

## HI-PURE: Degradasi Logam Berat Limbah Cair Tekstil Dengan Isolasi Selulosa Serat Daun Nanas Guna Mendukung Ketersediaan Air Bersih dan Budidaya Tanaman Pakcoy Berbasis Internet of Things (IoT)

Aghits Zulvia Rachmawati<sup>1</sup>, Fajrul Fallaah Hidayatulloh<sup>2</sup>, Yevi Irawan<sup>3</sup>, Rahmat Basya Shahrys Tsany<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>) Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang 65145, <sup>4</sup>) Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya 60111

\*Email: [aghitszulvia@gmail.com](mailto:aghitszulvia@gmail.com)

### Abstrak

Berdasarkan data KEMENPERIN 2019, Industri tekstil di Indonesia mengalami peningkatan sebesar 15,08% yang berdampak juga pada peningkatan volume limbah cair. Logam berat pada limbah cair batik akan mencemari ekosistem perairan, sehingga perlu adanya upaya menghilangkan kadar logam berat seperti Cadmiun (Cd), Timbal (Pb), dan Cromium (Cr) untuk menghasilkan air bersih sesuai baku mutu. Salah satu alternatif adsorpsi logam berat pada limbah cair tekstil adalah dengan memanfaatkan serat daun nanas karena memiliki kadar selulosa 73 – 80%. Produksi nanas di Indonesia terus mengalami peningkatan. Namun, pemanfaatan nanas hanya terbatas di buahnya saja, sehingga daun nanas menjadi limbah organik dan belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengubah limbah cair batik menjadi air bersih sesuai baku mutu sehingga layak digunakan sebagai media hidroponik Pakcoy. Proses penjernihan HI-PURE dimulai dari pengendapan dengan *clarifier*, aerasi, filtrasi dengan serat selulosa daun nanas, karbon aktif, dan mikrofilter, sterilisasi air dengan sinar UV, serta pengujian pH, TSS, dan TDS dengan beberapa sensor. Jika karakteristik air tidak sesuai, air akan dialirkan kembali ke bak penampungan untuk dilakukan pemurnian ulang. Penelitian ini dilengkapi dengan teknologi *Internet of Things* yang terbagi atas perangkat keras, basis data, dan perangkat lunak. Integrasi IoT dapat mempermudah selama monitoring hasil dan mengotomatisasi kerja sistem.

**Keywords:** Internet of Things, Pakcoy, Selulosa, Serat daun nanas

### 1. PENDAHULUAN

Air bersih merupakan suatu kebutuhan manusia yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu kegiatan manusia yang berpotensi menyebabkan air bersih dapat tercemar adalah aktivitas industri batik. Secara umum, industri batik memiliki dampak yang besar terhadap pencemaran air. Hal itu dikarenakan limbah cair batik mengandung bahan organik, padatan tersuspensi, minyak atau lemak tinggi serta adanya kandungan logam berat yang berbahaya yaitu Cd, Zn, Cu, Cr, dan Pb (Muniarti dkk, 2015). Diperkirakan penggunaan air dalam proses pembuatan batik rata-rata adalah 25 – 50 m<sup>2</sup> per meter kain batik. Hampir 85% dari persediaan air bersih tersebut menjadi limbah cair batik dengan volume yang besar, warna yang pekat, dan berbau menyengat. Selain itu, limbah cair batik memiliki karakteristik suhu, keasaman (pH), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), serta *Total Suspended Solid* (TSS) yang tinggi (Indrayani, 2018). Menurut penelitian Mahfudz (2018), industri batik menghasilkan limbah cair sebesar 0,317 mg/L yang melebihi ambang batas. Sehingga, perlu adanya tindakan untuk meminimalisasi kadar logam berat di lingkungan perairan.

Beberapa alternatif telah dilakukan untuk menghilangkan logam berat pada limbah cair, diantaranya koagulasi, kompleksasi, ekstraksi pelarut, pertukaran ion, dan adsorpsi. Pada penelitian ini, proses adsorpsi dipilih sebagai metode untuk mengonsentrasikan logam berat karena dianggap lebih ekonomis dan preparasi yang mudah dalam pengolahan air dan limbah (Desianna dkk, 2017). Proses adsorpsi akan dibantu dengan alat filter air HI-PURE untuk menjernihkan air atau menurunkan tingkat kekeruhan, membunuh mikroorganisme tercemar, serta menghasilkan air bersih sesuai standar baku mutu media tanaman hidroponik.

