ABSTRACT
<p>Article history: Received May 13, 2026 Revised May 24, 2026 Accepted May 30, 2026</p> <p>Keywords: <i>model,</i> <i>matematis,</i> <i>monod type kinetic,</i> <i>biogas,</i> <i>bioreaktor</i></p>	<p>Biogas is gas produced from biochemical processes in the form of biomass decomposition which can be used as an energy source. Biogas has great opportunities for development. Input materials for biogas production are centralized and their availability is guaranteed continuously because they are easy to obtain. The alternative experimental design in this research using a kinetic type monod is expected to be able to find the optimal input path. The Monod Type Kinetic model involves a logistic growth model. From the model results, the process of determining fixed points is carried out, analyzing the stability of each fixed point and carrying out numerical simulations at one of the fixed points. The simulation aims to show that the model has stability in the form of stable nodes and stable spirals. The aim of this research is to determine biogas productivity in household waste bioreactors and to implement a monod type kinetic mathematical model on biogas productivity in household waste bioreactors. The results of this research show that biogas productivity in household waste bioreactors in the last two months in Medan City resulted in microbial growth (fg/h) in the bioreactor space following a polynomial equation with a level of agreement between variables R² of 0.3128. The implementation of the monod type kinetic mathematical model on biogas productivity in household waste bioreactors in the city of Medan was carried out by calculating the microbial growth rate based on biogas productivity and then determining the growth rate based on simulation, thereby providing a microbial growth rate model so that microbial growth rates could be seen.</p>

Copyright©2026 The Author(s). Published by LPPM Universitas Labuhanbatu. This is an open-access article under the [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License \(CC BY - NC - SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berkembang yang berpotensi terhadap perkembangan energi terbarukan, salah satunya adalah bioenergi [1]. Teknologi biogas telah berkembang sejak lama, namun aplikasinya sebagai sumber energi alternatif belum berkembang secara luas [2]. SNV di bidang energi terbarukan seperti biogas di negara-negara berkembang khususnya wilayah Asia-Afrika [3], sedangkan Hivos adalah sebuah organisasi yang khusus memberikan subsidi pada proses pengembangan teknologi terbarukan. Biogas terbentuk karena adanya proses Perombakan material organik kompleks yang tersedia pada suatu bahan oleh aktivitas bakteri pada Kondisi tanpa adanya oksigen [4]. Yang harus diperhatikan pada saat proses produksi biogas adalah sumber bahan baku atau limbah yang digunakan karena kualitas dan kuantitas biogas yang dihasilkan akan sangat berpengaruh [5].

Penelitian yang akan dilakukan meliputi penentuan produktivitas biogas dan efektifitas bioreaktor dalam menghasilkan biogas dengan bahan baku kotoran sapi menggunakan model matematis *monod type kinetic* berdasarkan *gap research*, penentuan analisis jumlah mikroba dan laju pertumbuhan mikroba terhadap waktu yang berpengaruh pada jumlah dan kualitas biogas yang akan dihasilkan, juga mengetahui keadaan optimum suatu bioreaktor berdasarkan parameter dan variabel yang mempengaruhi produksi biogas mengacu pada penelitian [6]. Desain eksperimental alternatif pada penelitian ini menggunakan *monod type kinetic* diharapkan dapat untuk menemukan lintasan input yang optimal. Input tersebut kemudian digunakan untuk estimasi parameter dalam model [7].

Model *Monod Type Kinetic* melibatkan model pertumbuhan logistik dari hasil model dilakukan proses penentuan titik tetap, menganalisis kestabilan dari setiap titik tetap dan melakukan simulasi numerik pada salah satu titik tetap [8]. Model kinetika digunakan untuk menghitung konstanta laju reaksi dan parameter Arrhenius yang diperlukan dalam analisis serta perancangan proses produksi biogas [9]. Simulasi tersebut bertujuan untuk memperlihatkan bahwa model memiliki kestabilan yang bersifat simpul stabil dan spiral stabil [10]. Beberapa faktor kelebihan dan kekurangan mempengaruhi perhitungan model *Monod Type Kinetic* yaitu cahaya, karbon dioksida, air dan garam anorganik. Namun pada penelitian ini, perbandingan antara berbagai jenis lintasan input berupa cahaya dan faktor pengenceran (*dilution*) akan dibahas lebih lanjut hubungannya dengan parameter pertumbuhan alga. Parameter pertumbuhan mikroba mempengaruhi pertumbuhan. Sehingga model yang menggambarkan pertumbuhan mikroba dan ekspresi kinetik sangat diperlukan [11].

