



Dampak Lama Proses Aerasi Terhadap Pembuatan Bio-Urine Sapi

The Impact of The Duration of The Aeration Process on The Production of Bio-Urine

Rambu Andiny Arista Imelda Eky, Yohanes Setiyo*, Gede Arda

Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia

ABSTRAK

Dampak negatif penggunaan pupuk kimia yang terus-menerus—seperti penurunan mikronutrien dan kerusakan sifat fisik tanah—mendorong perlunya pengembangan alternatif pupuk organik. Salah satu solusi berkelanjutan adalah pemanfaatan limbah urin sapi menjadi Pupuk Organik Cair (Bio-urine). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama proses aerasi terhadap produksi biourin dari urin sapi. Selama penelitian dilakukan pengamatan terhadap empat parameter utama yaitu TDS (Total Dissolved Solids), EC (Electrical Conductivity), pH (Derajat Keasaman), dan Suhu (Temperatur). Untuk menguji hipotesis penelitian, digunakan desain eksperimen Rancangan Acak Lengkap (RAL). RAL dipilih karena faktor perlakuan yang diuji hanya tunggal, yaitu lama waktu aerasi. Perlakuan yang diterapkan terdiri dari lima taraf waktu yang berbeda. Taraf-taraf perlakuan lama waktu aerasi tersebut meliputi 0 menit (sebagai kontrol), 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Temperatur fermentasi urin pada perlakuan p1 (Aerasi 0 menit sebagai kontrol), p2 (Aerasi 30 menit), p3 (Aerasi 60 menit), p4 (Aerasi 90 menit), dan p5 (Aerasi 120 menit). Titik puncak temperatur fermentasi dan gradien perubahan temperatur. Temperatur mengalami peningkatan pada perlakuan pengadukan nol menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit berturut-turut yaitu: 0 – 9,56 hari, 0 – 9,02 hari, 0 – 7,31 hari, 0 – 6,0 hari, dan 0 – 7,65. Sedangkan temperatur mengalami penurunan mulai hari ke 9,56; 9,02; 7,31; 6,0 dan 7,65. Penurunan pH yang diamati selama fermentasi disebabkan oleh penguraian bahan organik oleh mikroorganisme menjadi senyawa yang lebih sederhana. Ini termasuk asam organik. Akibatnya, pelepasan kation berkurang dan produksi asam meningkat, yang mengakibatkan penurunan pH. Laju peningkatan TDS dalam urin sapi fermentasi dengan perlakuan (P1, P2, P3, P4, dan P5) Pada semua perlakuan, hubungan antara waktu fermentasi dan nilai TDS bersifat linear, dengan nilai TDS meningkat seiring bertambahnya waktu fermentasi. Hasil ANOVA menunjukkan perbedaan nilai EC yang signifikan antar perlakuan (P1, P2, P3, P4, dan P5) selama fermentasi dan di akhir proses. Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa pengadukan selama 120 menit merupakan perlakuan terbaik untuk nilai EC. Perubahan nilai EC bio-urine berkaitan dengan proses fermentasi, perubahan pH, dan nilai TDS.

Kata Kunci: Bio-urine, Fermentasi, kualitas bio-urine, aerator, lama fermentasi

ABSTRACT

The negative impacts of the continuous use of chemical fertilizers—such as the reduction of micronutrients and damage to the physical properties of the soil—encourage the need to develop alternative organic fertilizers. One sustainable solution is the utilization of cow urine waste into Liquid Organic Fertilizer (Bio-urine). This study aims to determine the effect of the length of the aeration process on the production of bio-urine from cow urine. During the study, observations were made on four main parameters, namely TDS (Total Dissolved Solids), EC (Electrical Conductivity), pH (Degree of Acidity), and Temperature. To test the research hypothesis, a Completely Randomized Design (CRD) experimental design was used. CRA was chosen because the treatment factor tested was only a single one, namely the length of aeration time. The treatments applied consisted of five different time levels. The treatment levels of the length of aeration time included 0 minutes (as a control), 30 minutes, 60 minutes, 90 minutes, and 120 minutes. RAL was chosen because the treatment factor tested was only single, namely the length of aeration time. The applied treatment consisted of five different time levels. The treatment levels of the length of aeration time included 0 minutes (as a control), 30 minutes, 60 minutes, 90 minutes, and 120 minutes. The urine fermentation temperature in treatments p1 (Aeration 0 minutes as a control), p2 (Aeration 30 minutes), p3 (Aeration 60 minutes), p4 (Aeration 90 minutes), and p5 (Aeration 120 minutes). The peak point of fermentation temperature and the gradient of temperature changes. The temperature increased in the stirring

***Corresponding author:**

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia.

Email: yohanes@unud.ac.id

Masuk: 13 Agustus 2025;

Direvisi: 15 Agustus 2025;

Diterima: 30 Januari 2026;

Terbit: 30 April 2026

treatments of zero minutes, 30 minutes, 60 minutes, 90 minutes, and 120 minutes, respectively, namely: 0 - 9.56 days, 0 - 9.02 days, 0 - 7.31 days, 0 - 6.0 days, and 0 - 7.65. While the temperature decreased starting from day 9.56; 9.02; 7.31; 6.0 and 7.65. The observed decrease in pH during fermentation is caused by the decomposition of organic matter by microorganisms into simpler compounds, including organic acids. Consequently, cation release decreases and acid production increases, resulting in a decrease in pH. The rate of increase in TDS in fermented cow urine by treatment (P1, P2, P3, P4, and P5) was linear in all treatments, with TDS values increasing with increasing fermentation time. ANOVA results showed significant differences in EC values between treatments (P1, P2, P3, P4, and P5) during fermentation and at the end of the process. Duncan's test results indicated that stirring for 120 minutes was the best treatment for EC values. Changes in bio-urine EC values were related to the fermentation process, pH changes, and TDS values.

