

JUDUL : Rancang Bangun Sistem Pengaduk Dan Pembuat Pupuk Cair Limbah Kelapa Sawit Dan Nanas Otomatis Dengan Metode Aerob, Semi Aerob, Anaerob

- **SUBMISSION PAPER (19 Desember 2018)**
- **REVISI (13 Oktober 2019)**
- **ACCEPTED SUBMISSION (4 November 2019)**
- **TERBIT (Desember 2019)**

Terlampir

- 1. Screenshoot coresponding**
- 2. Email Editor ke- penulis dan sebaliknya**
- 3. Naskah revisi dan koreksi**
- 4. Informasi Accepted**

Rencana jurnal

5 pesan

Mareli Telaumbanua <marelitelaumbanua@gmail.com>
Kepada: DERMIYATI 1963 <dermiyati.1963@fp.unila.ac.id>

5 November 2018 13.03

Berikut rencana jurnalnya bu,, masih belum rapih,,, tp nnti bisa saya rapihkan dan lengkapi kembali

 **RENCANA JURNAL 1.docx**
1497K

Mareli Telaumbanua <marelitelaumbanua@gmail.com>
Kepada: DERMIYATI 1963 <dermiyati.1963@fp.unila.ac.id>

5 November 2018 18.17

[Kutipan teks disembunyikan]

 **Rencana Bab V.docx**
486K

Mareli Telaumbanua <marelitelaumbanua@gmail.com>
Kepada: ridhonur39@gmail.com

12 November 2018 17.20

 **RENCANA JURNAL 1.docx**
1497K

Mareli Telaumbanua <marelitelaumbanua@gmail.com>
Kepada: Cicih Sugianti <cicisugianti@gmail.com>

19 Desember 2018 17.38

----- Forwarded message -----

From: **Mareli Telaumbanua** <marelitelaumbanua@gmail.com>
Date: Sen, 12 Nov 2018 17:20
Subject: Fwd: Rencana jurnal
To: <ridhonur39@gmail.com>

 **RENCANA JURNAL 1.docx**
1497K

RANCANG BANGUN SISTEM PENGADUK DAN PEMBUAT PUPUK CAIR LIMBAH KELAPA SAWIT DAN NANAS OTOMATIS DENGAN METODE AEROB, SEMI AEROB, ANAEROB

Dermiyati¹, Radix Suharjo², Mareli Telaumbanua³

¹Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

²Jurusan Hama dan Penyakit Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

³Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

ABSTRAK

Di Indonesia, Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan rimpang nanas banyak melimpah sebagai hasil samping dari agroindustri nanas dan kelapa sawit. Meskipun limbah agroindustri ini merupakan sumber bahan organik berupa biomasa tropika yang memiliki potensi sebagai pupuk organik namun juga memiliki kendala dalam proses dekomposisinya karena belum tersedia starter (mikroba pengurai) yang sesuai sehingga dapat mengakibatkan permasalahan lingkungan. Tandan kosong kelapa sawit yang dibiarkan begitu saja dapat menjadi sumber hama dan penyakit bagi tanaman kelapa sawit. Demikian juga, rimpang nanas yang tumbuh liar dan menghasilkan tunas baru menjadi sulit untuk dikendalikan dan dapat mengganggu pertanaman nanas untuk produksi.

Sejauh ini belum ada penelitian tentang potensi Mikroorganisme Lokal (MOL) yang berasal dari tankos sawit dan rimpang nanas sebagai pupuk hayati yang mengandung unsur mikro-makro dan vitamin yang dibutuhkan oleh tanaman, serta starter (mikroba pengurai), zat pengatur tumbuh dan inhibitor untuk mengatasi permasalahan limbah tankos sawit dan rimpang nanas. Agar pengolahan limbah untuk mendapatkan pupuk hayati dapat maksimal, dapat menggunakan sistem pengolah limbah otomatis yang mampu melakukan variasi metode dalam pengolahannya

Sarana yang digunakan untuk mendapatkan pupuk hayati di atas adalah dengan memanfaatkan rancangan sistem yang mampu mengolah limbah hayati dengan tiga metode yaitu aerob, anaerob dan semi aerob secara otomatis dan lebih presisi. Alat ini mampu melakukan pengadukan secara otomatis selama proses dekomposisi bahan organik di dalamnya. Alat ini juga dilengkapi dengan sensor suhu yang mampu memperdiksi tinggi rendahnya proses dekomposisi bahan organik di dalam tangki. Melalui alat ini dapat diperolehnya pupuk cair terbaik dengan proses pengolahan yang lebih bervariasi.

Keyword : Limbah Agroindustri, Mikrokontroler , Sistem pengaduk, Suhu

Comment [T1]: Hanya nama bagian dari tumbuhan, bukan awal kalimat

Comment [T2]: Tulisan seperti "jeruk lokal" juga pada setiap awal kata tidak menggunakan huruf besar

Comment [T3]: Penggunaan istilah khusus harus didahului bersamaan dengan kepanjangannya

Comment [T4]: Penggambaran hasil rancangan belum memberikan deskripsi tingkat besarnya alat dari hasil penelitian, seperti dimensi dan kapasitas kerja alat dalam menghasilkan pupuk cair.

Comment [T5]: Dapat ditambahkan: Pembuat pupuk cair

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara pengekspor minyak kelapa sawit terbesar dengan jumlah dan nilai yang terus meningkat setiap tahunnya, yaitu sebesar 4.110,0 ribu ton dengan nilai 1.087,3 juta US\$ pada tahun 2009 menjadi 16.829,2 ribu ton dengan nilai 10.367,6 juta US\$ pada tahun 2013 (BPS 2018). Demikian pula, luas lahan dan produksi tanaman kelapa sawit dan nanas di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya. Perkebunan kelapa sawit memiliki luas areal sebesar 9,10 juta ha pada tahun 2010 dan meningkat pada tahun 2016 menjadi 11,9 juta ha dengan produksinya sebesar 33.229 ribu ton.

Demikian juga dengan perkebunan nanas yang produksinya mencapai 1.558 ribu ton tahun 2009 (BPS 2016). Dengan semakin meningkatnya luas areal pertanaman kelapa sawit dan nanas dari tahun ke tahun maka limbah yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Limbah tanaman perkebunan kelapa sawit dan nanas dibedakan menjadi limbah kebun dan limbah hasil pengolahan industri. Limbah hasil pengolahan nanas, seperti daun, kulit luar, mata dan hati (bonggol) telah dimanfaatkan melalui ekstraksi enzim bromelain (Ketnawa et al.2012), sebagai bahan baku berbiaya rendah untuk produksi etanol (Nigam 1999), antioksi dan fenolik, asam organik, biogas dan produksi serat. Khusus untuk tanaman kelapa sawit, salah satu jenis limbah yang berpotensi dimanfaatkan adalah berupa tandan kosong kelapa sawit (tankos sawit). Upaya pemanfaatan tandan kosong sebagai pupuk organik (Dermiyati, 2017; Widiastuti dan Tri-Panji 2007) dan media jamur merang (Triyono, 2016) telah dilakukan. Limbah pabrik pengolahan kelapa sawit telah digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap dan listrik untuk pabrik kelapa

sawit. Namun, hal ini mengakibatkan polusi lingkungan karena menghasilkan gas pembawa boiler dengan partikulat seperti tar dan tetesan jelaga 20-100 mikron dan debu sekitar 3000 sampai 4000 mg/nm (Igwe and Onyegbado, 2007) serta menyebabkan emisi metana masuk ke dalam atmosfer (ADB, 2008). Namun, yang menjadi kendala limbah kebun berupa tankos sawit dan rimpang atau sulur nanas. Tankos sawit mengandung selulosa dan lignin yang sulit untuk terurai.

Comment [T6]: Perbaiki cara penulisan satuan konsentrasi

Demikian juga, sulur atau rimpang nanas akan menyulitkan pada saat pengolahan tanah untuk pertanaman nanas kembali karena limbah ini mudah untuk tumbuh kembali menjadi tanaman nanas liar dan sulit untuk dikendalikan. Luasnya tanaman perkebunan kelapa sawit dan nanas di Provinsi Lampung berpeluang untuk menjadikan limbah tankos sawit dan rimpang nanas menjadi berbahaya bagi lingkungan dan dapat menjadi sumber hama dan penyakit, serta dapat menimbulkan masalah operasional pada saat penanaman kembali. Sreekala et al. (1997) dan Reddy dan Yang (2005) menyatakan apabila limbah pertanian ini hanya dibiarkan saja di lahan maka akan mengakibatkan masalah lingkungan yang sangat serius. Untuk itu, teknologi untuk memanfaatkan limbah tersebut menjadi bernilai ekonomi tinggi dan berpeluang untuk meningkatkan kualitas lahan perkebunan sudah sangat diperlukan. Teknologi yang ada saat ini belum mencukupi untuk melakukan pengendalian dan pengolahan pupuk secara mandiri, dan berkesinambungan. Untuk itulah dibutuhkan terobosan dalam teknologi pengolah limbah secara terpadu dan bekerja secara otomatis.

Comment [T7]: Pertanaman ?

