

Pemanfaatan Air Leri sebagai Bahan Baku Pembuatan Pupuk Struvite

Dewi Permatasari*, Rosalina Rosadi, Sutyono, Luluk Edahwati

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294, Indonesia

Penulis Korespondensi: dewi.3permatasari@gmail.com

Abstrak

Air cucian beras hasil buangan dari rumah tangga yang mengandung kadar magnesium cukup tinggi dapat diolah menggunakan teknologi kristalisasi struvite. Struvite adalah kristal putih yang terdiri dari magnesium, amonium dan fosfor dalam konsentrasi yang sama ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$). Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dengan berbagai variabel yaitu pH larutan dan kecepatan udara yang berlangsung di reactor kolom bersekat miring. pH yang akan digunakan adalah 8,9,10 dan 11. Sedangkan kecepatan pengadukan yang digunakan adalah 1; 1,5; 2; 2,5 L/min. Dari penelitian ini didapatkan kondisi terbaik yaitu Ph 10 dan rate udara 2 liter/menit, struvite yang dihasilkan memiliki kandungan magnesium 3,7% dan pospat 31,5 %.

Kata kunci: kristalisasi; magnesium; struvite

Abstract

Rice wash water from household wastes containing high levels of magnesium can be treated using struvite crystallization technology. Struvite is a white crystal consisting of magnesium, ammonium and phosphorus in the same concentration ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$). This research was carried out in a laboratory scale with various variables such as the pH of the solution and the air rate that took place in a sloped column reactor. The pH to be used is 8,9,10 and 11. While the air rate used is 1; 1,5; 2; 2,5 L/min. The optimum final result of the research was found in pH 10 and the air rate was 2 liter/menit, the resulting struvite has content about 3,7% Magnesium and 31,5% phosphate.

Key words: crystallization; magnesium; struvite

PENDAHULUAN

Menyandang nama sebagai negara agraris, sebagian besar penduduk Indonesia bermata pencaharian di bidang pertanian. Mayoritas penduduk Indonesia memanfaatkan sumber daya alam pada sektor pertanian sehingga penghasil padi sangat banyak yang digunakan sebagai penunjang kebutuhan hidup. Namun kondisi lahan pertanian di Indonesia hingga saat ini mengalami kemunduran kesuburan tanah, kerusakan tanah dan bahkan telah mengalami penurunan produktivitas. Salah satu penyebabnya adalah pencemaran oleh penggunaan bahan agrokimia yang terlalu banyak. Untuk mengurangi kesuburan tanah akibat penggunaan pupuk kimia, produktivitas hasil pertanian perlu pemanfaatan pupuk organik yang memiliki kualitas baik.

Pupuk organik cair seperti air cucian beras atau air leri yang berasal dari limbah rumah tangga dapat dijadikan sebagai pupuk organik pada tanaman. Pupuk organik cair selain dapat meningkatkan kesuburan tanah juga dapat meningkatkan kesehatan lingkungan maupun kesuburan tanaman. Air leri merupakan hasil buangan yang berasal dari suatu proses produksi industri maupun domestik yang tidak memiliki nilai ekonomis lagi. Limbah cair ini biasanya dibuang, padahal memiliki kandungan senyawa organik dan mineral yang sangat beragam. (Wulandari dkk, 2012)

Pengolahan limbah air leri di Surabaya tidak populer. Kebanyakan industri maupun domestik langsung membuang air leri begitu saja. Mengingat air leri mengandung magnesium yang lumayan banyak sebesar 425,24 mg/kg, fosfor

sebesar 20,76 mg/kg, dan ammonium sebesar 13,43 mg/kg maka pengolahan limbah air leri dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk produksi pupuk *struvite*.

Struvite merupakan endapan yang terbentuk dari reaksi magnesium, amonium, dan fosfat yang membentuk $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$, hasil akhir berbentuk *crystal*. Proses *recovery* Magnesium sebagai *struvite* diperlukan sumber fosfat dan ammonium tambahan. *Struvite* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah rasio molar, pH, kecepatan pengadukan, laju, waktu aerasi, dan ion pengotor. pH merupakan faktor penting dalam pembentukan *struvite* karena berpengaruh pada kelarutan dan sifat termodinamika. (Iswarani, 2018).