Keywords: Bio-urine, Fermentation, bio-urine quality, aerator, fermentation time

PENDAHULUAN

Salah satu dampak penggunaan pupuk sintetis secara terus-menerus oleh petani menimbulkan dampak negatif serius terhadap kualitas tanah pertanian. Salah satu konsekuensi utamanya adalah berkurangnya jumlah mikronutrien yang esensial untuk pertumbuhan tanaman dalam tanah. Situasi ini juga memicu perkembangan buruk pada karakteristik fisik tanah, seperti penurunan porositas, kapasitas menahan air, laju infiltrasi, dan kandungan oksigen. Selain itu, penggunaan pupuk dan bahan kimia sintetis menyebabkan penumpukan pestisida dan fungisida berbahaya di dalam tanah. Akumulasi dari semua konsekuensi negatif ini pada akhirnya menyebabkan terjadinya degradasi tanah yang parah dan berkepanjangan.

Menghadapi masalah degradasi tanah, diperlukan alternatif pupuk yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan untuk menggantikan pupuk sintetis. Urine sapi muncul sebagai salah satu bahan baku lokal yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan. Menurut Gunawan, Purwanti, & Nurlina (2017), pengolahan urine sapi yang tepat dapat meningkatkan manfaatnya sekaligus mengurangi polusi lingkungan dari limbah ternak. Melalui proses fermentasi, limbah urine ini dapat diubah menjadi Pupuk Organik Cair (POC) kaya nutrisi yang dikenal sebagai bio-urine. Pemanfaatan ini tidak hanya memberikan solusi bagi masalah lingkungan, tetapi juga membuka peluang bagi petani untuk mendapatkan sumber pendapatan tambahan (Nugraha et al., 2023).

Bio-urine didefinisikan sebagai pupuk organik cair yang dihasilkan dari fermentasi urin ternak, umumnya dilakukan dengan penambahan mikroorganisme lokal (MOL) atau bioaktivator (Saputro et al., 2021). Sebagai POC, bio-urine merupakan solusi pupuk organik yang dapat dihasilkan dengan memanfaatkan potensi lokal secara mudah dan terjangkau oleh petani. Komposisi bio-urine menyediakan unsur hara penting yang siap diserap oleh tanaman untuk menunjang proses metabolisme. Selain itu, bio-urine juga mengandung hormon pertumbuhan dalam produksi dan perkembangan jaringan tanaman (Ilhamiyah et al., 2021). Oleh karena itu, bio-urine sangat layak dijadikan pengganti pupuk kimia untuk meningkatkan hasil panen secara organik. Untuk meningkatkan kualitas bio-urine, proses fermentasi biasanya dipercepat dan ditingkatkan dengan penambahan bahan tertentu. Menurut Wahyu et al., (2023), penambahan molase (tetes tebu) berfungsi sebagai sumber nutrisi tambahan yang sangat efektif. Molase menyediakan glukosa yang merupakan sumber karbon mudah dicerna bagi mikroba yang berfungsi sebagai starter. Glukosa adalah sumber energi utama yang dibutuhkan untuk perkembangan dan pertumbuhan sel mikroba selama proses fermentasi.

Peningkatan aktivitas bakteri ini pada akhirnya akan mempengaruhi dan mempercepat laju fermentasi urine sapi menjadi bio-urine berkualitas tinggi. Potensi penggunaan urine sapi sebagai bio-urine didukung oleh volume dan komposisi nutrisinya yang kaya. Sapi dewasa memiliki kemampuan untuk menghasilkan urine dalam jumlah yang cukup besar, yaitu hingga 8 liter per hari. Kandungan nutrisi utama urine sapi mencakup makronutrien penting seperti Nitrogen (N) berkisar 1,4– 2,2%, Fosfor (P) 0,6–0,7%, dan Kalium (K) 1,6–2,1% (Ilhamiyah et al., 2021). Selain NPK, urine sapi juga mengandung mikronutrien penting seperti magnesium, kalsium, besi, dan tembaga yang dibutuhkan tanaman. Mengingat komposisi nutrisinya yang lengkap, urine sapi memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bio-urine. Potensi ini sangat relevan di Bali, di

mana setiap anggota kelompok Sistem Pertanian Terpadu (SIMANTRI) umumnya mengelola 15–20 sapi, dengan petani individu biasanya memelihara 2–4 sapi.

METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Alat dan Ergonomi, Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran. Kegiatan penelitian dilakukan selama bulan Januari 2025, yang meliputi tahap persiapan bahan dan alat, pelaksanaan fermentasi, pengambilan data, hingga analisis hasil penelitian.