Untuk mendapatkan pupuk hayati dengan efisiensi dan tingkat produksi yang tinggi, dapat memanfaatkan rancangan sistem yang mampu mengolah limbah hayati secara

otomatis. Rancangan ini memiliki desain dengan tiga metode pencampuran yaitu aerob, anaerob dan semi aerob secara otomatis dan lebih presisi. Alat ini mampu melakukan pengadukan secara otomatis selama proses dekomposisi bahan organik di dalamnya. Alat ini juga dilengkapi dengan sensor suhu yang mampu memperdiksi tinggi rendahnya proses dekomposisi bahan organik di dalam tangki. Penggunaan alat ini, mampu menghasilkan pupuk cair terbaik dengan proses pengolahan yang lebih bervariasi. Alat ini juga mampu diintegrasikan dengan pompa untuk penyiraman pupuk di lahan secara langsung.

Comment [T8]: Pada bagian ini harusnya merupakan tujuan penelitian
Uraian pada paragraf ini seolah sudah ada alat yang mempunyai kemampuan ini dan itu, tetapi juga tidak menginformasikan kapasitas yang menunjukkan besarnya alat hasil rancangan

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Listrik dan Instrumentasi, Lab Bengkel Mekanisasi, Laboratorium Sumber Daya Alam, Teknik pertanian, dan Laboratorium Jurusan Ilmu Tanah Universitas Lampung Kegiatan ini dilakukan selama 6 bulan.

Comment [T9]: Gunakan Nama Lab yang sesuai

Comment [T10]: Apakah ini nama bidang ilmu atau Nama Jurusan ??

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah, seperangkat peralatan teknik berupa tang, obeng, solder, gergaji, multimeter, timbangan, dan laptop sedangkan perangkat lunak yang mendukung untuk perancangan sistem kendali adalah software arduino dan eagle. Bahan yang digunakan adalah LM35DZ sebagai sensor suhu dengan daya < 0,1 watt anti air, liquid cristal display (LCD) dengan daya \pm 0,5 watt, mikrokontroler AVR ATmega2560 dengan daya < 0,1 watt, 2 lembar printed circuit board (PCB) single layer selebar 20 x 10 cm, komponen elektronika aktif dan pasif seperti resistor, kapasitor, pin

deret, 25 black housing 10 pin, 40 kaki penyangga modul (spacer), 3 lembar kertas glossy, kabel warna (kabel jumper), 25 light emitted diode (LED), 1 box untuk modul, pompa aquarium dan airpump AC, tong (chamber) 50 L. Pompa udara 4 L/menit, relay DC 5 V dan 12 V, 12 transistor TPI120.

Perancangan dan Mekanisme Alat

Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler arduino uno ATmega 2560 sebagai pusat pengolah informasi. Mikrokontroler bertugas dalam pengolahan informasi suhu, sebagai pewaktu, penampil pada LCD, dan mengatur pengaktifan pengaduk, pompa udara, dan kran otomatis.

1. Perancangan sistem pembuat pupuk cair ini terdiri dari :
 - a. 3 chamber (tong) pengolah limbah nanas, yang terdiri dari aerob, anaerob, dan semi aerob.
 - b. 3 chamber (tong) pengolah limbah kelapa sawit, yang terdiri dari aerob, anaerob, dan semi aerob.
 - c. Setiap tangki menggunakan pengaduk yang dapat bergerak otomatis. Pengaduk ini terbuat dari besi yang berbentuk (simbol) tambah (+) di ujung pengaduknya terbawahnya.
 - d. Sistem otomatis pembuat pupuk cair terintegrasi dalam satu alat pengolah limbah yang di kendalikan oleh mikrokontroler.

Proses kerja alat ini adalah mikrokontroler mengatur proses pengaktifan pengaduk yaitu pada pukul 06.00, 12.00, 18.00 dan 00.00 yang dilakukan setiap 6 jam sekali. Penentuan ini berdasarkan pertimbangan, bahwa limbah diaduk setiap hari untuk membuat

Comment [T11]: Point satu tapi tidak pernah ada point dua ????

Comment [T12]: Tidak konsisten tong atau drum atau ember atau tangki

Comment [T13]: ???

Comment [T14]: Tidak terdapat durasi aktifnya pengaduk pada setiap waktu pengadukan

seluruh bahan organik terurai secara merata. Pada prosesnya, proses penguraian tersebut menghasilkan gas metana, karbondioksida dan lain lain. Untuk itu, tangki pengolahan semi aerob difungsikan setiap 6 jam, melakukan sirkulasi udara di dalamnya. Sirkulasi udara juga dilakukan setiap 4 kali sehari, sebesar kapasitas tangki. Waktu yang dipilih adalah pukul 07.00, 13.00, 19.00 dan 01.00.

Pengujian menggunakan air menghasilkan kinerja yang baik sesuai dengan rencana perancangan. Pada tahap berikutnya, sistem pengolah limbah diuji menggunakan cacahan tandan kosong kelapa sawit, dan cacahan limbah rimpang nanas yang dimasukkan ke dalam sistem pengolah limbah. Sistem pengolah limbah ini terdiri dari 6 chamber yaitu 3 chamber digunakan untuk limbah tandan kosong kelapa sawit, dan 3 chamber berikutnya digunakan untuk limbah rimpang nanas. Pengujian dilakukan selama 1 bulan selama masa proses fermentasi oleh mikroba.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Rancangan Bangun Sistem Pengolah Limbah

Rancangan alat pengolah limbah tandan kosong kelapa sawit dan limbah nanas telah berhasil dirancang. Hasil rancangan telah diuji coba menggunakan air di dalam chamber (tangki/tong) penampungan selama 5 hari percobaan untuk mendapatkan data kinerja alat. Pengujian menggunakan air dilakukan untuk mengecek kebocoran, sistem pengadukan, pompa udara, kran udara dan sensor suhu *water proof* yang terpasang pada setiap chamber penampungan limbah.

Comment [T15]: Tidak terdapat durasi aktifnya pompa sirkulasi udara pada setiap waktu yang dipilih



Gambar 1. Rancangan Bangun Sistem Pengolah Limbah Otomatis

Sistem pengaduk pembuat pupuk organik cair ini terdiri atas beberapa bagian yaitu sistem pengaduk limbah, sistem sirkulasi udara pada semi aerob, sistem pengolah informasi berupa mikrokontroler dan bagian pendukungnya (**Gambar 1**).

Modul Utama Pengolah Informasi

Sistem kendali yang digunakan dalam proses pengadukan pada proses fermentasi, menggunakan mikrokontroler ATmega 2560 yang tersemat dalam arduino mega. Mikrokontroler mengontrol waktu pengadukan limbah tandan kosong dan rimpang nanas dalam pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) pada proses fermentasi (**Gambar 2**). Pengontrolan pengadukan mengintegrasikan mikrokontroler dengan dinamo DC 12 volt, 2

Ampere yang dihubungkan dengan gearbox. Pengadukan dilakukan dengan putaran 30 RPM yang dilakukan 4 kali sehari.



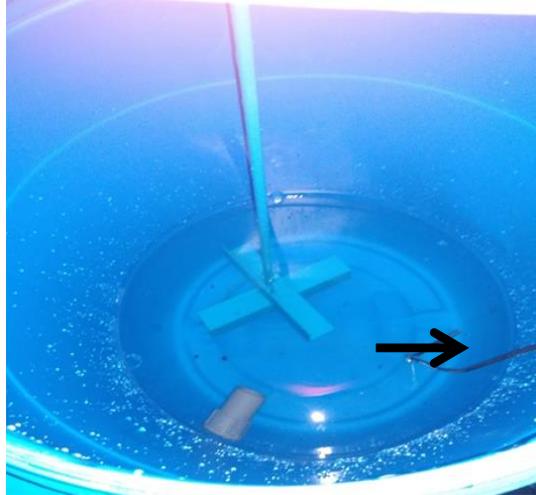
Gambar 2. Sistem Pengolah Data dan Informasi

Pengaduk dirancang sebanyak 6 unit yang ditempatkan pada setiap chamber (tangki) mulai dari perlakuan aerob, semi aerob, dan anaerob. Selain itu, pompa udara dan kran udara juga dirancang untuk mengakomodasi perlakuan semi aerob. Pompa udara dan kran udara diintegrasikan secara bersamaan agar udara di dalam chamber dapat tersirkulasi dengan baik. Saat pompa udara aktif, kran udara juga aktif membuka, sehingga terjadi sirkulasi dalam chamber limbah tandan kosong kelapa sawit dan rimpang nanas. Pompa udara membutuhkan daya sebesar 50 watt dengan tegangan 220 VAC. Kran udara membutuhkan 5 watt dengan tegangan kerja 220 VAC. Semburan pompa setiap jalur, mampu menghasilkan udara sebanyak 5 liter per menit. Sistem ini dirancang sebanyak 2 unit yaitu untuk chamber tandan kosong dan rimpang nanas.