Dari penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan memiliki perbedaan pada studi lapangan yang diteliti sehingga penelitian sebelumnya menjadi referensi untuk penelitian yang peneliti lakukan mengenai peningkatan produktivitas biogas. Maka dengan itu peneliti memilih judul "Model Matematis *Monod Type Kinetic* Untuk Menganalisis Produktivitas Biogas Pada Bioreaktor Limbah Rumah Tangga".

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian studi kasus. Studi kasus merupakan penyelidikan empiris yang menyelidiki fenomena kontemporer dalam konteks kehidupan nyata [12]. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data sekunder. Data sekunder adalah data yang Didapatkan secara tidak langsung melalui sebuah perantara [13]. Adapun data yang diperoleh dari bioreaktor penggunaan biogas dilakukan di Dinas Lingkungan Hidup Kota Medan.

Variabel- variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:

x_0 = total solid dalam biomasa sebelumnya

x = total solid dalam biomasa baru

Adapun prosedur penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data dari bioreaktor penggunaan biogas dilakukan di Dinas Lingkungan Hidup Kota Medan
2. Tahap pengolahan data menggunakan model matematis *monod type kinetic* dengan menyusun data, fase pertumbuhan lebih jelas pada logaritma natural yang diplotkan dengan waktu. Berikut Langkah-langkah penyelesaian model matematis *monod type kinetic*:

1. Tahap penyelesaian model matematis *monod type kinetic* dengan rumus :

Selama fasa pertumbuhan dan tahap kemuduran, laju pertumbuhan dapat di gambarkan dengan persamaan:

$$r_x = \mu x$$

Dimana:

r_x = laju volumetri biomasa ($kg\ m^{-3}s^{-1}$)

x = konsentrasi sel ($kg\ m^{-3}$)

μ = laju spesifik pertumbuhan (dimensi dari T^{-1})

jika μ konstan dan pada kondisi $x=x_0$ dan $t = 0$

$$x = x_0 e^{\mu t}$$

Lalu persamaan di logaritma kan, menjadi:

$$\ln x = \ln x_0 + \mu t$$

Plot $\ln x$ vs waktu memberikan hubungan garis lurus dengan slope sebesar μ , persamaan tersebut berlaku jika nilai μ tidak di ganti.

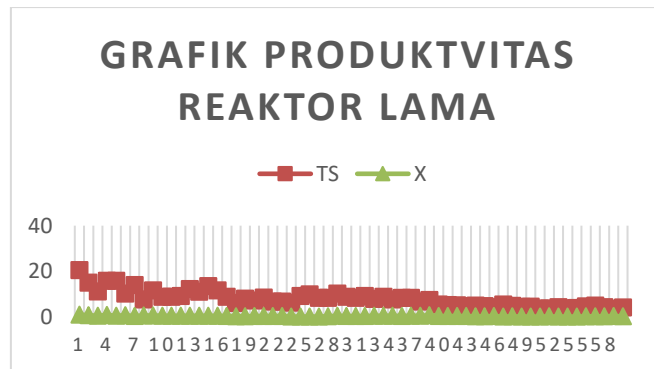
2. Menganalisa dan mengevaluasi hasil perhitungan data.
 - a. Tahap awal yang dilakukan adalah menyiapkan inokulum yang berasal dari IPAL (Instansi Pengolahan Air Limbah) Cemara, Medan.
 - b. Selanjutnya dilakukan seeding mikroorganisme di dalam toples dengan volume seeding 1/3 dari volume bioreaktor. Perbandingan inokulum terhadap substrat dengan perbandingan 1:1.
 - c. Sebelum digunakan, substrat dipotong terlebih dahulu, lalu dihaluskan menggunakan blender dan ditambahkan air.