Alat dan Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah urin sapi sebagai biomassa yang difermentasi menjadi bio-urine. Parameter yang diamati selama proses fermentasi meliputi Electrical Conductivity (EC), Total Dissolved Solids (TDS), pH, dan suhu. Bahan pendukung yang digunakan terdiri atas molase sebagai sumber karbon, bakteri nitrifikasi sebagai agen biologis fermentasi, serta pupuk urea sebagai sumber nitrogen untuk mendukung aktivitas mikroorganisme. Peralatan yang digunakan meliputi tiga unit tangki bioreaktor berkapasitas 60 L, aerator berdaya 60 Watt dengan kapasitas aerasi 45 L/menit, EC meter untuk mengukur daya hantar listrik ($\mu\text{S}/\text{cm}$ atau mS/cm), TDS meter untuk mengukur total padatan terlarut (ppm atau mg/L), termometer untuk pengukuran suhu ($^{\circ}\text{C}$), serta pH meter untuk pengukuran derajat keasaman dengan resolusi 0,01 pH dan akurasi $\pm 0,01$ pH.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan berdasarkan lama aerasi selama proses fermentasi biomassa urin sapi dalam sistem bioreaktor.

Perlakuan yang diberikan terdiri atas:

- P1 (kontrol): biomassa urin sapi tidak dialirkan dan tidak diaerasi (0 menit/hari);
- P2: biomassa dialirkan menggunakan pompa dan diaerasi selama 30 menit/hari;
- P3: biomassa dialirkan menggunakan pompa dan diaerasi selama 60 menit/hari;
- P4: biomassa dialirkan menggunakan pompa dan diaerasi selama 90 menit/hari;
- P5: biomassa dialirkan menggunakan pompa dan diaerasi selama 120 menit/hari.

Setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan, sehingga diperoleh 15 satuan percobaan. Pengamatan dilakukan terhadap perubahan parameter fermentasi berupa suhu, pH, TDS, dan EC untuk mengevaluasi pengaruh lama aerasi terhadap karakteristik bio-urine yang dihasilkan.

Prosedur Penelitian

Konstruksi Bioreaktor

Penelitian dilakukan menggunakan sistem bioreaktor aerobik tiga tangki yang dirancang untuk mendukung proses fermentasi urin sapi menjadi bio-urine. Tangki pertama dilengkapi dengan unit aerator internal berupa pompa aerator yang dihubungkan dengan pipa distribusi udara berdiameter $\frac{1}{2}$ inci untuk mensuplai oksigen sekaligus menghasilkan agitasi selama proses fermentasi berlangsung.

Pompa aerator yang digunakan memiliki spesifikasi daya 60 Watt, kapasitas aerasi 45 L/menit, dan tekanan kerja 0,038 MPa. Aliran udara yang dihasilkan berfungsi untuk meningkatkan kontak antara biomassa dan oksigen sehingga mempercepat aktivitas mikroorganisme selama proses fermentasi.

Biomassa yang digunakan berupa urin sapi yang telah melalui proses penyaringan untuk menghilangkan partikel pengotor. Sebelum fermentasi dimulai, dilakukan penambahan bahan pendukung berupa bakteri nitrifikasi sebanyak 5% (v/v), urea sebanyak 2% (b/v), dan molase sebanyak 2% (v/v) ke dalam biomassa. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam sistem bioreaktor sesuai perlakuan yang telah ditentukan.

Sirkulasi biomassa dilakukan secara kontinu, yaitu dari tangki 1 menuju tangki 2 dan dari tangki 2 menuju tangki 3 menggunakan aliran gravitasi, sedangkan aliran dari tangki 3 kembali ke tangki 1 dilakukan menggunakan bantuan pompa sirkulasi. Sistem ini bertujuan menjaga homogenitas biomassa selama proses fermentasi.

Fermentasi dilakukan selama 14 hari dengan pengamatan harian terhadap parameter proses. Sampel biomassa diambil sebanyak 20 mL dari fermentor dan dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL untuk dianalisis. Parameter yang diamati meliputi suhu, derajat keasaman (pH), Electrical Conductivity (EC), dan Total Dissolved Solid (TDS). Pengukuran dilakukan menggunakan termometer, pH meter, EC meter, dan TDS meter hingga pembacaan alat mencapai kondisi stabil.

Parameter Pengamatan

Total Dissolved Solid (TDS)

Total padatan terlarut (TDS) digunakan sebagai indikator perubahan kandungan zat terlarut selama fermentasi dan diukur menggunakan TDS meter. Nilai awal biomassa urin sapi pada seluruh perlakuan sebesar 1500 ppm. Setelah fermentasi berlangsung, diperoleh nilai TDS akhir berturut-turut sebesar 1823 ppm (0 menit), 3173 ppm (30 menit), 3982 ppm (60 menit), 4346 ppm (90 menit), dan 4831 ppm (120 menit). Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan lama aerasi cenderung meningkatkan nilai TDS. Perlakuan aerasi 120 menit menghasilkan nilai TDS tertinggi yang mengindikasikan proses dekomposisi dan pelarutan senyawa organik berlangsung lebih intensif sehingga menghasilkan bio-urine dengan kandungan padatan terlarut yang lebih tinggi.

Electrical Conductivity (EC)

Electrical Conductivity (EC) digunakan untuk menggambarkan kemampuan larutan dalam menghantarkan arus listrik yang dipengaruhi oleh konsentrasi ion terlarut. Pengukuran dilakukan menggunakan EC meter. Nilai awal EC pada seluruh perlakuan sebesar 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Setelah fermentasi, nilai EC meningkat menjadi 1960 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0 menit), 2231 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (30 menit), 2311 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (60 menit), 2435 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (90 menit), dan 2532 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (120 menit). Peningkatan nilai EC menunjukkan terjadinya pelepasan ion-ion terlarut selama fermentasi. Perlakuan aerasi 120 menit menghasilkan nilai EC tertinggi yang menunjukkan aktivitas fermentasi berlangsung lebih optimal.