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah untuk mendapatkan *struvite* dari air leri (air cucian beras) menggunakan reactor kolom bersekat miring dengan pengaruh pH dan kecepatan udara.

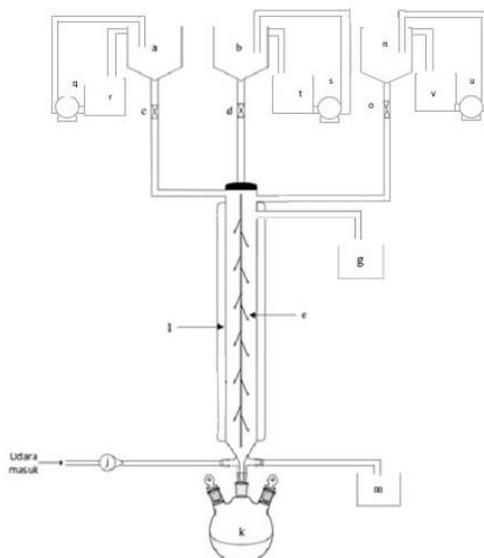
METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan - bahan yang digunakan diantaranya Air leri yang didapatkan dari rumah makan daerah Rungkut, Surabaya digunakan sebagai sumber Mg^{2+} . Larutan NaOH digunakan sebagai pengatur pH. NH_4OH digunakan sebagai sumber ion NH_4^+ dan H_3PO_4 digunakan sebagai sumber ion PO_4 .

Alat

Alat utama yang digunakan yaitu reactor kolom bersekat miring. Rangkaian alatnya sebagai berikut :



Keterangan :

- Tangki penampung NH_4OH dan H_3PO_4
- Tangki penampung NaOH
- Valve pengatur laju NH_4OH dan H_3PO_4
- Valve pengatur laju NaOH
- Sekat
- Thermocontrol
- Tangki penampung overflow
- Pemanas air
- Pompa air
- Rotameter
- Labu leher tiga
- Pemanas jaket
- Tangki penampung larutan
- Tangki penampung air leri
- Valve pengatur laju air leri
- Pemanas dan teko
- Pompa overflow NH_4OH dan H_3PO_4
- Tangki penampung overflow NH_4OH dan H_3PO_4
- Pompa overflow NaOH
- Tangki penampung overflow NaOH
- Pompa overflow air leri
- Tangki penampung overflow air leri

Prosedur

Pembuatan *Struvite*

Menyiapkan larutan MAP (Magnesium, Amonium, Pospat) dengan perbandingan molar 1:2:2. Selanjutnya isi sekat dengan Magnesium, Amonium, Fosfat hingga mencapai ketinggian $\frac{3}{4}$ dari reaktor. Atur suhu sesuai dengan suhu ruangan $25^\circ C$. Nyalakan kompresor untuk mengalirkan udara kedalam reaktor dengan rate udara yang telah ditentukan yaitu 1; 1,5; 2; 2,5 Liter/menit. Alirkan larutan Magnesium, Amonium, Fosfat sesuai laju alir yang diinginkan dan buka kran NaOH sampai pH larutan mencapai pH yang ditentukan dengan variable 8, 9, 10, 11. Tunggu selama 5 menit lalu proses dihentikan. Kemudian tampung filtrat dan saring menggunakan kertas saring. Keringkan endapan *struvite* pada suhu ruangan $25^\circ C$ selama 48 jam dan catat berat endapan. Lakukan analisa terhadap endapan tersebut menggunakan XRF, XRD dan SEM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Awal Limbah Air Leri (air cucian beras)

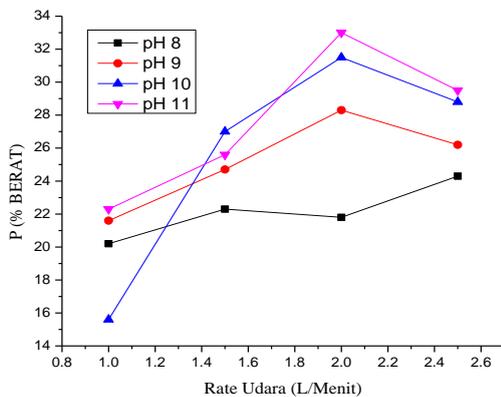
Hasil analisa awal bahan baku limbah air leri menggunakan uji XRF didapatkan kandungan Magnesium 425,24 mg/kg; Fosfor 20,76 mg/kg; Amonium 13,43 mg/kg. Hal tersebut diketahui bahwa Magnesium pada air leri cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk *struvite*.