Hasil Rancangan Aktuator dan Sensor Suhu

a. Integrasi Sensor Suhu dan Mikrokontroler

Sensor yang digunakan dalam perancangan ini yaitu sensor suhu LM35 *water proof*. Sensor LM35 *water proof*, dirancang agar mampu direndam dalam air pada jangka waktu yang lama. Sensor ini mampu mendeteksi suhu pada range 0 °C hingga 150 °C, dengan tingkat ketelitian 0,5 °C. Sensor ini diletakkan pada masing-masing tangki pengolahan limbah sebanyak 6 unit sensor. Sensor diletakkan tepat di tengah media limbah. Peletakan posisi ini bertujuan untuk mendapatkan suhu merata pada media limbah yang diolah. Sistem akan mengamati proses perubahan suhu pada proses pengolahan limbah secara kontinu, dimulai dari hari ke 0 hingga hari ke 30.



Gambar 3. Sensor Suhu

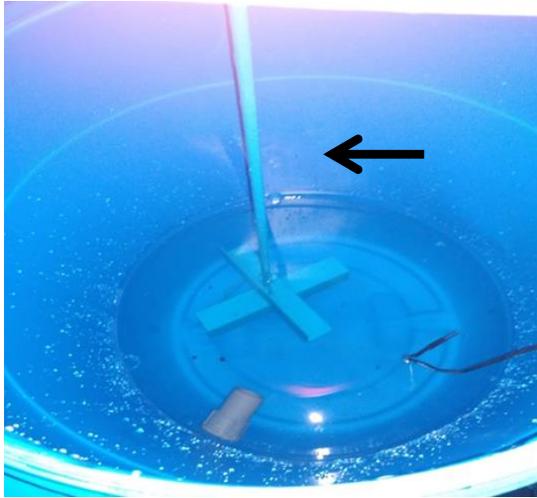
Comment [T16]: Tempatkan ujung runcing tanda panah menyentuh sensor suhu

Suhu di media limbah diukur setiap 30 menit. Data tersebut direkam ke dalam MMC secara realtime. Hal ini berfungsi untuk mendapatkan model untuk menentukan pola jumlah perkembangbiakan bakteri pada penelitian lanjutan. Suhu rerata yang diperoleh dari hasil pengukuran adalah 23-25° C selama pengamatan. Terjadi lonjakan suhu terjadi pada siang hari yang diakibatkan metabolisme mikroba dan efek suhu radiasi sinar matahari walaupun sistem pembuat pupuk otomatis telah diletakkan agar tidak terkena sinar matahari langsung.

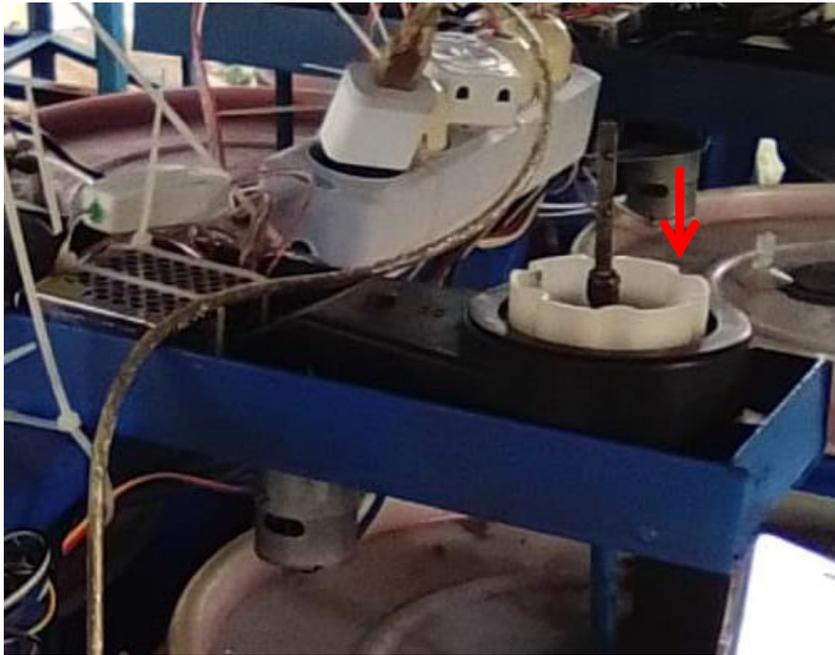
Sistem kendali juga dilengkapi dengan MMC atau SD card yang berfungsi untuk setiap proses yang dilakukan oleh sistem kendali yang meliputi proses pengadukan, proses sirkulasi udara, waktu, dan suhu yang terukur setiap 15 menit. Modul MMC ini disematkan pada mikrokontroler melalui pin 20 dan 21. Dalam perancangannya, sistem kendali memiliki memori penyimpanan 8 gigabyte. Ukuran ini mampu merekam data selama lebih dari 2 tahun dengan rerata pengambilan setiap 15 menit.

b. Aktuator Pengaduk, Kran Udara dan Pompa Udara

Sistem pengadukan dirancang menggunakan sistem kendali menggunakan mikrokontroler yang terintegrasi dengan aktuator. Integrasi ini digunakan untuk mengendalikan pengadukan limbah nanas dan sirkulasi udara pada proses fermentasi. Tipe pengadukan yang dilakukan adalah tipe berselang (intermitten) yang dilakukan setiap pukul 06.00, 12.00, 18.00, dan 00.00. Pengadukan dilakukan pada setiap chamber pengolahan limbah. Aktuator pengaduk dirancang menggunakan besi yang saling menyilang, yang dihubungkan dengan gearbox dan motor DC (**Gambar 4. dan Gambar 5**).

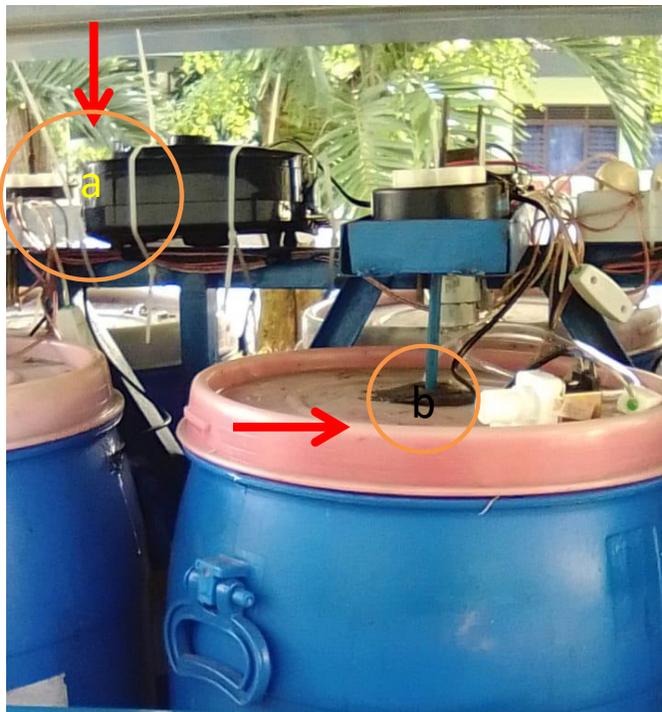


Gambar 4 Aktuator Pengaduk



Gambar 5 Motor Pengaduk

Limbah ditempatkan dalam wadah dengan sistem yang telah dirancang yaitu, sistem aerob, sistem semi aerob, dan anaerob. Terdapat 6 chamber limbah yang terdiri dari 3 chamber untuk limbah kelapa sawit yaitu chamber aerob, semi aerob, dan anaerob. Di samping itu, 3 chamber lainnya diperuntukkan untuk limbah nanas yaitu perlakuan aerob, semi aerob, dan anaerob.



Gambar 6. Aktuator Pompa Udara (a) dan Aktuator Kran Udara (b)

Proses aerob dilakukan dengan membuka penutup chamber (tangki/tong) selama proses fermentasi. Pada metode ini, udara luar diatur agar mampu masuk ke dalam tangki

selama proses penelitian. Proses pengadukan dilakukan setiap 6 jam yaitu pada pukul 06.00, 12.00, 18.00 dan 00.00.

Proses semi aerob dilakukan dengan membuat sistem aktor keran udara dengan kran pompa udara yang aktif setiap 4 kali setiap hari. Integrasi antar aktuator pompa udara dan kran otomatis aktif setiap jam 07.00, 13.00, 19.00 dan 01.00 yaitu dengan selang waktu 6 jam (Gambar 6). Dari hasil pengukuran, bahwa waktu aktifasi sistem ini membutuhkan waktu 5 menit yang mencapai 25 liter udara yang sirkulasikan.

Proses anaerob dilakukan dengan menutup tangki (ember) yang digunakan selama proses fermentasi. Pada sistem anaerob, tidak terjadi sirkulasi udara selama proses penelitian. Proses pengadukan dilakukan setiap 6 jam yaitu pada pukul 06.00, 12.00, 18.00 dan 00.00.

Analisis Sistem Kendali

a. Analisis Kinerja Aktuator Pengaduk

Aktuator pengaduk terdiri dari dinamo DC 12 V dengan arus 2 Ampere yang terpasang dengan gearbox. Gearbox ini terhubung dengan pengaduk limbah melalui poros yang terbuat dari besi secara vertikal. Kinerja yang diukur pada pompa pengaduk adalah akurasi pompa, kecepatan respon dan stabilitas. Hasil analisis akurasi kinerja pengaduk berdasarkan waktu yaitu mencapai 100 %. Terdapat beberapa kendala dalam proses pengadukan diantaranya beban yang terlalu tinggi menyebabkan pengaduk sulit untuk berputar 360 derajat. Hal ini disebabkan cacahan limbah yang terlalu besar, sehingga dilakukan modifikasi pengaduk. Berdasarkan data yang diperoleh, akurasi kinerja sistem pengaduk menggerakkan poros pengaduk berada pada kisaran 68 %. Hal ini yang

Comment [T17]: ???