Derajat Keasaman (pH) Bio-urine

Perubahan pH selama fermentasi diamati untuk mengetahui perubahan kondisi kimia biomassa akibat aktivitas mikroorganisme. Nilai pH akhir pada masing-masing perlakuan yaitu 7,32 (0 menit), 7,17 (30 menit), 7,30 (60 menit), dan 7,41 (90 menit). Peningkatan pH selama fermentasi menunjukkan terjadinya proses dekomposisi bahan organik dan pelepasan ion yang menyebabkan kondisi larutan menjadi lebih basa. Sementara itu, penurunan pH pada tahap akhir fermentasi dapat terjadi akibat pembentukan senyawa asam organik sebagai hasil metabolisme mikroorganisme.

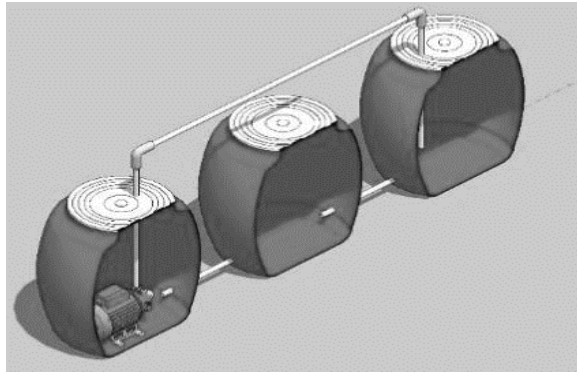
Suhu

Suhu merupakan parameter penting yang menunjukkan aktivitas metabolisme selama fermentasi. Peningkatan suhu terjadi ketika energi yang dihasilkan oleh aktivitas mikroorganisme lebih besar dibandingkan energi yang dilepaskan ke lingkungan. Sebaliknya, penurunan suhu menunjukkan bahwa laju pelepasan energi ke lingkungan lebih tinggi dibandingkan energi yang dihasilkan selama fermentasi. Selama penelitian berlangsung, suhu lingkungan tercatat rata-rata sebesar 26,2°C.

Analisis Data

Data hasil pengamatan berupa suhu, pH, TDS, dan EC dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati. Apabila hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan nyata antarperlakuan, maka dilakukan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) untuk menentukan perlakuan terbaik. Selain itu, data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik menggunakan Microsoft Excel serta dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi karakteristik dan kualitas proses fermentasi bio-urine pada masing-masing perlakuan.

Ilustrasi dan Desain 3 Dimensi Bioreaktor



Gambar 1. Desain Bioreaktor

HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu Reaksi Fermentasi Aerobik dalam Bioreaktor

Urin sapi mengandung berbagai unsur kimia yang berpotensi mendukung proses fermentasi dan pembentukan pupuk organik cair. Kandungan tersebut meliputi karbon (C), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), besi (Fe), aluminium (Al), tembaga (Cu), mangan (Mn), seng (Zn), boron (B), kobalt (Co), serta air dengan kisaran konsentrasi berturut-turut sebesar 10,86–10,93%; 0,92–1,00%; 500–515 ppm; 1500–1523 ppm; 775–786 ppm; 654–663 ppm; 254–261 ppm; 312–342 ppm; 231–239 ppm; 286–291 ppm; 456–459 ppm; 23,42–23,78 ppm; dan kadar air sebesar 95%. Selain itu, urin sapi juga mengandung senyawa organik seperti karbohidrat dan protein yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi aktivitas mikroorganisme selama fermentasi.

Karbohidrat berperan sebagai sumber energi karena tersusun atas gugus hidroksil yang mudah dimetabolisme, sedangkan protein yang tersusun dari rantai polipeptida dan asam amino berkontribusi terhadap ketersediaan nitrogen selama proses biologis berlangsung. Dengan karakteristik tersebut, urin sapi memiliki potensi untuk difermentasi secara aerobik menjadi bio-urine yang memiliki kandungan nutrisi lebih tersedia serta mengalami perubahan karakteristik fisik dan kimia selama proses fermentasi.

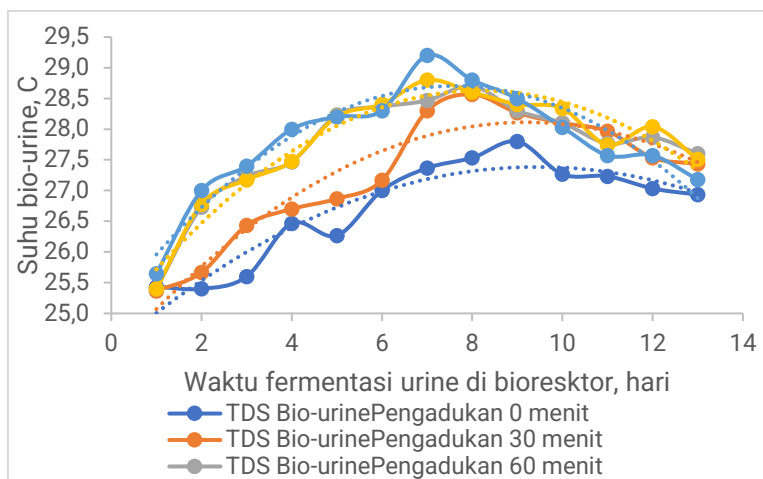
Fermentasi aerobik merupakan proses biokonversi yang melibatkan mikroorganisme dan ketersediaan oksigen untuk mengubah bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana sambil menghasilkan energi dalam bentuk panas. Energi yang dihasilkan selama proses fermentasi dimanfaatkan untuk meningkatkan suhu biomassa, mempercepat aktivitas metabolik mikroorganisme, serta meningkatkan penguapan air ke lingkungan.