Analisa Kandungan Fosfor dan Magnesium menggunakan metode XRF

Tabel 1. Data kandungan Mg dan P (%)

pH	Komponen	Rate Udara (L/menit)			
		1	1,5	2	2,5
8	Mg	1%	1,8%	1,7%	2,1%
	P	20,2%	22,3%	21,8%	24,3%
9	Mg	1,4%	2%	2,8%	2,3%
	P	21,6%	24,7%	28,3%	26,2%
10	Mg	1,3%	2,6%	3,7%	2,9%
	P	15,5%	27%	31,5%	28,8%
11	Mg	2,4%	2,9%	3,4%	3,1%
	P	22,3%	25,6%	33%	29,5%

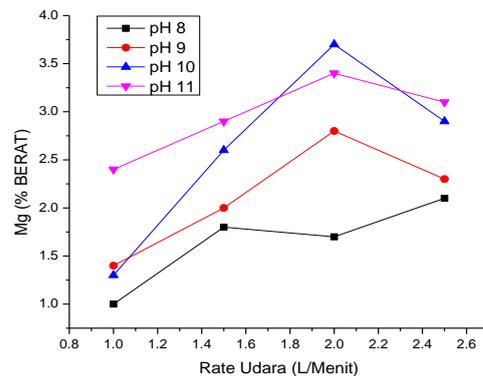
Data diatas diperjelas dengan menggunakan grafik. Grafik dari data tersebut dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 1. Pengaruh Rate Udara dengan % Berat P dalam Mineral *Struvite*

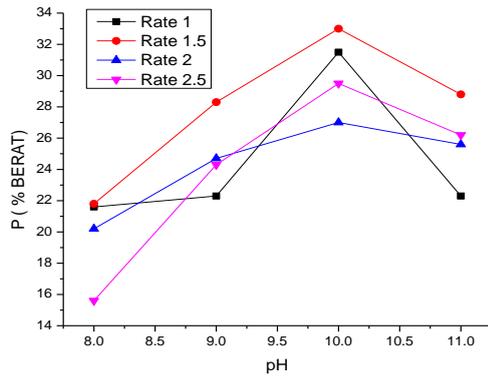
Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa kandungan unsur P untuk kondisi pH 8, 9, 10, dan 11 cenderung mengalami peningkatan pada laju udara 2 L/menit dan mengalami penurunan hingga laju udara 2,5 L/menit. Udara yang masuk ke dalam reaktor memiliki fungsi sebagai media untuk mencampur dan tidak ikut bereaksi di

dalam larutan. Semakin besar tingkat homogenitas pada larutan dalam reaktor maka reaksi pembentukan kristal *struvite* akan semakin besar. Kondisi terbaik adalah pada rate udara 2 L/menit sedangkan pada rate udara 2,5 L/menit terjadi penurunan yang dikarenakan apabila rate udara yang diberikan terlalu besar maka tumbukan antar partikel yang terjadi sangat cepat sehingga proses pencampuran menjadi kurang baik dan reaksi pembentukan *struvite* menjadi tidak stabil.



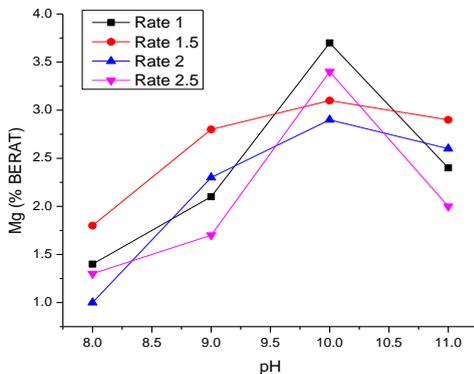
Gambar 2. Pengaruh Rate Udara dengan % Berat Mg dalam Mineral *Struvite*