- d. Feeding glukosa dilakukan pada hari ke-3, 6, dan 9.
 - e. Pada hari ke-10 dilakukan analisa MLSS untuk melihat apakah terjadi penambahan mikroorganisme.
 - f. Jika terjadi peningkatan, maka mikroorganisme bisa digunakan untuk tahap start-up.
 - g. Tahap start-up dilakukan di dalam bioreaktor. Sebelum memasuki bioreaktor, limbah kol dipotong menjadi ukuran 0,5-1 cm sedangkan limbah tomat dipotong dengan ukuran 2 cm, kemudian dihaluskan menggunakan blender.
 - h. Selanjutnya ditambahkan air sesuai konsentrasi yang diinginkan.
 - i. Mikroorganisme ditambahkan ke dalam mixer dengan perbandingan substrat terhadap mikroorganisme dengan perbandingan 2:1. Lakukan hal tersebut berulang kali hingga volume bioreaktor penuh.
3. Membuat kesimpulan.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Produksi Gas

Pengambilan data penggunaan gas dilakukan pada 2 reaktor, masing-masing reaktor lama dan baru ukuran 8 m³. Hal ini bertujuan untuk mengetahui tingkat produktivitas biogas berdasarkan perbedaan waktu penggunaan reaktor.

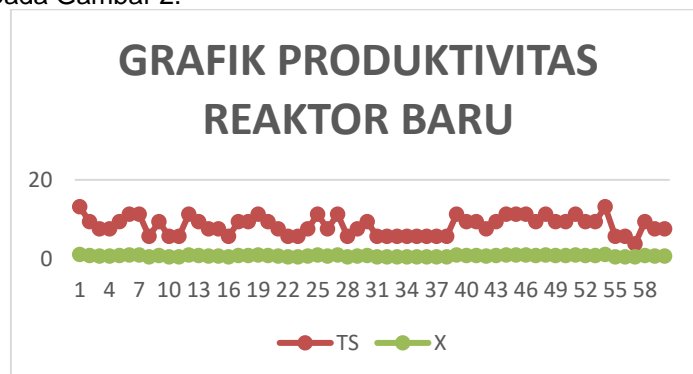


Gambar 1. Grafik Produktivitas Reaktor Lama

Berdasarkan Gambar 1., terdapat 2 sumbu y, sumbu y pertama (hijau) menginterpretasikan jumlah biogas dan sumbu y ke-2 (merah) menginterpretasikan jumlah total solid (TS) terhadap hari [t] (sumbu x). Parameter hasil pengukuran tersebut akan digunakan untuk menentukan pertumbuhan mikroba dalam reaktor dengan menggunakan monod kinetic dan untuk menentukan nilai efektifitas dalam reaktor.

Produktivitas biogas dalam waktu 60 hari terlihat fluktuatif, bahkan semakin lama semakin turun, hal ini disebabkan karena berkurangnya kandungan senyawa karbon dalam substrat yang berkorelasi dengan menurunnya kadar total solid dalam bioreaktor, sehingga mikroba pengurai mengalami kekurangan (defisit) makanan. Selain itu, dengan berjalannya waktu, pertumbuhan mikroba terhambat oleh akumulasi mineral [senyawa anorganik] dalam endapan substrat yang bersifat inhibitor [toksik] terhadap reaksi dekomposisi karbon menjadi gas metana.

Produktivitas biogas pada reaktor baru, digambarkan dalam grafik sesuai dengan parameter yang sama dengan bioreaktor lama pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Produktivitas Reaktor Baru

Untuk menentukan jumlah mikroba dan laju pertumbuhan mikroba, dilakukan pemodelan dengan *Monod Type Kinetic* menggunakan dengan input berupa total solid untuk menentukan laju pertumbuhan maksimum mikroorganisme (μ_m) dan koefisien kinetic (K) sehingga diperoleh hasil simulasi berupa data jumlah koloni mikroba.