Perubahan suhu selama fermentasi diamati pada lima perlakuan, yaitu A (pengadukan 0 menit), B (30 menit), C (60 menit), D (90 menit), dan E (120 menit) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 2, hubungan antara waktu fermentasi dan suhu bio-urine pada seluruh perlakuan menunjukkan pola kuadratik, yang mengindikasikan adanya fase peningkatan suhu hingga mencapai kondisi optimum, kemudian diikuti fase penurunan suhu.

Titik puncak suhu fermentasi dan gradien perubahan suhu ditunjukkan pada Tabel 1. Suhu mengalami peningkatan pada perlakuan pengadukan 0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit masing-masing hingga hari ke-9,56; 9,02; 7,31; 6,00; dan 7,65. Setelah mencapai titik tersebut, suhu mulai mengalami penurunan. Fenomena ini menunjukkan bahwa pada fase awal fermentasi, aktivitas mikroorganisme masih tinggi sehingga produksi energi panas meningkat. Namun, setelah mencapai titik optimum, ketersediaan substrat mulai menurun sehingga aktivitas mikroorganisme berkurang dan suhu cenderung turun menuju kondisi yang lebih stabil.

Secara umum, perlakuan dengan aerasi dan pengadukan menunjukkan kecenderungan mempercepat tercapainya suhu maksimum dibandingkan perlakuan tanpa pengadukan, yang

mengindikasikan bahwa suplai oksigen dan homogenisasi biomassa berpengaruh terhadap intensitas proses fermentasi aerobik.



Gambar 2. Persamaan hubungan waktu dengan suhu fermentasi bio-urine

Tabel 1. Persamaan Hubungan Waktu dengan Suhu Fermentasi Bio-urine

No Perlakuan	Persamaan	Titik Puncak (x,y)	Gradien (dy/dx)
1 Pengadukan 0 menit	$y = -0,0334x^2 + 0,631x + 24,406$	(9,56 ; 29,77)	$y' = -0,066x + 0,631$
2 Pengadukan 30 menit	$y = -0,0452x^2 + 0,8319x + 24,283$	(9,02 ; 28,10)	$y' = -0,090x + 0,832$
3 Pengadukan 60 menit	$y = -0,0563x^2 + 0,9217x + 24,852$	(7,31 ; 27,73)	$y' = -0,120x + 0,922$
4 Pengadukan 90 menit	$y = -0,0576x^2 + 0,9317x + 24,852$	(6,00 ; 21,92)	$y' = -0,150x + 0,931$
5 Pengadukan 120 menit	$y = -0,0629x^2 + 0,9566x + 25,064$	(7,65 ; 29,21)	$y' = -0,066x + 0,956$

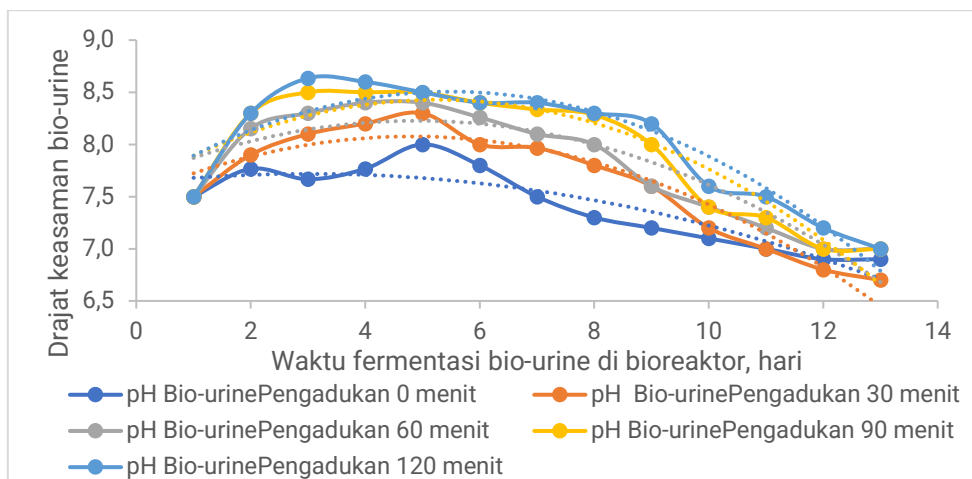
Kecepatan kenaikan suhu pada perlakuan A–E berturut-turut sebesar 0–0,631; 0–0,832; 0–0,631; 0–0,931; dan 0–0,956 °C/hari. Sedangkan laju penurunan suhu hingga hari ke-14 berturut-turut sebesar:

- 0–0,2 °C/hari
- 0–0,4 °C/hari
- 0–0,7 °C/hari
- 0–1,1 °C/hari
- 0–1,2 °C/hari

Kenaikan suhu terjadi karena energi yang dihasilkan fermentasi lebih besar daripada energi yang hilang ke lingkungan. Sebaliknya, penurunan suhu terjadi ketika energi yang dihasilkan lebih kecil daripada energi yang dilepaskan. Suhu lingkungan selama percobaan rata-rata sebesar 26,2°C.