Pemanfaatan selulosa pada bahan organik merupakan salah satu cara yang dapat digunakan dalam pengolahan air limbah. Bahan organik yang mengandung selulosa dapat diperoleh dari tumbuhan non kayu karena memiliki kandungan lignin yang rendah serta bersifat ramah lingkungan. Salah satu tanaman non kayu adalah nanas. Nanas banyak dimanfaatkan daging buahnya saja, sehingga sampah organik daun nanas banyak yang terbuang sia – sia. Untuk menambah nilai ekonomisnya, daun nanas (*Ananas cosmosus*) dapat digunakan sebagai adsorben logam berat karena memiliki kandungan selulosa sebesar 62 – 79% (Mayangsari, 2019). Kandungan selulosa dalam serat daun nanas diharapkan dapat menjadi adsorben logam berat. Sebelum digunakan sebagai penjernap, selulosa perlu diberi perlakuan tertentu, seperti: perlakuan asam, perlakuan basa, dan pencangkakan.

Pada penelitian ini, dilakukan proses delignifikasi penambahan NaOH 10% pada daun nenas untuk menghilangkan lignin dan memperoleh kandungan selulosa yang tinggi sehingga air yang dihasilkan akan sesuai standar baku mutu air bersih yang layak untuk irigasi hidroponik Pakcoy nantinya.

Alat kerja HI-PURE yang digunakan sebagai irigasi hidroponik pakcoy akan dilengkapi dengan *Internet of Things* (IoT) untuk mengawasi proses kerja secara real time agar sistem berjalan secara maksimal. Alat ini akan menampilkan informasi proses dan karakteristik air yang dihasilkan. Apabila sudah sesuai nantinya akan dipompa menuju pipa irigasi. Namun, apabila baku mutu air bersih yang dihasilkan belum sesuai, nantinya akan dilakukan *recycle* aliran. Sistem IoT akan terhubung melalui aplikasi *smartphone*. Karya ini diharapkan dapat meningkatkan nilai guna sampah organik (daun nenas), megatasi masalah pencemarah lingkungan, mendukung ketersediaan air bersih, serta mendukung adanya ekonomi kreatif.

## 2. METODE

### 2.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan analisis deskriptif kuantitatif yang bersifat konkret, uji empiris, dan fakta nyata yang terukur sehingga dapat ditarik kesimpulan dan kebermanfaatannya. Alur penelitian dimulai dari perumusan masalah, pengumpulan data studi literatur, proses pengolahan serat daun nenas menjadi selulosa, perancangan design alat secara 3D menggunakan aplikasi Autodesk Inventor dan Adobe Illustrator, proses pengolahan serat daun nenas menjadi selulosa, perancangan alat HI -PURE, perakitan alat HI -PURE yakni menggabungkan komponen menjadi 1 kesatuan, simulasi HI -PURE dengan sensor *Internet of Things* (IoT), sehingga diperoleh air bersih yang tidak mengandung logam berat dan sesuai standar baku mutu air bersih. Kemudian dilakukan analisis dan perawatan berkala agar selalu berjalan secara optimal.

### 2.2 Pengolahan Limbah Serat Daun Nanas Menjadi Selulosa

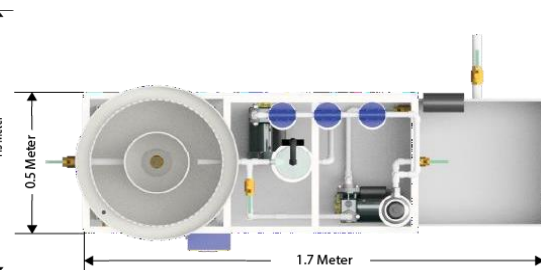
Prosedur penelitian diawali dengan uji karakteristik limbah cair menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) Flame untuk mengetahui kandungan kadar logam berat pada limbah sebelum dilakukan proses adsorpsi. Selanjutnya, pembuatan serbuk selulosa dilakukan dengan mencuci daun nenas dan dipotong dengan ukuran 1 cm. Potongan daun nenas digiling sampai halus dan diayak dengan saringan 1 mm<sup>2</sup>. Serbuk nenas yang masih kasar dioven pada suhu 60°C selama 4 jam kemudian diayak kembali dengan saringan (Desianna dkk, 2017).