Tabel 1. Efektivitas Mikroba di Bioreaktor Lama

Tanggal	Volume (m ³)	TS (kg/m ³)	Efektifitas
1 September 2023	6.6	20.625	1.000
2 September 2023	4.8	15.000	0.727
3 September 2023	3.6	11.250	0.545
4 September 2023	5.4	16.875	0.818
5 September 2023	5.4	16.875	0.818
6 September 2023	3.6	11.250	0.545
7 September 2023	4.8	15.000	0.727
8 September 2023	2.76	8.625	0.418
9 September 2023	3.72	11.625	0.564
10 September 2023	3.12	9.750	0.473
.	.	.	.
.	.	.	.
30 Oktober 2023	1.2	3.750	0.182

Tabel 2. Efektivitas Mikroba di Bioreaktor Baru

Tanggal	Volume (m ³)	Total Solid (kg/m ³)	Efektifitas
1 November 2023	4.2	13.125	1.000
2 November 2023	3	9.375	0.714
3 November 2023	2.4	7.500	0.571
4 November 2023	2.4	7.500	0.571
5 November 2023	3	9.375	0.714
6 November 2023	3.6	11.250	0.857
7 November 2023	3.6	11.250	0.857
8 November 2023	1.8	5.625	0.429
9 November 2023	3	9.375	0.714
10 November 2023	1.8	5.625	0.429
.	.	.	.
.	.	.	.
30 Desember 2023	1.8	5.625	0.429

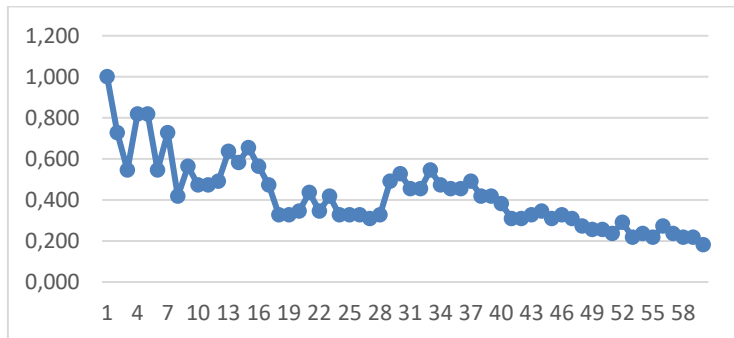
Selanjutnya menentukan laju pertumbuhan mikroba berdasarkan efektifitas total solid menggunakan rumus berikut :

$$\mu = \frac{\ln\left(\frac{X_{awal}}{X_{akhir}}\right)}{\Delta t}$$

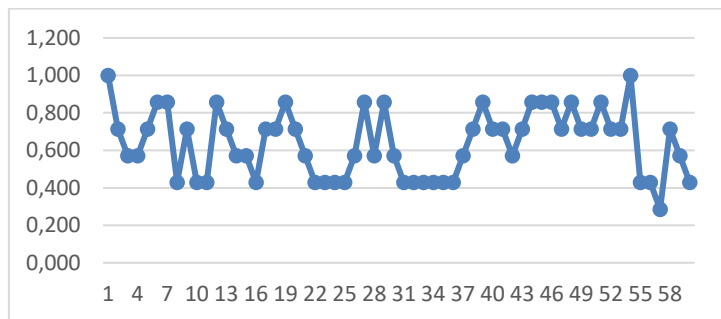
Karena yang akan ditentukan adalah μ_{max} , maka X yang digunakan adalah X_{awal} max dan X_{akhir} max pada waktu t .

$$\mu_{max} = \frac{\ln\left(\frac{X_{awal\ max}}{X_{akhir\ max}}\right)}{\Delta t\ max}$$

Untuk menentukan nilai max tersebut, dapat dilihat berdasarkan grafik pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Grafik Efektifitas Mikroba pada Bioreaktor Lama



Gambar 4. Grafik Efektifitas Mikroba di Bioreaktor Baru

X_{max} yang digunakan berdasarkan nilai X yang memiliki peningkatan signifikan berdasarkan grafik. Untuk menghitung laju pertumbuhan dapat dilakukan dengan menentukan selisih dari efektifitas total solid pada reaktor baru dengan reaktor lama .