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa kandungan unsur Mg untuk kondisi pH 8, 9, 10, dan 11 cenderung mengalami peningkatan pada laju udara 2 L/menit dan mengalami penurunan hingga laju udara 2,5 L/menit. Hal ini dikarenakan udara yang diberikan akan berperan sebagai pengaduk yang membuat larutan di dalam reaktor menjadi homogen. Dimana semakin besar laju aliran udara maka reaksi pembentukan kristal *struvite* akan semakin cepat dan tumbukan antar partikel akan semakin besar pula. Kondisi terbaik adalah pada rate udara 2 L/menit sedangkan pada rate udara 2,5 L/menit terjadi penurunan tetapi tidak signifikan hal ini dikarenakan apabila rate udara yang diberikan terlalu besar maka tumbukan antar partikel yang terjadi sangat cepat sehingga proses pencampuran menjadi kurang baik dan reaksi pembentukan *struvite* menjadi tidak stabil.



Gambar 3. Pengaruh pH dengan % Berat P dalam Mineral *Struvite*

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa, untuk pengaruh pH terhadap berbagai variasi dari rate udara mengalami kenaikan dan penurunan. Berdasarkan grafik diatas dapat dikatakan bahwa pada rate 1,5 pH 10 mengalami kenaikan yang lebih besar dibandingkan dengan pH 11. Sedangkan pada pH 8 dan 9 pembentukan dari mineral *struvite* masih belum optimal sedangkan pH 11 kandungan dari mineral *struvite* mengalami penurunan yang diakibatkan oleh bertambahnya jumlah impurities berupa mineral pengotor yang terbentuk pada pH tinggi.

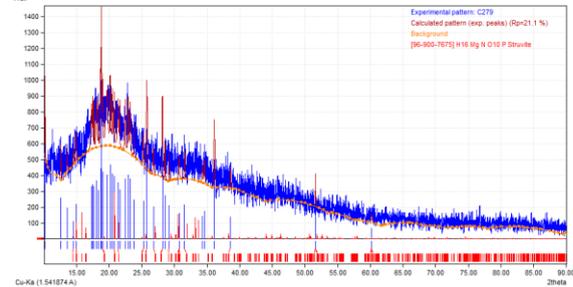


Gambar 4. Pengaruh pH dengan % Berat Mg dalam Mineral *Struvite*

Bentuk grafik yang didapatkan pada pH 8, 9, 10, dan 11 adalah berbentuk simetris sedangkan pada pH 10 dengan rate 1,5 L/menit mengalami kenaikan yang cukup tinggi hingga melebihi pH 11 hal ini dikarenakan pH 10 merupakan pH optimum dalam pembentukan kristal *struvite*. Pada pH 8 dan 9 pembentukan mineral *struvite* dapat dikatakan belum optimal sedangkan pada pH 11 kandungan mineral *struvite* mengalami

penurunan yang diakibatkan oleh bertambahnya jumlah impurities yang terbentuk pada pH tinggi.

Analisa XRD (X-Ray Diffraction) dan SEM (Scanning Electro Microscope)

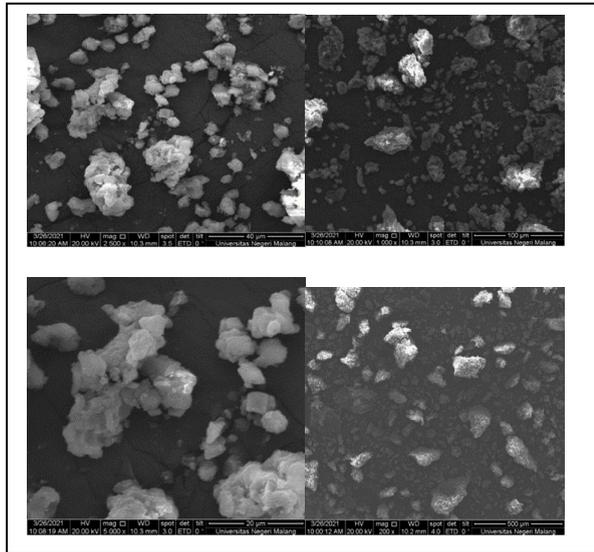


Gambar 5. Hasil Analisa XRD Material *Struvite* pada Kondisi pH 11 dan Rate Udara 1,5 L/Menit.