Comment [T18]: Ember ≠ tangki ???

Comment [T19]: Apakah pengaduknya menggunakan pompa ??? Tidak sejalan dengan sistem pengaduk yang diuraikan sebelumnya

disebabkan oleh padamnya listrik di lokasi penelitian dan waktu proses penggantian pengaduk. Aktuator pengaduk membutuhkan waktu ± 1 mS untuk memutar pengaduk berdasarkan waktu yang ditetapkan dalam program. Waktu pengadukan yang ditetapkan lebih cepat 1 jam dibandingkan kran dan pompa udara yaitu pukul 06.00, 12.00, 18.00 dan 00.00. Analisis selanjutnya adalah stabilitas pengaduk yang diamati secara random sebanyak 7 kali dari target waktu yang ditetapkan. Dari hasil pengamatan, stabilitas sistem pengaduk adalah stabil (Tabel 5.1).

Comment [T20]: Ini artinya mili Siemens, bukan satuan waktu

Tabel 5.1. Kinerja Sistem Pengaduk

No	Parameter	Nilai
1	Akurasi	68 %
2	Respon Sistem	± 1 Ms
3	Stabilitas	Stabil

Comment [T21]: Ini artinya Mega sedkon, alangkah besarnya waktu respon sistemnya

b. Analisis Kinerja Pompa Udara

Dari hasil analisis kinerja pompa udara berdasarkan waktu, diperoleh akurasi sistem mencapai 100 %. Akan tetapi, berdasarkan data yang terekam, akurasi kinerja sistem kendali berada pada 99,8 % yang disebabkan oleh padamnya listrik di lokasi penelitian. Aktuator pompa udara mampu menghasilkan ± 1 mS untuk mengaktifkan pompa udara setiap target waktu yang ditetapkan. Nilai masuk dalam golongan sangat baik untuk respon sistem. Analisis selanjutnya adalah stabilitas pompa udara yang diamati secara random

Comment [T22]: Akurasi tidak ditemukan pada KBB1

Comment [T23]: Lihat comment [T6]

sebanyak 7 kali dari target waktu yang ditetapkan. Dari hasil pengamatan, stabilitasi sistem pompa udara adalah stabil. (Tabel 5.2).

Comment [T24]: Stabilitasi tidak ditemukan pada KBBI

Tabel 5.2. Kinerja Sistem Kran udara

No	Parameter	Nilai
1	Akurasi	99,8 %
2	Respon Sistem	± 1 mS
3	Stabilitas	Stabil

Comment [T25]: Lihat comment [T6]

c. Analisis Kinerja Kran Otomatis

Kran udara terintegrasi dengan pompa udara dalam mensirkulasikan udara pada perlakuan semi aerob. Hasil analisis akurasi kinerja kran berdasarkan waktu yaitu mencapai 100 %. Berdasarkan data yang terekam, akurasi kinerja sistem kendali berada pada 99,8 % yang disebabkan oleh padamnya listrik di lokasi penelitian. Aktuator kran otomatis membutuhkan waktu ± 1 mS untuk mengaktifkan membuka kran berdasarkan waktu yang ditetapkan. Waktu yang ditetapkan adalah 07.00, 13.00, 19.00 dan 01.00. Analisis selanjutnya adalah stabilitas kran otomatis yang diamati secara random sebanyak 7 kali dari target waktu yang ditetapkan. Dari hasil pengamatan, stabilitas sistem kran adalah stabil. (Tabel 5.3).

Comment [T26]: Lihat comment [T6]

Tabel 5.3. Kinerja Sistem Kran Otomatis

No	Parameter	Nilai
1	Akurasi	99,8 %
2	Respon Sistem	± 1 mS
3	Stabilitas	Stabil

Comment [T27]: Lihat comment [T6]

PENUTUP

Comment [T28]: Penutup atau Simpulan / Kesimpulan

Dari hasil penelitian, diperoleh akurasi kinerja sistem pengaduk adalah 68 %, dengan hasil kecepatan respon alat untuk memulai pengadukan adalah ± 1 mS. Dari berbagai kondisi pengukuran, kondisi pengaduk stabil. Pengaduk bekerja melakukan pengadukan pada pukul 06.00, 12.00, 18.00 dan 00.00 setiap harinya. Kinerja akurasi pompa udara yaitu 99,8 % dari berbagai kondisi pengamatan. Respon sistem untuk menyalakan pompa adalah ± 1 mS dan kondisi pompa untuk berbagai kondisi adalah stabil. Demikian juga hasil unjuk kinerja akurasi kran udara otomatis yaitu 99,8%. Respon sistem pengolahan pupuk cair untuk menyalakan kran otomatis adalah ± 1 mS dan kondisi kran untuk berbagai kondisi adalah stabil. Pompa dan kran bekerja melakukan sirkulasi pada pukul 07.00, 13.00, 19.00 dan 01.00. Sistem ini dianggap layak untuk berbagai aplikasi pembuatan pupuk hayati lainnya karena mampu menghasilkan akurasi, respon sistem, dan tingkat kestabilan yang baik dari berbagai pengukuran.

Comment [T29]: Lihat comment [T6]

Comment [T30]: Lihat comment [T6]

Comment [T31]: Lihat comment [T6]

DAFTAR PUSTAKA

- ADB. 2008. *Appendix VII : Technology Overview – Palm Oil Waste Management* <http://www.adb.org/Documents/Reports/Consultant/36557-INO/36557-INO-TACRAAppendix VII.pdf> accessed on 27th November, 2008.
- BPS. 2016. *Luas dan Produksi Tanaman Kelapa Sawit di Indonesia*. Diakses dari <https://www.bps.go.id>., 20 Februari 2018.
- BPS. 2018. *Ekspor Minyak Kelapa Sawit Menurut Negara Tujuan Utama, 2000-2015*. <https://www.bps.go.id/statistable/2014/09/08/1026/ekspor-minyak-kelapa-sawitmenurut-negara-tujuan-utama-2000-2015.html>, diakses 18 Februari 2018.
- Dermiyati et al. 2015. *Application of Organonitrofos and Inorganic Fertilizer on Cassava Manihot esculenta Crantz in Ultisol Soil*. *Journal of Tropical Soils* 20 (3):167-172. Hall, T.A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucl. Acids.Symp. Ser.* 41:95-98.
- Igwe, J. C. and C. C. Onyegbado. 2007. *A Review of Palm Oil Mill Effluent (Pome) Water Treatment, Global*. *Journal of Environmental Research*. 1(2): 54-62.
- Ketnawa S, Chaiwut P, Rawdkuen S. 2012. *Pineapple wastes: A potential source for bromelain extraction*. *Food and Bioproducts Processing* 90: 385–391.
- Nigam J.N. 1999. *Continuous ethanol production from pineapple cannery waste*. (*Journal of Biotechnology* 72: 197–202. Pusdatin. 2015. *Outlook Nenas*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Sekretariat Jenderal-Kementerian Pertanian. Jakarta. 74 hlm.
- Reddy, N., and Yang, Y. (2005). *Biofibers from agricultural by products for industrial applications*, *TRENDS in Biotechnology* 23 (1), 22-27.
- Sreekala, M. S., Kumaran, M. G., and Thomas, S. (1997). "Oil palm fibers: Morphology, chemical composition, surface modification and mechanical properties," *J. Applied Polymer Sci.* 66, 821-835.
- Telaumbanua, M. 2014. *Rancangbangun Aktuator Pengendalian Iklim Mikro di Greenhouse Untuk Budidaya Tanaman Sawi (Brassica rappa Var. Parachinensis L.)*. *J. Agritech* 34(2): 213-222. Telaumbanua, M. 2016. *Studi Pola Pertumbuhan Tanaman Sawi (Brassica rappa var.parachinensis L.) Hidroponik di Dalam Greenhouse Terkontrol*. *J. Agritech* 36 (1) : 104-110.
- Triyono, S., Dermiyati, J. Lumbanraja, dan H. Ismono. 2016. *Integrasi Budidaya Jamur Merang (Volvariella Volvaceae L) Media Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Produksi Pupuk Organonitrofos*. Proposal Penelitian Strategis Nasional.54 hal.

Comment [T32]: Semua author di Daftar Pustaka harus ditulis

Comment [T33]: Cara penulisan tidak sesuai dengan yang lain

Comment [T34]: Penulisan tahun tidak sesuai dengan yang lain

Comment [T35]: Jika penulisan author ini diawali dengan menulis nama belakang harus diikuti dengan koma

Comment [T36]: Titel artikel huruh setiap awal kata ditulis kapital kecuali ..

Comment [T37]: Penulisan tahun tidak sesuai dengan yang lain

Comment [T38]:

Comment [T39]: Penulisan tahun tidak sesuai dengan yang lain

Comment [T40]: Cara penulisan author tidak konsisten

Widiastuti H dan Tri-Panji. 2007. *Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sisa jamur merang (Volvariella volvacea)(TKSJ) sebagai pupuk organik pada pembibitan kelapa sawit. Menara Perkebunan, 75 (2): 70-79.*

Comment [T41]: Jika penulisan author ini diawali dengan menulis nama belakang harus diikuti dengan koma.