$$\text{Laju Pertumbuhan} = E_2 - E_1$$

$$\text{Laju Pertumbuhan 1} = 1 - 1 = 0$$

$$\text{Laju Pertumbuhan 2} = 0,714 - 0,727 = -0,013, \text{ negatif artinya mengalami penurunan}$$

$$\text{Laju Pertumbuhan 3} = 0,571 - 0,545, \text{ positif artinya mengalami peningkatan}$$

$$\text{Laju Pertumbuhan 4} = 0,571 - 0,818 = -0,247$$

$$\text{Laju Pertumbuhan 5} = 0,714 - 0,818 = -0,104$$

$$\text{Laju Pertumbuhan 6} = 0,857 - 0,545 = 0,312$$

$$\text{Laju Pertumbuhan 7} = 0,857 - 0,727 = 0,130$$

$$\text{Laju Pertumbuhan 8} = 0,429 - 0,418 = 0,011$$

$$\text{Laju Pertumbuhan 9} = 0,714 - 0,564 = 0,150$$

$$\text{Laju Pertumbuhan 10} = 0,429 - 0,473 = -0,044$$

$$\text{Laju Pertumbuhan 11} = 0,429 - 0,473 = -0,044$$

$$\text{Laju Pertumbuhan 12} = 0,857 - 0,491 = 0,366$$

$$\text{Laju Pertumbuhan 13} = 0,714 - 0,636 - 0,078$$

$$\text{Laju Pertumbuhan 14} = 0,571 - 0,582 = -0,011$$

Dan seterusnya hingga hari ke 60.

Hasil perhitungan tersebut disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Laju Pertumbuhan Mikroba

Efektifitas Bioreaktor Lama	Efektifitas Bioreaktor Baru	Laju Pertumbuhan
1.000	1.000	0.000
0.727	0.714	-0.013
0.545	0.571	0.026
0.818	0.571	-0.247
0.818	0.714	-0.104

0.545	0.857	0.312
0.727	0.857	0.130
0.418	0.429	0.011
0.564	0.714	0.150
0.473	0.429	-0.044
0.473	0.429	-0.044
0.491	0.857	0.366
0.636	0.714	0.078
0.582	0.571	-0.011
0.655	0.571	-0.084
0.564	0.429	-0.135
0.473	0.714	0.241
0.327	0.714	0.387
0.327	0.857	0.530
0.345	0.714	0.369
0.436	0.571	0.135
0.345	0.429	0.084
0.418	0.429	0.011
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
0.182	0.429	0.247

Selanjutnya untuk menentukan X yang akan digunakan untuk menentukan μ , dilihat berdasarkan nilai perubahan atau selisih pada laju pertumbuhan menggunakan rumus berikut :

$$\text{perubahan} = x - x_0$$

$$\text{perubahan 1} = -0,013 - 0 = -0,013, \text{ negatif menunjukkan penurunan}$$

$$\text{perubahan 2} = 0,026 - (-0,013) = 0,273, \text{ positif menunjukkan peningkatan}$$

$$\text{perubahan 3} = -0,247 - 0,026 = 0,143$$

$$\text{perubahan 4} = -0,104 - (0,247) = 0,143$$

$$\text{perubahan 5} = 0,312 - (-0,104) = 0,146$$

$$\text{perubahan 6} = 0,130 - 0,312 = -0,182$$

$$\text{perubahan 7} = 0,011 - 0,130 = -0,119$$

$$\text{perubahan 8} = 0,150 - 0,011 = 0,139$$

$$\text{perubahan 9} = -0,044 - 0,150 = -0,194$$

$$\text{perubahan 10} = -0,044 - 0,044 = 0$$

$$\text{perubahan 11} = -0,044 - 0,366 = -0,288$$

$$\text{perubahan 12} = 0,078 - 0,366 = -0,089$$

Demikian seterusnya hingga hari ke 60.

Tabel 4. Perubahan (Δ Laju Pertumbuhan)

Hari ke-	Efektivitas Bioreaktor Lama	Efektivitas Bioreaktor Baru	Laju Pertumbuhan	Perubahan	Laju Pertumbuhan / Penurunan	Perubahan / penurunan
1	1.000	1.000	-4.094	0.000	-4.094	0,000
2	0.727	0.714	-4.076	0.022	-4.076	0.022
3	0.545	0.571	-4.140	-4.162	-4.140	-4.162
4	0.818	0.571	-3.734	-7.896	-3.734	-7.896
5	0.818	0.714	-2.949	-4.947	-2.949	-4.947
6	0.545	0.857	-4.546	-7.511	-4.546	-7.511
7	0.727	0.857	-4.258	-3.253	-4.258	-3.253
8	0.418	0.429	-4.120	-0.867	-1.120	-0.533
9	0.564	0.714	-4.330	-3.463	-4.330	-3.463
10	0.473	0.429	-3.996	-0.533	-3.996	-0.533
11	0.473	0.429	-3.996	-3.463	-3.996	-3.463