Karakteristik morfologi struvite diamati menggunakan scanning electron microscope (SEM). Sedangkan komposisi kualitatif dari kristal dapat diidentifikasi dengan metode analisa XRD (Rahman dkk, 2014). Hasil analisa dengan metode XRD pada pH 11 dengan rate udara 1,5 L/menit ditunjukkan pada Gambar 4.1 dapat dijelaskan bahwa material struvite telah terbentuk. Hal ini dibuktikan dengan adanya puncak grafik yang berwarna merah (pola difraksi struvite) adapun puncak grafik berwarna biru adalah pola difraksi dari endapan yang diuji. Puncak pada setiap pola difraksi struvite telah diisi oleh puncak pola difraksi endapan yang diuji. Akan tetapi terdapat beberapa puncak pada kedua pola difraksi yang tidak sesuai. Penyebabnya adalah endapan yang diuji masih tidak murni sepenuhnya adalah struvite, endapan yang diuji masih mengandung impurities dan mengandung mineral lain yang terbentuk selama proses kristalisasi (Prabhu and Mutnuri, 2014), sehingga bentuknya amorf. Untuk membuktikan bahwa bentuk kristal struvite yang didapatkan adalah amorf maka kita perlu melakukan SEM analysis untuk mengetahui bentuk kristal struvite yang didapatkan. Hasil analisa SEM adalah seperti ditampilkan pada gambar 6.

Berdasarkan penelitian sebelumnya (Fitriana dkk, 2016) dikatakan bahwa kristal struvite murni memiliki bentuk batang dengan ujung runcing, permukaannya bersih dan tanpa cacat. Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat karakteristik kristal struvite yang didapatkan adalah amorf atau tidak beraturan. Perbesaran

yang digunakan dalam analisis tersebut peneliti memilih perbesaran 200,1000,2500 dan 5000 dengan harapan karakteristik kristal *struvite* dapat terlihat dengan jelas. Karakteristik kristal *struvite* tentu saja dipengaruhi oleh kandungan yang terdapat dalam kristal *struvite* tersebut



Gambar 6. Hasil Analisa SEM pada Berbagai Pembesaran

SIMPULAN

Dalam penelitian yang berjudul “Pemanfaatan Air Leri Sebagai Bahan Baku Pembuatan Pupuk Struvite” dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Rate Udara yang terbaik dalam pembentukan mineral *struvite* dari air leri ini adalah pada rate 2 liter/menit. pH yang terbaik dalam pembentukan mineral *struvite* dari air leri ini adalah pH 10. *struvite* yang dihasilkan memiliki kandungan magnesium 3,7% dan phosphate 31,5 %.
2. Kristal *struvite* yang terbentuk memiliki jenis kristal seperti piramida yang tidak beraturan berwarna putih atau bisa disebut dengan berbentuk otorombik.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, F 2007, *Tanah Sawah Bukaannya Baru*, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
 Agustinah, TI 2016 “Pengaruh pH dan Temperature terhadap Pembentukan *Struvite* dari Urine Manusia”, Tugas Akhir Program Studi Teknik

Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Anita, P 2011, “Kristalisasi Ammonium Perchlorat (AP) dengan Sistem Pendingin Terkontrol untuk Menghasilkan Kristal Berbentuk Bulat”, vol. 09 (02), hal.124-131.
 Ariyanto, E, et al. 2013, “Impact of Various Physico-Chemical Parameters on Spontaneous Nucleation of *Struvite* ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) Formation in A Waste Water Treatment Plant: Kinetic and Nucleation Mechanism”, *Desalination and Water Treatment Journal*, vol. 01 (10), pp.1-12.
 Ariyanto, 2015 “Penyisihan PO_4 dalam Air Limbah Rumah Sakit Untuk Produksi Pupuk *Struvite*”, *Jurnal UMJ*, vol. 20 (04).
 Bahar, A E 2016, “Pengaruh Pemberian Limbah Air Cucian Beras terhadap Pertumbuhan Tanaman Kangkung darat (*Ipomoea reptans Poir*)”, *Artikel Ilmiah Agroteknologi*.
 Basri, 2005. “Studi Karakteristik Dan Profil Pertumbuhan *Bacillus* Sp. Td5b Pada Penambahan Amonium Yang Berbeda”. *Jurnal UGM*. 010:1-6.
 Bhuiyan, MIH, et al. 2007, “Nucleation and Growth Kinetic of *Struvite* in a Fluidized Bedreactor”, *Journal of Crystal Growth*, vol. 03 (06), pp. 1187-1194.
 Bing, 2018 “Fosfat Ous Recovery Through *Struvite* Crystallization: Challenges for Future Design”, *Science of the Total Environment Journal*, vol 648, pp 1425.
 Fitriana, AR, Warmadewanthi, dan IDAA, 2016 “Penurunan Kadar Amonium dan Fosfat pada Limbah Cair Industri Pupuk”. Surabaya : Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS Surabaya.
 Greankoplis, CJ 1993, *Transport Processes and Unit Operation third edition*, Prentice Hall, New Delhi.
 Hartatik, W, Husnain, Widowati, L R 2015, “Peranan Pupuk Organik dalam Peningkatan Produktivitas Tanah dan Tanaman”, *Jurnal Sumber daya Lahan* vol. 09 (02), hal. 107-120.
 Hernawan, E., dan Vita M. 2016, “Analisis Karakteristik Fisikokimia Beras Putih, Beras Merah, Dan Beras Hitam (*Oryza Sativa L.*, *Oryza Nivara* Dan *Oryza Sativa. L. Indica*)”, *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada*. Vol. 15 (1), hal. 79-91.
 Iswarani, 2018, “Recovery Fosfat dan Amonium Menggunakan Teknik Presipitasi *Struvite*”, *Jurnal Teknik*, vol. 07 (01), hal. 1-8.
 Liu, JC, 2009, “Recovery of Phosphate and Ammonium as *Struvite* from Semiconductor Wastewater”, *Journal of Separation and Purification Technology*, vol 64 (01), pp. 368-373.

- Lachman, L, Lieberman, H dan Kanig, JN 1986, *The Theory and Practice of Industrial Pharmacy Edisi ke-3*, Lea & Febiger, New York.
- McCabe. WL, Smith, JC, and Harriott, P 2005. *Unit Operation of Chemical Engineering*, Mc Graw Hill, Singapore.
- Nelson, NO, Et Al. 2003, "Struvite Precipitation In Anaerobic Swine Lagoon Liquid: Effect of PH And Mg:P Ratio and Determination of Rate Constant", *Bioresource Technology Journal*, vol. 08 (09), pp. 229 – 236.
- Petrucci, Ralph H, 1985, *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern Edisi keempat-jilid 2*, Jakarta : Erlangga.
- Rawn, AM, et al. 1937. "Multiple-Stage Sewage Sludge Digestion", *American Society of Civil Engineers Journal*, vol. 02 (10), pp. 93-132.
- Rismakafiles, 2005 "Crystallization from Metastable Region with Different Types of Seed Crystal", *Journal of Non-equilibrium Thermodynamics* vol. 30 (02), pp. 95-111.
- Soemargono, 2001, "Kinetika Reaksi Karbon atasi Suspensi Serbuk Batuan Marmer Dalam Reaktor Kolom Gelembung Bersekat Miring", *Jurnal Reaktor*, vol 05 (02), hal. 84-89.
- Sutiyono, et. al, 2017, "Kinetics Analysis of Synthesis Reaction of Struvite With Air-Flow Continous Vertical Reactors", *Journal of Physics*, vol 951 (01), pp. 1-6.
- Wardiah, Linda, dan Rahmatan H 2014, "Potensi Limbah Air Cucian Beras sebagai Pupuk Organik Cair pada Pertumbuhan Pakchoy (*Brassica rapa L.*)", *Jurnal Biologi Edukasi*, vol. 06 (01), hal. 34-38.
- Wulandari, GM, Muhartini, S, dan Trisnowati, S 2012, "Pengaruh Air Cucian Beras Merah dan Beras Putih terhadap Pertumbuhan dan Hasil Selada (*Lactucasativa L.*)", *Jurnal Pertanian*, vol 01 (01), hal. 1-10.