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGADUK DAN PEMBUAT PUPUK CAIR
LIMBAH KELAPA SAWIT DAN NANAS OTOMATIS DENGAN METODE
AEROB, SEMI AEROB, ANAEROB**

Mareli Telaumbanua¹, Dermiyati², Radix Suharjo³

¹Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

²Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

³Jurusan Hama dan Penyakit Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

Email : mareli.telaumbanua@fp.unila.ac.id atau marelitelaumbanua@gmail.com

ABSTRAK

Hampan limbah tandan kosong kelapa sawit dan rimpang nanas tanpa pengolahan lanjutan, dapat menjadi sumber hama dan penyakit. Namun, tandan kosong dan rimpang nanas ini mengandung unsur mikro-makro dan vitamin yang dibutuhkan oleh tanaman, starter (mikroba pengurai), zat pengatur tumbuh dan inhibitor untuk mengatasi permasalahan limbah biomassa tersebut. Agar pengolahan limbah untuk mendapatkan pupuk hayati dapat maksimal, dapat menggunakan sistem pengolah limbah otomatis yang mampu melakukan variasi metode dalam pengolahannya.

Rancangan sistem yang mengolah limbah hayati menjadi pupuk hayati menggunakan tiga metode perlakuan yaitu aerob, anaerob dan semi aerob yang mampu bekerja secara otomatis. Alat ini mampu melakukan pengadukan secara otomatis selama 30 hari proses dekomposisi bahan organik di dalamnya. Alat ini juga dilengkapi dengan sensor suhu yang mampu memprediksi tinggi rendahnya proses dekomposisi bahan organik di dalam tangki. Akurasi kinerja sistem pengaduk, pompa udara, dan keran udara otomatis adalah 68 %, 99,8 % dan 99,8 %. Hasil kecepatan respon seluruh aktuator adalah ± 1 ms. Dari berbagai kondisi pengukuran, kondisi pengaduk, pompa udara, dan keran udara otomatis stabil. Pengaduk bekerja melakukan pengadukan pada pukul 06.00, 12.00, 18.00 dan 00.00 setiap harinya. Pompa dan keran bekerja melakukan sirkulasi pada pukul 07.00, 13.00, 19.00 dan 01.00. Melalui alat ini dapat diperoleh pupuk cair terbaik dengan proses pengolahan yang lebih bervariasi.

Keyword : Limbah Agroindustri, Mikrokontroler, Pembuat Mol, Sistem pengaduk, Suhu

**DESIGN OF AUTOMATIC MIXER AND LIQUID FERTILIZER MAKER OF THE
PALM OIL AND PINEAPPLE WASTE USING AEROB, SEMI AEROB, AND
ANAEROB METHODS**

Mareli Telaumbanua¹, Dermiyati², Radix Suharjo³

¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, University of Lampung

²Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Lampung

³Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Lampung

Email : mareli.telaumbanua@fp.unila.ac.id atau marelitelaumbanua@gmail.com

ABSTRACT

The Empty Fruit Bunch (EFB) and pineapple rhizomes which left without advance processing will be a source of pests and diseases. However, EFB bunches and pineapple rhizomes contains micro-macro elements and vitamins needed by plants, starters (microbial decomposer), growth regulators, and inhibitors to solve the problem of the waste biomass. The automatic waste processing system is capable to process with various methods in order to obtain a maximum amount of biological fertilizer from EFB and pineapple rhizomes.

This system design automatically processes biological waste into biofertilizer using three methods which are aerob, anaerob and semi aerob. This instrument is able to stir the decomposition process of organic matter in it for 30 days automatically. This instrument is equipped with a temperature sensor that can predict the high and low decomposition of organic matter in the tank. The accuracy of the stirrer system performance, air pumps, and automatic air faucets is 68%, 99.8% and 99.8%. The result of the entire actuator's response speed is ± 1 ms. From various measurement conditions, the condition of the stirrer, air pump, and automatic air faucet are stable. The mixer stirs at 06.00, 12.00, 18.00 and 00.00 every day. Pumps and faucets do the stirring at 07.00, 13.00, 19:00 and 01:00. The best liquid fertilizer can be obtained using this instrument with more various process.

Keyword: *Agro-industrial Waste, Micro-controller, Mol Maker, Stirrer System, Temperature*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara pengeksport minyak kelapa sawit terbesar dengan jumlah dan nilai yang terus meningkat setiap tahunnya, yaitu sebesar 4.110 ribu ton dengan nilai 1.087,3 juta US\$ pada tahun 2009 menjadi 16.829,2 ribu ton dengan nilai 10.367,6 juta US\$ pada tahun 2013 (BPS, 2018). Demikian pula, luas lahan dan produksi tanaman kelapa sawit dan nanas di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya. Perkebunan kelapa sawit memiliki luas areal sebesar 9,10 juta ha pada tahun 2010 dan meningkat pada tahun 2016 menjadi 11,9 juta ha dengan produksi sebesar 33.229 ribu ton.

Demikian juga dengan perkebunan nanas yang produksinya mencapai 1.558 ribu ton tahun 2009 (BPS, 2016 ; Pusdatin, 2015). Semakin meningkatnya luas areal pertanaman kelapa sawit dan nanas dari tahun ke tahun, menyebabkan limbah yang dihasilkan juga semakin meningkat. Limbah tanaman perkebunan kelapa sawit terbesar berasal dari limbah hasil pengolahan industri seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Beberapa industri perkebunan kelapa sawit yang tidak memiliki kebun sawit, cenderung tidak mampu mengolah limbah tandan kosong kelapa sawit, sehingga berpotensi menyebabkan pencemaran bagi lingkungan. Khusus tanaman kelapa sawit, terdapat potensi pemanfaatan limbah sisa produksi pabrik kelapa sawit. Upaya pemanfaatan tandan kosong sebagai pupuk organik dan media jamur merang telah dilakukan (Triyono et al., 2016 ; Widiastuti dan Panji, 2007). Namun, dalam aplikasinya, konsentrasi ketersediaan unsur hara mempengaruhi tingkat pertumbuhan (Dermiyati et al., 2015 ; Telaumbanua et al., 2016).

Limbah pabrik pengolahan kelapa sawit digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan listrik sebagai sumber energi di pabrik kelapa sawit. Namun, hal ini

mengakibatkan polusi lingkungan karena menghasilkan gas pembawa boiler dengan partikulat seperti tar dan tetesan jelaga 20-100 mikron dan debu sekitar 3000 sampai 4000 mg/m³ (Igwe and Onyegbado, 2007) serta menyebabkan emisi metana masuk ke dalam atmosfer (ADB, 2008). Di samping itu, untuk limbah hasil pengolahan nanas seperti daun, kulit luar, mata dan hati (bonggol) telah dimanfaatkan melalui ekstraksi enzim *bromelain* (Ketnawa et al., 2012), sebagai bahan baku berbiaya rendah untuk produksi etanol, antioksi, fenolik, asam organik, biogas dan produksi serat (Niga, 1999). Namun, yang menjadi kendala limbah kebun berupa tandan kosong kelapa sawit, rimpang, dan sulur nanas adalah terdapatnya kandungan selulosa dan lignin yang sulit terurai.

Sulur atau rimpang nanas mampu menyulitkan saat pengolahan tanah mudah tumbuh kembali menjadi tanaman nanas liar dan sulit untuk dikendalikan. Limbah produksi kelapa sawit dan nanas di Provinsi Lampung, dapat berbahaya bagi lingkungan, sumber hama penyakit, dan dapat menimbulkan masalah operasional pada saat penanaman kembali. Sreekala et al., (1997), Reddy dan Yang (2005) menyatakan, saat limbah pertanian ini ditumpuk ataupun ditinggalkan di lahan, mampu mengakibatkan masalah lingkungan yang kompleks. Untuk itu, teknologi pemanfaatan limbah menjadi produk bernilai ekonomi tinggi dan berpeluang untuk meningkatkan kualitas lahan perkebunan. Teknologi yang ada saat ini belum siap untuk melakukan pengendalian dan pengolahan pupuk secara mandiri secara berkesinambungan. Untuk itu, dibutuhkan terobosan teknologi pengolah limbah secara terpadu dan bekerja secara otomatis.