12	0.491	0.857	-4.651	-1.188	-4.651	-1.188
13	0.636	0.714	-4.210	-3.022	-4.210	-3.022
14	0.582	0.571	-1.772	-1.25	-1.772	-1.25
15	0.655	0.571	-3.820	-2.695	-3.820	-2.695
16	0.564	0.429	-3.820	-1.125	-3.820	-1.125
17	0.473	0.714	-3.996	-2.871	-3.996	-2.871
18	0.327	0.714	-4.875	-2.004	-4.875	-2.004
19	0.327	0.857	-5.057	-3.053	-5.057	-3.053
20	0.345	0.714	-4.821	-1.768	-4.821	-1.768
.
.
.
59	0.218	0.571	-5.037	-3.83	-5.037	-3.83
60	0.182	0.429	-4.951	-1.121	-4.951	-1.121

Karena ada beberapa hasil di laju pertumbuhan dan perubahan laju pertumbuhan yang memiliki nilai negatif, maka harus diubah ke positif semua untuk menentukan laju pertumbuhan pada simulasi menggunakan monod tipe kinetic, karena tanda hanya menunjukkan turun atau naiknya graif dan tidak berpengaruh ke nilainya. Rumus laju mikroba dengan monod tipe kinetic :

$$\mu = \frac{\ln\left(\frac{X_{awal}}{X_{akhir}}\right)}{\frac{\Delta t}{60}}$$

$$\mu = \left(\frac{\ln\left(\frac{0,013}{0,039}\right)}{60}\right)$$

$$\mu = -0,0183$$

$$\mu = \frac{\ln\left(\frac{X_{awal}}{X_{akhir}}\right)}{\frac{\Delta t}{60}}$$

$$\mu = \left(\frac{\ln\left(\frac{0,039}{0,273}\right)}{60}\right)$$

$$\mu = -0,0324$$

$$\mu = \frac{\ln\left(\frac{X_{awal}}{X_{akhir}}\right)}{\frac{\Delta t}{60}}$$

$$\mu = \left(\frac{\ln\left(\frac{0,273}{0,143}\right)}{60}\right)$$

$$\mu = 0,0107$$

$$\mu = \frac{\ln\left(\frac{X_{awal}}{X_{akhir}}\right)}{\frac{\Delta t}{60}}$$

$$\mu = \left(\frac{\ln\left(\frac{0,143}{0,416}\right)}{60}\right)$$

$$\mu = -0,0179$$

$$\mu = \frac{\ln\left(\frac{X_{awal}}{X_{akhir}}\right)}{\frac{\Delta t}{60}}$$

$$\mu = \left(\frac{\ln\left(\frac{0,416}{0,182}\right)}{60}\right)$$

$$\mu = 0,0137$$

$$\mu = \frac{\ln\left(\frac{X_{awal}}{X_{akhir}}\right)}{\Delta t}$$

$$\mu = \left(\frac{\ln\left(\frac{0,416}{0,182}\right)}{60}\right)$$

$$\mu = 0,0070$$

$$\mu = \frac{\ln\left(\frac{X_{awal}}{X_{akhir}}\right)}{\Delta t}$$

$$\mu = \left(\frac{\ln\left(\frac{0,182}{0,119}\right)}{60}\right)$$

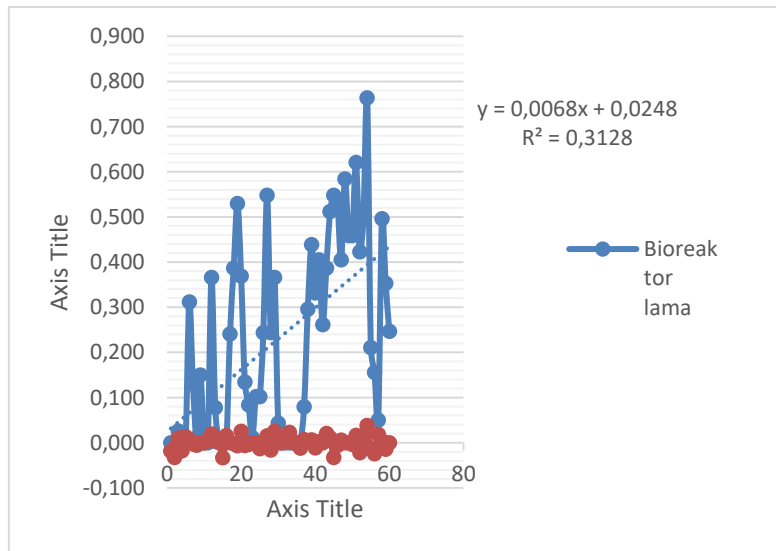
$$\mu = -0,0025$$

Demikian seterusnya hingga hari ke-60.