Proses isolasi selulosa serat daun nenas menggunakan 30 gram serbuk nenas yang dimasukkan ke dalam gelas kimia. Selanjutnya, larutan NaOH 5% ditambahkan ke dalam gelas kimia berisi serbuk nenas dan campuran diaduk dengan rata selama 90 menit. Penambahan larutan NaOH berfungsi untuk melarutkan *lignin* saat proses *pulping* sehingga mempercepat pemisahan dan pemutusan serat. Campuran tersebut dicuci menggunakan *aquades* dan dikeringkan pada suhu 105°C selama 16 jam. Serbuk diayak, lalu dicampur dengan cairan ionik *kolin klorida* dan dipanaskan sampai suhu 130°C. Setelah melewati proses pemanasan, serbuk nenas dicuci dengan akuades untuk menghilangkan cairan ionik sehingga diperoleh selulosa kemudian dimasukkan ke dalam oven sampai berat konstan (Yoricya et al, 2016). Serbuk selulosa serat daun nenas yang dihasilkan diuji menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk mengidentifikasi gugus fungsi selulosa. Serbuk selulosa kemudian diaplikasikan pada alat HI – PURE untuk mengadsorpsi kadar logam berat pada limbah cair.

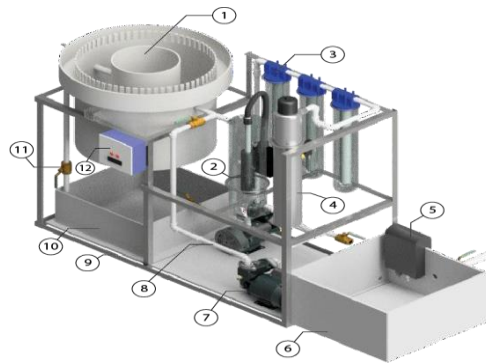
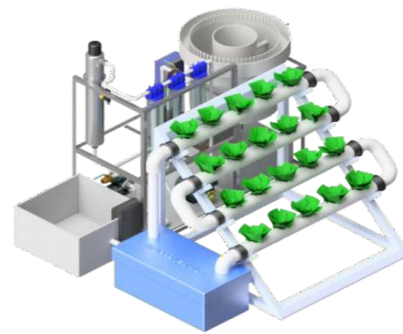
### 2.3 Analisis Rancang Bangun HI-PURE



Gambar 2.1 Tampak depan alat HI-PURE



Gambar 2.2 Tampak atas alat HI-PURE

**Gambar 2.3** Tampak samping alat HI-PURE**Gambar 2.4** Alat HI-PURE dilengkapi dengan aliran hidroponik Pakcoy

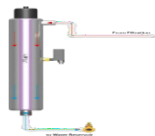


**\*Keterangan:** 1) Clarifier, 2) Aerator, 3) Housing Filter, 4) UV Sterilizer, 5) TDS dan pH sensor, 6) Water Reservoir, 7) Pump, 8) Pipe  $\frac{3}{4}$  inch, 9) L-Steel Frame, 10) Solid Water Reservoir, 11) Valve, 12) Controller Box

HI – PURE memiliki ukuran panjang 1.7 m  $\times$  lebar 0.5 m  $\times$  tinggi 1.3 m dengan tahapan filtrasi, diantaranya *clarifier*, *aerator*, media penjernih berupa limbah serat daun nanas, karbon aktif, pasir silika, zeolit yang memiliki perbandingan komposisi 4 : 2 : 1.5, filter mikron sebesar 0.5 – 0.1  $\mu$ , pembunuh kuman dengan sinar UV yang memiliki panjang 0.6 m, yang mana alat ini nantinya akan dilengkapi dengan sensor *Internet of Things* (IoT). Debit penjernihan air menggunakan instalasi pipa  $\frac{3}{4}$  inchi dengan besar tabung penyaring 4 inchi dan tinggi 1 m menghasilkan output 2.5 liter/menit untuk produksi air bersih. HI – PURE dilengkapi dengan 2 buah pompa DC 24volt 1 Ampere pada bagian bawah untuk mengalirkan air dari aerator menuju proses filtrasi serta mengalirkan air yang belum sesuai standar baku mutu untuk kembali ke proses aerasi.