Untuk mendapatkan pupuk hayati dengan efisiensi dan tingkat produksi yang tinggi, dapat memanfaatkan rancangan sistem yang mampu mengolah limbah hayati secara

otomatis. Rancangan ini memiliki desain dengan tiga metode pencampuran yaitu aerob, anaerob dan semi aerob secara otomatis. Alat ini mampu melakukan pengadukan dan sirkulasi udara secara otomatis selama terjadinya proses dekomposisi bahan organik di dalamnya. Alat ini juga dilengkapi dengan sensor suhu yang dapat digunakan untuk memprediksi tingkat dekomposisi bahan organik di dalam tangki. Akan tetapi, kajian tulisan ini meliputi kinerja sistem kendali aktuator saat proses pengolahan pupuk. Dari hasil perancangan, diharapkan mampu menghasilkan pupuk cair terbaik melalui proses pengolahan yang lebih bervariasi. Alat ini juga mampu diintegrasikan dengan pompa untuk penyiraman pupuk di lahan secara langsung.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Listrik dan Instrumentasi, Laboratorium Alat dan Mesin Pertanian, Laboratorium Sumber Daya Alam, Jurusan Teknik Pertanian, dan Laboratorium Tanah Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Kegiatan ini dilakukan selama 6 bulan.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah, seperangkat peralatan teknik berupa tang, obeng, solder, gergaji, multimeter, timbangan, dan laptop sedangkan perangkat lunak yang mendukung untuk perancangan sistem kendali adalah software arduino dan eagle. Bahan yang digunakan adalah LM35DZ sebagai sensor suhu dengan daya < 0,1 watt anti air, liquid cristal display (LCD) dengan daya $\pm 0,5$ watt, mikrokontroler AVR

ATMega2560 dengan daya < 0,1 watt, 2 lembar *printed circuit board* (PCB) *single layer* 20 x 10 cm, komponen elektronika aktif dan pasif seperti resistor, kapasitor, pin deret, *black housing* 10 pin, 40 kaki penyangga modul (*spacer*), 3 lembar kertas glossy, kabel warna (kabel jumper), 25 *light emitted diode* (LED), 1 box untuk modul, pompa aquarium dan *airpump* AC, Tangki 50 L. Pompa udara 4 L/menit, relay DC 5 V dan 12 V, 12 transistor TIP120.

Perancangan dan Mekanisme Alat

Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler arduino ATMega 2560 sebagai pusat pengolah informasi. Mikrokontroler bertugas dalam pengolahan informasi suhu, sebagai pewaktu, penampil pada LCD, mengatur pengaktifan pengaduk, pompa udara, dan aktivasi keran (kran) otomatis..

Perancangan sistem pembuat pupuk cair ini terdiri dari :

- a. 3 tangki pengolah limbah nanas, yang terdiri dari tangki aerob, anaerob, dan semi aerob.
- b. 3 tangki pengolah limbah kelapa sawit, yang terdiri dari tangki aerob, anaerob, dan semi aerob.
- c. Setiap tangki menggunakan pengaduk yang dapat bergerak otomatis. Pengaduk ini terbuat dari besi yang berbentuk (simbol) tambah (+) di ujung pengaduk.
- d. Sistem otomatis pembuat pupuk cair dari limbah tandan kosong kelapa sawit dan limbah rimpang nanas. saling terintegrasi dan kendalikan oleh satu mikrokontroler.

Proses kerja alat ini adalah mikrokontroler mengatur proses pengaktifan pengaduk yaitu pada pukul 06.00, 12.00, 18.00 dan 00.00 yang dilakukan setiap 6 jam sekali. Aktivasi

pengaduk dilakukan selama 5 menit. Penentuan ini berdasarkan pertimbangan, bahwa limbah diaduk setiap hari untuk membuat seluruh bahan organik terurai secara merata. Pada prosesnya, proses penguraian tersebut menghasilkan gas metana, karbondioksida dan lain lain. Untuk itu, tangki pengolahan semi aerob difungsikan setiap 6 jam, melakukan sirkulasi udara di dalamnya. Sirkulasi udara juga dilakukan setiap 4 kali sehari, sebesar kapasitas tangki. Waktu sirkulasi udara yang dipilih adalah pukul 07.00, 13.00, 19.00 dan 01.00 dengan waktu sirkulasi adalah 5 menit.

Pengujian awal menggunakan air, dan menghasilkan kinerja yang baik sesuai dengan rencana perancangan. Pada tahap berikutnya, sistem pengolah limbah diuji menggunakan cacahan tandan kosong kelapa sawit, dan cacahan limbah rimpang nanas yang dimasukkan ke dalam sistem pengolah limbah. Sistem pengolah limbah ini terdiri dari 6 tangki yaitu 3 tangki digunakan untuk limbah tandan kosong kelapa sawit, dan 3 tangki berikutnya digunakan untuk limbah rimpang nanas. Untuk mengukur kinerja alat yang dibuat, dilakukan pengujian meliputi akurasi, respon sistem, dan stabilitas (Telaumbanua et al., 2014). Pengujian dilakukan 1 bulan selama masa fermentasi oleh mikroba. Proses perkembangbiakan dan aktivitas mikroba di dalam menguraikan limbah, mampu mempengaruhi ketersediaan unsur hara yang tersedia (dermiyati et al., 2017).

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Rancangan Bangun Sistem Pengolah Limbah

Rancangan alat pengolah limbah tandan kosong kelapa sawit dan limbah nanas telah berhasil dirancang. Hasil rancangan telah diuji coba menggunakan air di dalam tangki penampungan selama 5 hari percobaan untuk mendapatkan data kinerja alat. Pengujian

menggunakan air dilakukan untuk mengecek kebocoran, sistem pengadukan, pompa udara, keran udara dan sensor suhu *water proof* yang terpasang pada setiap tangki penampungan limbah.



Gambar 1. Rancangan bangun sistem pengolah limbah otomatis

Sistem pengaduk pembuat pupuk organik cair ini terdiri atas beberapa bagian yaitu sistem pengaduk limbah, sistem sirkulasi udara pada semi aerob, sistem pengolah informasi berupa mikrokontroler dan bagian pendukungnya (**Gambar 1**).

Modul Utama Pengolah Informasi

Sistem kendali yang digunakan dalam proses pengadukan pada proses fermentasi, menggunakan mikrokontroler AVR ATmega 2560 yang tersemat dalam arduino mega.

Mikrokontroler mengontrol waktu pengadukan limbah tandan kosong dan rimpang nanas dalam pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) pada proses fermentasi (**Gambar 2**). Pengontrolan pengadukan mengintegrasikan mikrokontroler dengan dinamo DC 12 volt, 2 Ampere yang dihubungkan dengan gearbox. Pengadukan dilakukan dengan putaran 30 RPM yang dilakukan 4 kali sehari.



Gambar 2. Sistem pengolah data dan informasi

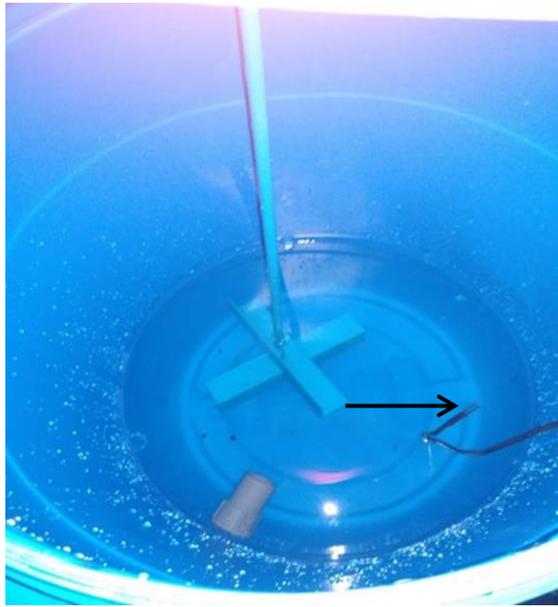
Pengaduk dirancang sebanyak 6 unit yang ditempatkan pada setiap tangki mulai dari perlakuan aerob, semi aerob, dan anaerob. Selain itu, pompa udara dan keran udara juga dirancang untuk mengakomodasi perlakuan semi aerob. Pompa udara dan keran udara diintegrasikan secara bersamaan agar udara di dalam tangki dapat tersirkulasi dengan baik. Saat pompa udara aktif, keran udara juga aktif membuka, sehingga terjadi sirkulasi dalam tangki limbah tandan kosong kelapa sawit dan rimpang nanas. Pompa udara membutuhkan daya sebesar 50 watt dengan tegangan 220 VAC. Keran udara membutuhkan 5 watt dengan tegangan kerja 220 VAC. Semburan pompa setiap jalur, mampu menghasilkan udara

sebanyak 5 liter per menit. Sistem ini dirancang sebanyak 2 unit yaitu untuk tangki tandan kosong dan rimpang nanas.

Hasil Rancangan Aktuator dan Sensor Suhu

a. Integrasi Sensor Suhu dan Mikrokontroler

Sensor yang digunakan dalam perancangan ini yaitu sensor suhu LM35 *water proof*. Sensor LM35 *water proof*, dirancang agar mampu direndam dalam air pada jangka waktu yang lama. Sensor ini mampu mendeteksi suhu pada range 0 °C hingga 150 °C, dengan tingkat ketelitian 0,5 °C. Sensor ini diletakkan pada masing-masing tangki pengolahan limbah sebanyak 6 unit sensor. Sensor diletakkan tepat di tengah media limbah. Peletakan posisi ini bertujuan untuk mendapatkan suhu merata pada media limbah yang diolah. Sistem akan mengamati proses perubahan suhu pada proses pengolahan limbah secara kontinu, dimulai dari hari ke 0 hingga hari ke 30.