Tabel 5. Hasil Simulasi dengan Monod Tipe Kinetik

Hari ke-	Efektivitas Bioreaktor Lama	Efektivitas Bioreaktor Baru	Laju Pertumbuhan	Perubahan	Laju Pertumbuhan berdasarkan Simulasi (μ)
1	1.000	1.000	-4.094	0.000	-4.094
2	0.727	0.714	-4.076	0.022	-4.076
3	0.545	0.571	-4.140	-4.162	-4.140
4	0.818	0.571	-3.734	-7.896	-3.734
5	0.818	0.714	-2.949	-4.947	-2.949
6	0.545	0.857	-4.546	-7.511	-4.546
7	0.727	0.857	-4.258	-3.253	-4.258
8	0.418	0.429	-4.120	-0.867	-4.120
9	0.564	0.714	-4.330	-3.463	-4.330
10	0.473	0.429	-3.996	-0.533	-3.996
11	0.473	0.429	-3.996	-3.463	-3.996
12	0.491	0.857	-4.651	-1.188	-4.651
13	0.636	0.714	-4.210	-3.022	-4.210
14	0.582	0.571	-1.772	-1.25	-1.772
15	0.655	0.571	-3.820	-2.695	-3.820
16	0.564	0.429	-3.820	-1.125	-3.820
17	0.473	0.714	-3.996	-2.871	-3.996
18	0.327	0.714	-4.875	-2.004	-4.875
19	0.327	0.857	-5.057	-3.053	-5.057
20	0.345	0.714	-4.821	-1.768	-4.821
.
.
.
59	0.218	0.571	-5.037	-3.83	-5.037
60	0.182	0.429	-4.951	-1.121	-4.951

Jumlah mikroba dalam ruang bioreaktor hasil simulasi masing-masing hari selanjutnya digambarkan dalam grafik untuk mengetahui hubungan antara pertumbuhan mikroba (μ) terhadap hari (t). Persamaan regresi yang didapatkan, digunakan untuk validasi pertumbuhan mikroba dalam ruang reaktor sesuai literatur dengan mengetahui nilai koefisien determinasi (R^2).