Derajat Keasaman Bio-urine (pH)

Perubahan pH bio-urine selama fermentasi menunjukkan peningkatan signifikan pada hari keempat akibat proses demineralisasi unsur mikro seperti K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} , dan Al^+ . Kation-kation tersebut berikatan dengan asam hasil fermentasi sehingga meningkatkan pH biomassa. Penurunan pH selama fermentasi disebabkan oleh penguraian zat organik menjadi senyawa sederhana termasuk asam organik selama dekomposisi molase dan pematangan POC (Paramita, 2009). Fermentasi anaerob menghasilkan asam organik yang menurunkan pH, sedangkan pelepasan NH_3 juga terjadi selama proses (Ali et al., 2016).



Gambar 3. Persamaan hubungan waktu dengan ph bio-urin

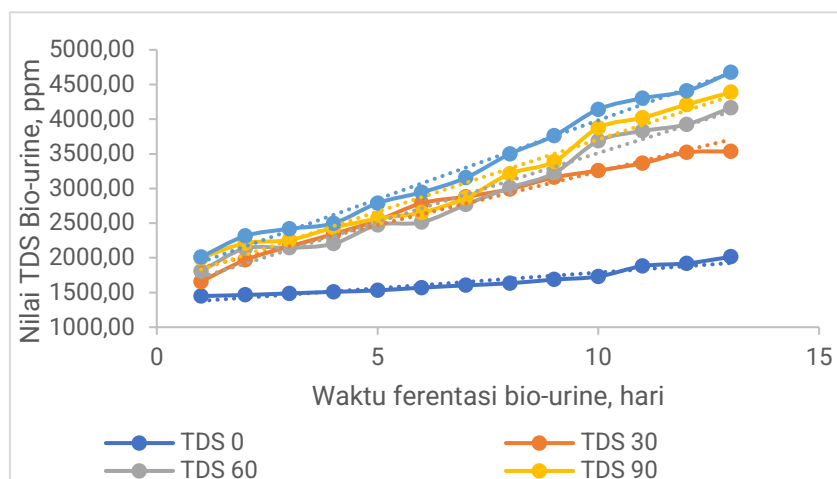
Tabel 2. Persamaan Hubungan Waktu dengan pH Bio-urine

No	Perlakuan	Persamaan	Gradien	Titik Puncak (x,y)
1	Pengadukan 0 menit	$y = -0,0101x^2 + 0,0603x + 7,6282$	$y' = -0,020x + 0,060$	(3,0 ; 7,7)
2	Pengadukan 30 menit	$y = -0,0235x^2 + 0,2302x + 7,6636$	$y' = -0,046x + 0,230$	(5,0 ; 12,3)
3	Pengadukan 60 menit	$y = -0,0243x^2 + 0,2340x + 7,5126$	$y' = -0,048x + 0,230$	(4,8 ; 8,1)
4	Pengadukan 90 menit	$y = -0,0296x^2 + 0,3109x + 7,6097$	$y' = -0,058x + 0,310$	(5,3 ; 8,4)
5	Pengadukan 120 menit	$y = -0,0304x^2 + 0,3341x + 7,5890$	$y' = -0,060x + 0,330$	(5,5 ; 8,5)

Hasil uji ANOVA ($\alpha = 5\%$) menunjukkan terdapat perbedaan signifikan antarperlakuan.

Total Padatan Terlarut (TDS)

Laju peningkatan Total Dissolved Solid (TDS) pada urin sapi yang difermentasi dengan perlakuan A (aerasi 0 menit), B (30 menit), C (60 menit), D (90 menit), dan E (120 menit) ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil menunjukkan bahwa hubungan antara waktu fermentasi dan nilai TDS pada seluruh perlakuan berpola linier, di mana nilai TDS meningkat seiring bertambahnya waktu fermentasi. Peningkatan ini menunjukkan terjadinya dekomposisi bahan organik menjadi senyawa terlarut selama proses fermentasi, dengan perlakuan aerasi yang lebih lama menghasilkan peningkatan TDS yang lebih tinggi.



Gambar 4. Persamaan hubungan waktu dengan nilai Tds bio-urine

Tabel 3. Persamaan Hubungan Waktu dengan Nilai TDS Bio-urine

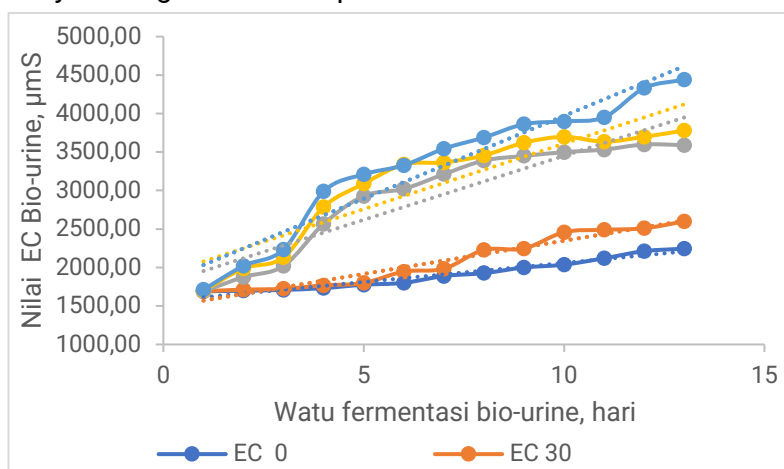
No	Perlakuan	Persamaan	Gradien	Kecepatan (ppm/hari)
1	Pengadukan 0 menit	$y = 45,528x + 1333,8$	45,5	45,5