Gambar 3. Sensor suhu

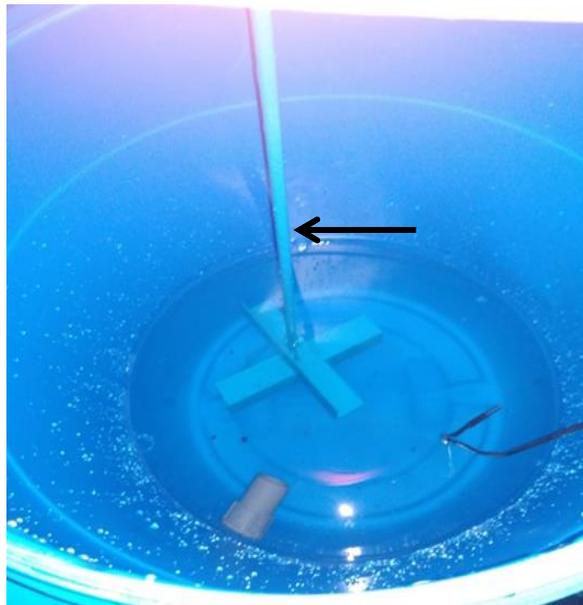
Suhu di media limbah diukur setiap 30 menit. Data tersebut direkam ke dalam MMC secara *realtime*. Hal ini berfungsi untuk mendapatkan model untuk menentukan pola jumlah perkembangbiakan bakteri pada penelitian lanjutan. Suhu rerata yang diperoleh dari hasil pengukuran adalah 23-25 °C selama pengamatan. Terjadi lonjakan suhu terjadi pada siang hari yang diakibatkan metabolisme mikroba dan efek suhu radiasi sinar matahari walaupun sistem pembuat pupuk otomatis telah diletakkan agar tidak terkena sinar matahari langsung.

Sistem kendali juga dilengkapi dengan MMC atau SD card yang berfungsi untuk setiap proses yang dilakukan oleh sistem kendali yang meliputi proses pengadukan, proses sirkulasi udara, waktu, dan suhu yang terukur setiap 15 menit. Modul MMC ini disematkan pada mikrokontroler melalui pin 20 dan 21. Dalam perancangannya, sistem kendali

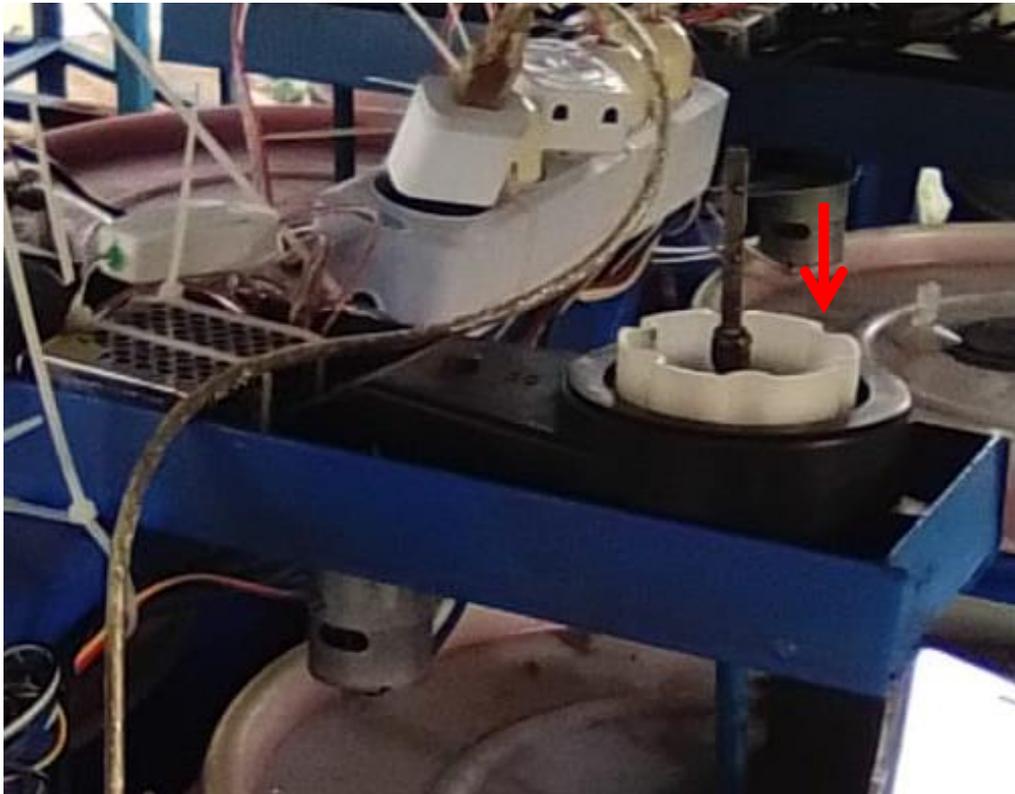
memiliki memori penyimpanan 8 gigabyte. Ukuran ini mampu merekam data selama lebih dari 2 tahun dengan rerata pengambilan setiap 15 menit.

b. Aktuator Pengaduk, Keran Udara dan Pompa Udara

Sistem pengadukan dirancang menggunakan sistem kendali menggunakan mikrokontroler yang terintegrasi dengan aktuator. Integrasi ini digunakan untuk mengendalikan pengadukan limbah nanas dan sirkulasi udara pada proses fermentasi. Tipe pengadukan yang dilakukan adalah tipe berselang (*intermitten*) yang dilakukan setiap pukul 06.00, 12.00, 18.00, dan 00.00. Pengadukan dilakukan pada setiap tangki pengolahan limbah. Aktuator pengaduk dirancang menggunakan besi yang saling menyilang, yang dihubungkan dengan gearabox dan motor DC (**Gambar 4. dan Gambar 5**).



Gambar 4 Aktuator Pengaduk



Gambar 5 Motor pengaduk limbah

Limbah ditempatkan dalam wadah dengan sistem yang telah dirancang yaitu, sistem aerob, sistem semi aerob, dan anaerob. Terdapat 6 tangki limbah yang terdiri dari 3 tangki untuk limbah kelapa sawit yaitu tangki aerob, semi aerob, dan anaerob. Di samping itu, 3 tangki lainnya diperuntukkan untuk limbah nanas yaitu perlakuan aerob, semi aerob, dan anaerob.



Gambar 6. Aktuator pompa udara (a) dan aktuator keran udara (b)

Proses aerob dilakukan dengan membuka penutup tangki selama proses fermentasi. Pada metode ini, udara luar diatur agar mampu masuk ke dalam tangki selama proses penelitian. Proses pengadukan dilakukan setiap 6 jam yaitu pada pukul 06.00, 12.00, 18.00 dan 00.00.

Proses semi aerob dilakukan dengan membuat sistem aktuator keran udara dengan keran pompa udara yang aktif setiap 4 kali setiap hari. Integrasi antar aktuator pompa udara dan keran otomatis aktif setiap jam 07.00, 13.00, 19.00 dan 01.00 yaitu dengan selang waktu 6 jam (Gambar 6). Dari hasil pengukuran, bahwa waktu aktivasi sistem ini membutuhkan waktu 5 menit sehingga udara yang tersirkulasi mencapai 25 liter.

Proses anaerob dilakukan dengan menutup tangki yang digunakan selama proses fermentasi. Pada sistem anaerob, tidak terjadi sirkulasi udara selama proses penelitian. Proses pengadukan dilakukan setiap 6 jam yaitu pada pukul 06.00, 12.00, 18.00 dan 00.00.

Analisis Sistem Kendali

a. Analisis Kinerja Aktuator Pengaduk

Aktuator pengaduk terdiri dari dinamo DC 12 V dengan arus 2 Ampere yang terpasang dengan *gearbox*. *Gearbox* terhubung dengan pengaduk limbah melalui poros yang terbuat dari besi secara vertikal. Kinerja yang diukur pada 1 pengaduk adalah akurasi, kecepatan respon, dan stabilitas. Hasil analisis akurasi kinerja pengaduk berdasarkan waktu yaitu mencapai 100 %. Terdapat beberapa kendala dalam proses pengadukan diantaranya beban yang terlalu tinggi menyebabkan pengaduk sulit untuk berputar 360 derajat. Hal ini disebabkan cacahan limbah yang terlalu besar, sehingga dilakukan modifikasi pengaduk. Berdasarkan data yang diperoleh, akurasi kinerja sistem pengaduk menggerakkan poros pengaduk berada pada kisaran 68 %. Hal ini yang disebabkan oleh padamnya listrik di lokasi penelitian dan waktu proses penggantian pengaduk. Aktuator pengaduk membutuhkan waktu ± 1 ms untuk memutar pengaduk berdasarkan waktu yang ditetapkan dalam program. Waktu pengadukan yang ditetapkan lebih cepat 1 jam dibandingkan keran dan pompa udara yaitu pukul 06.00, 12.00, 18.00 dan 00.00. Analisis selanjutnya adalah stabilitas pengaduk yang diamati secara random sebanyak 7 kali dari target waktu yang ditetapkan. Dari hasil pengamatan, stabilitas sistem pengaduk adalah baik (stabil) (**Tabel 5.1**).