Gambar 5. Laju Pertumbuhan Mikroba

Laju pertumbuhan mikroba (fg/h) dalam ruang bioreaktor mengikuti persamaan polinomial dengan tingkat kesesuaian antar variabel R^2 sebesar 0,3128, laju pertumbuhan dihitung berdasarkan jumlah mikroba yang didapatkan dari hasil simulasi (μ) pada perumusan monod kinetic selang waktu (t , 24 jam/hari), sehingga diperoleh nilai laju pertumbuhan mikroba dalam [fg/h] selama 60 hari masa pengukuran. Laju pertumbuhan mikroba mengalami peningkatan pada hari ke-3, 5, 6, 9, 11-14, 16-17, 20, 23, 26, 30, 32-33, 36, 38, 41, 43, 47, 51, 54, 57, 60.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa produktivitas biogas pada bioreaktor limbah rumah tangga pada dua bulan terakhir di Kota Medan menghasilkan pertumbuhan mikroba (fg/h) dalam ruang bioreaktor mengikuti persamaan polinomial dengan tingkat kesesuaian antar variabel R^2 sebesar 0,3128, laju pertumbuhan dihitung berdasarkan jumlah mikroba yang didapatkan dari hasil simulasi (μ) pada perumusan monod kinetic selang waktu (t , 24 jam/hari), sehingga diperoleh nilai laju pertumbuhan mikroba dalam [fg/h] selama 60 hari masa pengukuran. Laju pertumbuhan mikroba mengalami peningkatan pada hari ke-3, 5, 6, 9, 11-14, 16-17, 20, 23, 26, 30, 32-33, 36, 38, 41, 43, 47, 51, 54, 57, 60. Implementasi model matematis *monod type kinetic* pada produktivitas biogas pada bioreaktor limbah rumah tangga di Kota Medan dilakukan dengan menghitung laju pertumbuhan mikroba berdasarkan produktivitas biogas kemudian menentukan laju pertumbuhan berdasarkan simulasi, dengan hal itu memberikan model laju pertumbuhan mikroba sehingga dapat melihat peningkatan laju mikroba.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Kasus, P. Desain, and K. Peternakan, "Analisis Produktivitas Reaktor Biogas Tipe Kubah Tetap [Fixed Dome] Menggunakan Model Matematis Monod Type Kinetic," 2009.
- [2] S. A. B. A. A. L. Arokah, M. Ajalengka, and W. E. S. T. J. Ava, "Kajian Biogas Sebagai Sumber Pembangkit Tenaga Listrik Di Pesantren Saung Balong Al-Barokah ," vol. 02, no. 2, pp. 73–78, 2011, doi: 10.14203/j.mev.2011.v2.73-78.
- [3] M. Adhikari, L. P. Ghimire, Y. Kim, P. Aryal, and S. B. Khadka, "Identification and Analysis of Barriers against Electric Vehicle Use," pp. 1–20.
- [4] E. Mardawati, M. Zaim, A. Faruqy, and F. Wiyatna, "Produksi Biogas Co-digestion dari Kotoran Sapi , Limbah Buah Sayuran , dan Serasah Daun di Universitas Padjadjaran," vol. 2, no. 2, pp. 152–160, 2024.
- [5] P. Vilino, H. Sinaga, D. Suanggana, H. D. Haryono, P. Studi, and T. Mesin, "Analisis produksi biogas sebagai energi alternatif pada kompor biogas menggunakan campuran kotoran sapi dan ampas tahu," vol. 8, pp. 61–69, 2022.
- [6] R. Cox *et al.*, "Fermentative valorisation of xylose-rich hemicellulosic hydrolysates from agricultural waste residues for lactic acid production under non-sterile conditions," *Waste Manag.*, vol. 166, no. May, pp. 336–345, 2023, doi: 10.1016/j.wasman.2023.05.015.
- [7] J. H. A. Guillaume *et al.*, "Introductory Overview of Identifiability Analysis : a guide to evaluating whether you have the right type of data for your modeling purpose Highlights : Learning objectives : 1 Introduction : what is identifiability analysis ?," pp. 1–40.
- [8] M. M. Amirian, A. J. Irwin, Z. V Finkel, K. H. Halsey, and A. J. Irwin, "Extending the Monod model of microbial

- growth with memory,” no. December, pp. 1–12, 2022, doi: 10.3389/fmars.2022.963734.
- [9] A. Gaurav, C. T. Q. Mai, and F. T. T. Ng, “ScienceDirect A kinetic model for a single step biodiesel production from a high free fatty acid (FFA) biodiesel feedstock over a solid heteropolyacid catalyst,” vol. 4, pp. 328–341, 2019, doi: 10.1016/j.gee.2019.03.004.
- [10] M. B. Gaib, “Analisis Kestabilan Model Interaksi Predator-Prey Dengan Fungsi Respon Monod-Haldane Dan Perilaku Anti,” vol. 8, no. 2, pp. 51–59, 2020.
- [11] C. P. Latha, A. Jenifer, and T. Ramadevi, “A Review of Recent Developments in Modeling of Microbial Growth Kinetics and Intraparticle Phenomena in Solid State,” vol. 7, no. 8, pp. 91–97, 2018.
- [12] N. Yuningsih and R. S. Nuraeni, “Analisis Dampak Pendidikan Karakter Terhadap Perkembangan Sosial Dan Emosional Siswa,” *J. Pendidik. Guru Madrasah Ibtidaiyah*, vol. 2, no. 2, pp. 131–144, 2023, doi: 10.58344/jmi.v2i7.310.
- [13] R. Arvyanda, E. Fernandito, and P. Landung, “Analisis Pengaruh Perbedaan Bahasa dalam Komunikasi Antarmahasiswa,” vol. 1, 2023.