

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

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

Mareli Telaumbanua^{1✉}, 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

✉Komunikasi Penulis, email : mareli.telaumbanua@fp.unila.ac.id atau marelitelaumbanua@gmail.com

DOI:<http://dx.doi.org/10.23960/jtep-lv8.i4.234-242>

Naskah ini diterima pada 20 Januari 2019; revisi pada 14 Oktober 2019;
disetujui untuk dipublikasikan pada 14 Oktober 2019

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 aerobic, 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

ABSTRAK

Hamparan 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

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara pengekspor 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.

II. BAHAN DAN METODA

Penelitian ini 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. 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.

2.1. 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 :

- Tiga tangki pengolah limbah nanas, yang terdiri dari tangki aerob, anaerob, dan semi aerob.
- Tiga tangki pengolah limbah kelapa sawit, yang terdiri dari tangki aerob, anaerob, dan semi aerob.
- Setiap tangki menggunakan pengaduk yang dapat bergerak otomatis.

Pengaduk ini terbuat dari besi yang berbentuk (simbol) tambah (+) di ujung pengaduk.

- 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 kapasistas 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).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. 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.

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).

3.2. Modul Utama Pengolah Informasi

Sistem kendali yang digunakan dalam proses pengadukan pada proses fermentasi, menggunakan mikrokontroler AVR AT Mega 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.

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



Gambar 1. Rancangan Bangun Sistem Pengolah Limbah Otomatis



Gambar 2. Sistem Pengolah Data dan Informasi

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.

3.3. Hasil Rancangan Aktuator dan Sensor Suhu

3.3.1. 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 rerata 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.

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.

3.3.2. 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 gearbox dan motor DC (Gambar 4 a dan b).

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



Gambar 3. Sensor Suhu

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.

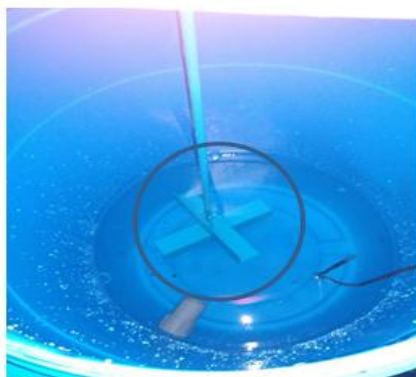
Proses aerob dilakukan dengan membuka penutup tangki selama proses fermentasi. Pada metode ini, udara luar diatur agar mampu masuk ke dalam tangki selama proses penelitian. Proses pengadukan dilakukan setiap 6 jam yaitu pada pukul 06.00, 12.00, 18.00 dan 00.00.

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 5). 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.

3.4. Analisis Sistem Kendali

3.4.1. 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



(a)



(b)

Gambar 4. (a) Aktuator Pengaduk dan (b) Motor Pengaduk Limbah



Gambar 5. Aktuator Pompa Udara (a) dan Aktuator Keran Udara (b)

Tabel 1. Kinerja Sistem Pengaduk

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

Tabel 2. Kinerja Sistem Keran Udara

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

Tabel 3. Kinerja Sistem Keran Otomatis

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

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 1).

3.4.2. 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 2).

3.4.3. 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 3).

IV. 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 menyalaikan 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., Sutiarsa, 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., Sutiarsa, 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.