Tabel 5.1. Kinerja sistem pengaduk

No	Parameter	Nilai
1	Akurasi	68 %
2	Respon Sistem	± 1 ms
3	Stabilitas	Stabil

b. Analisis Kinerja Pompa Udara

Dari hasil analisis kinerja pompa udara berdasarkan waktu, diperoleh akurasi sistem mencapai 100 %. Akan tetapi, berdasarkan data yang terekam, akurasi kinerja sistem kendali berada pada 99,8 % yang disebabkan oleh padamnya listrik di lokasi penelitian. Aktuator pompa udara mampu menghasilkan ± 1 ms untuk mengaktifkan pompa udara setiap target waktu yang ditetapkan. Nilai masuk dalam golongan sangat baik untuk respon sistem. Analisis selanjutnya adalah stabilitas pompa udara yang diamati secara random sebanyak 7 kali dari target waktu yang ditetapkan. Dari hasil pengamatan, stabilitas sistem pompa udara adalah baik (stabil) (Tabel 5.2).

Tabel 5.2. Kinerja sistem keran udara

No	Parameter	Nilai
1	Akurasi	99,8 %
2	Respon Sistem	± 1 ms
3	Stabilitas	Stabil

c. Analisis Kinerja Keran Otomatis

Keran udara terintegrasi dengan pompa udara dalam mensirkulasikan udara pada perlakuan semi aerob. Hasil analisis akurasi kinerja keran berdasarkan waktu yaitu mencapai 100 %. Berdasarkan data yang terekam, akurasi kinerja sistem kendali berada pada 99,8 % yang disebabkan oleh padamnya listrik di lokasi penelitian. Aktuator keran otomatis membutuhkan waktu ± 1 ms untuk mengaktifkan membuka keran berdasarkan waktu yang ditetapkan. Waktu yang ditetapkan adalah 07.00, 13.00, 19.00 dan 01.00. Analisis selanjutnya adalah stabilitas keran otomatis yang diamati secara random sebanyak 7 kali dari target waktu yang ditetapkan. Dari hasil pengamatan, stabilitas sistem keran adalah baik (stabil) (**Tabel 5.3**).

Tabel 5.3. Kinerja sistem keran otomatis

No	Parameter	Nilai
1	Akurasi	99,8 %
2	Respon Sistem	± 1 ms
3	Stabilitas	Stabil

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, diperoleh akurasi kinerja sistem pengaduk adalah 68 %, dengan hasil kecepatan respon alat untuk memulai pengadukan adalah ± 1 ms. Dari berbagai kondisi pengukuran, kondisi pengaduk stabil. Pengaduk bekerja melakukan pengadukan pada pukul 06.00, 12.00, 18.00 dan 00.00 setiap harinya. Kinerja akurasi

pompa udara yaitu 99,8 % dari berbagai kondisi pengamatan. Respon sistem untuk menyalakan pompa adalah ± 1 ms dan kondisi pompa untuk berbagai kondisi adalah stabil. Demikian juga hasil unjuk kinerja akurasi keran udara otomatis yaitu 99,8 %. Respon sistem pengolahan pupuk cair untuk menyalakan keran otomatis adalah ± 1 ms dan kondisi keran untuk berbagai kondisi adalah stabil. Pompa dan keran bekerja melakukan sirkulasi pada pukul 07.00, 13.00, 19.00 dan 01.00. Sistem ini dianggap layak untuk berbagai aplikasi pembuatan pupuk hayati lainnya karena mampu menghasilkan akurasi, respon sistem, dan tingkat kestabilan yang baik dari berbagai pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- ADB. 2008. *Appendix VII : Technology Overview – Palm Oil Waste Management* <http://www.adb.org/Documents/Reports/Consultant/36557-INO/36557-INO-TACRAppendix VII.pdf> accessed on 27th November, 2008.
- BPS. 2016. *Luas dan Produksi Tanaman Kelapa Sawit di Indonesia*. Diakses dari <https://www.bps.go.id>, 20 Februari 2018.
- BPS. 2018. *Ekspor Minyak Kelapa Sawit Menurut Negara Tujuan Utama, 2000-2015*. <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/08/1026/ekspor-minyak-kelapa-sawitmenurut-negara-tujuan-utama-2000-2015.html>, diakses 18 Februari 2018.
- Dermiyati., Lumbanraja, J., Banuwa, I. S., Maulida, O. 2015. Application of Organonitrofos and Inorganic Fertilizer on Cassava *Manihot esculenta* Crantz in Ultisol Soil. *Journal of Tropical Soils*. 20(3):167-172.
- Dermiyati, Karyanto, A., Niswati, A., Lumbanraja, J., Triyono, S., Vania, N., Harini, A. 2017. Activity of Soil Microorganisms during The Growth of Sweet Corn (*Zea Mays Saccharata* Sturt) in The Second Planting Time with the Application of Organonitrofos and Biochar. *Journal of Tropical Soils*. 22 (1) : 35-41.
- Igwe, J. C. and Onyegbado. 2007. A Review of Palm Oil Mill Effluent (Pome) Water Treatment, Global. *Journal of Environmental Research*. 1(2): 54-62.

- Ketnawa, S., Chaiwut, P., Rawdkuen, S. 2012. Pineapple wastes: A potential source for bromelain extraction. *Food and Bioproducts Processing*. 90: 385–391.
- Niga, J. N. 1999. Continuous Ethanol Production From Pineapple Cannery Waste. *Journal of Biotechnology* 72: 197–202.
- Pusdatin. 2015. *Outlook Nenas. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Sekretariat Jenderal-Kementerian Pertanian*. Jakarta. 74 hlm.
- Reddy, N., and Yang, Y. 2005 Biofibers from Agricultural by Products for Industrial Applications. *TRENDS in Biotechnology* 23 (1) : 22-27.
- Sreekala, M. S., Kumaran, M. G., and Thomas, S. 1997. “Oil palm fibers: Morphology, chemical composition, surface modification and mechanical properties”, *J. Applied Polymer Sci.* 66 : 821-835.
- Telaumbanua, M., Sutiarto, L., Purwantana, B. 2014. Rancangbangun Aktuator Pengendalian Iklim Mikro di Greenhouse Untuk Budidaya Tanaman Sawi (Brassica rappa Var. Parachinensis L.). *Agritech* 34(2): 213-222.
- Telaumbanua, M., Purwantana, B., Sutiarto, L., Falah, M. A. F. 2016. Studi Pola Pertumbuhan Tanaman Sawi (Brassica rappa var.parachinensis L.) Hidroponik di Dalam *Greenhouse* Terkontrol. *Agritech* 36 (1) : 104-110.
- Triyono, S., Dermiyati, Lumbanraja, J., dan Ismono, H. 2016. Integrasi Budidaya Jamur Merang (*Volvariella Volvaceae* L) Media Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Produksi Pupuk Organonitrofos. Laporan Penelitian Strategis Nasional.54 hal.
- Widiastuti, H dan Panji, T. 2007. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sisa jamur merang (*Volvariella volvacea*) (TKSJ) sebagai pupuk organik pada pembibitan kelapa sawit. *Menara Perkebunan*, 75 (2) : 70-79.



mareli telaumbanua <mareli.telaumbanua@fp.unila.ac.id>

Editor Decision

1 pesan

jurnal tep <jurnal.tep@fp.unila.ac.id>

4 November 2019 15.52

Kepada: mareli telaumbanua <mareli.telaumbanua@fp.unila.ac.id>

Bapak Mareli Telaumbanua,

Kami mengucapkan selamat bahwa artikel Anda telah ditelaah oleh mitra bestari dan tim editorial memutuskan bahwa artikel Anda diterima untuk dipublikasikan pada JTEP Lampung edisi Volume 8 (4) Desember 2019. Pembayaran biaya penerbitan Online sebesar Rp 250.000,- dapat ditransfer melalui Rekening BNI No. 0698202763 a.n. Elhamida Rezkia Amien.

Atas kerjasamanya, kami ucapkan terimakasih

--

--Thanks and Regard--

Editorial Team JTEP Lampung

Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung

 **559. marel.pdf**
631K



Jurnal **TEKNIK PERTANIAN LAMPUNG**

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145 Telepon (62-721) 701609 ext. 846

<http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP/> email: ae.journal@yahoo.com

Bandar Lampung, 4 November 2019

Nomor : 559 /J.TEP-L/ XI /2019

Hal : Accepted Paper

Kepada Yth. :

Mareli Telaumbanua

di Tempat

Bersama ini kami sampaikan bahwa manuskrip Saudara yang berjudul :

“Rancang Bangun Sistem Pengaduk dan Pembuat Pupuk Cair Limbah Kelapa Sawit dan Nanas Otomatis dengan Metode Aerob, Semi Aerob, dan Anaerob”

telah diterima, direview oleh reviewer ahli, dan dengan gembira kami sampaikan bahwa artikel tersebut dinyatakan disetujui untuk dipublikasikan pada **J.TEP Lampung** pada Volume 8 Nomor 4, 2019. Artikel Bapak/Ibu/Saudara dapat diakses secara online melalui alamat: <http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP/>

Biaya proses penerbitan sebesar Rp 250.000,- (dua ratus lima puluh ribu rupiah). Biaya tersebut dibayarkan melalui rekening BNI, No. 0698202763 a/n Elhamida Rezkia Amien selambat-lambatnya Tanggal 15 November 2019.

Demikian disampaikan, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Chief Editor J.TEP Lampung,


Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P
NIP. 19650527 199303 1 002