No	Perlakuan	Persamaan	Gradien	Kecepatan (ppm/hari)
2	Pengadukan 30 menit	$y = 153,93x + 1705$	153,9	153,9
3	Pengadukan 60 menit	$y = 199,22x + 1519,7$	199,2	199,2
4	Pengadukan 90 menit	$y = 208,36x + 1624,6$	208,3	208,3
5	Pengadukan 120 menit	$y = 227,45x + 1709,2$	277,4	277,4

Hasil uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan nilai Total Dissolved Solid (TDS) yang signifikan antarperlakuan A (aerasi 0 menit), B (30 menit), C (60 menit), D (90 menit), dan E (120 menit) selama fermentasi maupun pada akhir proses. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa perlakuan aerasi 120 menit memberikan hasil terbaik terhadap peningkatan nilai TDS. Menurut Gwon dan Kim (2012), bioreaktor aerobik efektif digunakan dalam proses fermentasi biomassa untuk menghasilkan pupuk cair karena mampu mempercepat dekomposisi bahan organik dan pelepasan unsur terlarut. Peningkatan nilai TDS diduga terjadi akibat proses demineralisasi unsur mikro seperti K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} , dan Al^+ , serta penguraian senyawa organik menjadi mineral yang lebih sederhana selama fermentasi.

Konduktivitas Listrik (EC)

Variasi nilai Electrical Conductivity (EC) biomassa selama proses fermentasi digunakan sebagai salah satu indikator kandungan nutrisi dan konsentrasi ion terlarut dalam bahan fermentasi. Nilai EC dipengaruhi oleh keberadaan ion bermuatan positif dan negatif yang terlarut di dalam air (Marickar et al.). Perubahan nilai EC selama fermentasi aerobik pada perlakuan A (aerasi 0 menit), B (30 menit), C (60 menit), D (90 menit), dan E (120 menit) menunjukkan pola yang serupa dengan nilai TDS, yaitu berpola linier, di mana nilai EC meningkat seiring bertambahnya waktu fermentasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5. Peningkatan ini menunjukkan terjadinya pelepasan ion dan dekomposisi senyawa organik selama proses fermentasi.



Gambar 5. Persamaan Hubungan Waktu dengan nilai Ec Fermentasi Bio-urin

Tabel 4. Persamaan Hubungan Waktu dengan Nilai EC Bio-urine

No	Perlakuan	Persamaan	Gradien	Kecepatan ($\mu mS/hari$)
1	Pengadukan 0 menit	$y = 86,454x + 1483,5$	86,4	86,4
2	Pengadukan 30 menit	$y = 113,454x + 1483,5$	113,4	113,4
3	Pengadukan 60 menit	$y = 166,27x + 1787,7$	166,3	166,3
4	Pengadukan 90 menit	$y = 170,14x + 1907,7$	170,1	170,1
5	Pengadukan 120 menit	$y = 215,32x + 1816,7$	215,3	215,3

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian dengan konfigurasi tiga tangki 60 liter, sistem sirkulasi, dan fungsi monitoring parameter fermentasi (TDS, EC, pH, dan suhu) terbukti efektif dalam mengoptimalkan produksi biourine dari urin sapi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa fermentasi dengan perlakuan aerasi dan pengadukan selama 120 menit adalah kondisi terbaik. Kondisi optimal ini ditunjukkan oleh laju peningkatan TDS dan EC yang tertinggi, disertai kestabilan parameter pH dan suhu yang secara ideal mendukung aktivitas mikroba. Dengan demikian, proses dekomposisi unsur organik menjadi nutrisi terlarut dapat dicapai secara lebih cepat dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, A. J., & Wisuda, I. A. (2019). Pengaruh konsentrasi effective microorganism (EM4) dan lama fermentasi terhadap kualitas pupuk organik cair urin sapi. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 7(2), 118–123.
- Bogaerts, B., Vanholle, S., De Pril, R., & Meesschaert, B. (2021). A bioreactor and nutrient balancing approach for the conversion of solid organic fertilizers to liquid nitrate-rich fertilizers. *Journal of Environmental Management*, 296, 113164.
- Dinas Pertanian Kabupaten Buleleng. (2020, May 15). *Pemanfaatan urine sapi sebagai pupuk cair*.
- Fikri, T., Ariska, N. P. Y., & Syofiani, F. (2021). Pengaruh penambahan urea dan molase terhadap kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium pada pupuk organik cair urin sapi. *Jurnal Agro Unila*, 9(2), 226–235.
- Firdus, F., Fitri, L., Salim, M. N., & Fauziah, F. (2024). Biofermentasi urine sapi menjadi pupuk organik cair di kelompok usaha peternakan sapi masyarakat Desa Pasie Lamgarot, Kecamatan Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Pengabdian Pembangunan Pertanian dan Lingkungan (JP3L)*, 2(1), 10–14.
- Gunawan, B., Purwanti, S., & Nurlina, N. (2017). Peningkatan manfaat pupuk organik cair urine sapi. Dalam B. Gunawan (Ed.), *Peningkatan manfaat pupuk organik cair urine sapi: Teknologi tepat guna dalam upaya meningkatkan produk pertanian* (hlm. 7–18). JPM17 Universitas Merdeka Surabaya.
- Hidayah, N. N., Khairunnisa, K., & Suparman, S. (2023). Karakteristik mikroorganisme, pH dan unsur hara urin sapi perah di daerah Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 11(2), 52–60.
- Ilhamiyah, F. S., Aini, F. N., Wahyudi, I., & Nurhayati, T. (2021). Pemanfaatan limbah urine sapi sebagai pupuk organik cair (biourine). Dalam S. R. D. Saputro et al. (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Hasil Pengabdian Masyarakat Tahun 2021* (hlm. 111–118). Universitas Islam Lamongan.
- Koto, S. F. T., Fauzi, A. M., Widiastuti, I., Purnomo, A. W., & Hartuti, P. M. (2023). Performance of bubble column bioreactor to produce liquid organic fertilizer (LOF) from cow urine and slurry organic waste. *Jurnal Teknologi*, 85(4), 83–96.
- Kurniawan, K. (2018). Diseminasi teknologi fermentasi urin menggunakan mikroorganisme lokal (MoL) sebagai dekomposer alami. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 7(2), 11–15.
- Lestari, R., Junaidi, E., & Adrizal, A. (2022). Pengaruh konsentrasi effective microorganism (EM-4) dan lama fermentasi terhadap kualitas pupuk organik cair urin sapi. *Jurnal Agrotek Ummat*, 9(2), 346–357.
- Mudiarta, I. M., Setiyo, Y., & Widia, I. W. (2018). Study bioslurry of bio-slurry from cow manure fermentation process with addition molasses. *JITP Agrotechno*, 3(1), 277–283.

- Nugraha, W., Susila, I. M. R. T., Sastrawidana, A. I. G. S., & Pasek, I. G. A. (2023). Pemanfaatan limbah urine sapi sebagai bionutrisi (pupuk organik cair "biourine") untuk budidaya tanaman hortikultura dengan media hidroponik di Desa Senteluk, Kecamatan Batu Layar Kabupaten Lombok Barat. *Prosiding Seminar Nasional Gelar Wicara*, 1(1), 1–7.
- Nuraini, R., Yuniarti, Y., & Handoko, A. (2020). Optimasi fermentasi pupuk organik cair limbah urine sapi dengan penambahan molase dan urea. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*, 8(4), 570–580.
- Nuraini, Y., & Asgianingrum. (2017). Improving the quality of cattle biourin with the addition of biofertilizers and molasses and their effect on growth and productivity of pakchoy. *Journal of Indonesian Horticulture*, 8(3), 183–191.
- Pradhan, B., & Verma, S. K. (2018). Cow urine: A miraculous liquid in human health and agriculture. *International Journal of Chemical Studies*, 6(3), 2095–2101.
- Putra, D., Indrakusuma, R., & Handayani, W. (2021). Pemanfaatan urin sapi menjadi pupuk organik cair dengan penambahan nata de cassava. *Jurnal Inovasi Proses*, 6(1), 1–8.
- Putra, J. K. G., Setiyo, Y., & Sucipta, I. N. (2022). Impact of addition Nitrosomonas bacterial at cow urine fermentation to produce liquid organic fertilizer. *Jurnal BETA*, 10(1), 12–22.
- Rasyid, W. (2017). *Kandungan fosfor pupuk organik cair (POC) asal urin sapi dengan penambahan akar serai (Cymbopogon citratus)*.
- Rifqi, F. N., Yulianti, T. B., & Wiyanti, W. (2023). Pengaruh konsentrasi pupuk organik cair (POC) urin sapi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik. *Jurnal Agrotek*, 15(1), 32–41.
- Rosyidah, A., Sary, N. E., & Dhalla, Z. (2023). Peningkatan kualitas pupuk organik cair urin sapi dengan penambahan molase dan urea pada waktu fermentasi yang berbeda. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(1), 1–8.
- Saputro, D. D., Burhan, R. W., & Yuni, W. (2021). Pembuatan pupuk organik cair dari urine sapi dengan variasi jenis bioaktivator. *Jurnal Teknik Kimia Vokasional (JIMSI)*, 1(2), 60–64.
- Sari, I. F., Zulkifli, H., & Yuliani, R. (2019). Optimalisasi proses fermentasi urin sapi. *Jurnal Rekayasa Proses*, 13(2), 153–158.
- Septiani, I., Astuti, M., & Khaswarina, S. (2020). Peningkatan kualitas pupuk organik cair dari urin sapi melalui proses aerasi dan penambahan bahan organik. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 19(2), 127–136.
- Singh, S., Kumar, R., & Kumar, S. (2018). A review on medicinal and agricultural utility of cow urine. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(6), 1133–1138.
- Wahyu, R. A., Kamaliyah, S. N., & Fadli, M. (2023). Pengaruh level EM4 dan molases dalam pembuatan pupuk cair organik berbasis urine sapi. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 11(3), 336–343.