## 2.4 Proses Filtrasi Alat HI-PUREMETODE

**Tabel 2.1** Penjelasan Prosedur per Komponen Alat

<p>2.4.1 Sedimentasi</p> <p><b>Gambar 2.5</b> Clarifier Sedimentasi</p>	<p>Proses pengendapan dilakukan pada bak penampung yang dibentuk seperti <i>clarifier</i>. Air Limbah memasuki <i>clarifier</i> pada bagian tengah silinder untuk mengurangi turbulensi aliran di luar tabung, sehingga air keluar dengan keadaan bersih dan proses sedimentasi berjalan dengan baik. Bak ini akan mengendapkan partikel padat di bagian bawah serta memisahkan <i>foam</i> dan minyak yang berada di bagian atas. Air limbah yang telah bebas dari partikel padat dan minyak akan keluar melalui bagian tengah bak.</p>
<p>2.4.2 Aerasi</p> <p><b>Gambar 2.6</b> Aerator</p>	<p>Setelah proses sedimentasi, limbah cair batik melalui tahap aerasi dengan alat aerator untuk melarutkan oksigen terlarut dalam air, melepaskan kandungan gas terlarut dalam air, serta membantu proses pengadukan. Selain itu, proses ini bertujuan untuk mengoksidasi logam seperti Fe dan Mn menjadi ferri-oksida dan mangan-oksida untuk bisa terpisah atau mengendap pada bagian bawah aerator. Limbah cair batik akan keluar melalui bagian samping aerator untuk dipompa menuju rangkaian alat filtrasi.</p>
<p>2.4.3 Filtrasi</p> <p><b>Gambar 2.7</b> Tabung Filtrasi</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Filtrasi 1</b> Filtrasi 1 berisi selulosa serat daun nanas. Membran selulosa serat daun nanas berfungsi untuk mengadsorpsi logam yang tidak teroksidasi pada bagian aerasi seperti logam Cadmium (Cd) dan Cromium (Cr) dan menyaring oksida logam yang tidak mengendap pada tahap sebelumnya.</li> <li>• <b>Filtrasi 2</b> Filtrasi 2 berisi karbon aktif, zeolit, dan pasir silika. Proses ini untuk menghilangkan polutan mikro seperti zat organik, bau, dan warna pada limbah cair.</li> <li>• <b>Filtrasi 3</b> Filtrasi 3 merupakan mikrofilter menggunakan <i>cartridge filter</i> air untuk mengurangi kadar polutan dari limbah cair</li> </ul>

	batik serta menyaring partikel yang memiliki ukuran kecil ((0,1-0,5 $\mu$ ).
<p>2.4.4 Sterilisasi UV</p>  <p><b>Gambar 2.8</b> Tabung Sinar UV</p>	Kemudian, air yang sudah terlihat jernih dilewatkan pada sterilisator ultraviolet berjenis <i>germesidal</i> untuk membunuh bakteri dalam air dengan sinar dari lampu UV. Pada sterilisator ultraviolet juga dipasang <i>flow sensor</i> untuk memantau aliran air yang terjadi pada sistem. Sehingga apabila terjadi abnormalitas pada aliran air sistem, maka pengguna dapat melakukan pengecekan terhadap alat.
<p>2.4.5 Recycle</p>  <p><b>Gambar 2.9</b> Penampungan air bersih dan pipa <i>recycle</i></p>	Air yang telah bebas dari bakteri kemudian ditampung pada bak penampung air bersih yang dilengkapi dengan sensor pH dan sensor TDS. Air sebagai media tanam hidroponik sebaiknya memiliki parameter kadar paling tinggi diantaranya pH 6-8, TSS 50 mg/L, BOD 60 mg/L, COD 150 mg/L, Cadmium (Cd) total 1 mg/L. Apabila karakteristik melebihi batas tersebut, maka air dipompa kembali untuk di- <i>recycle</i> memasuki tahap aerasi.
<p>2.4.6 Irigasi Hidroponik Pakcoy</p>  <p><b>Gambar 2.10</b> Hidroponik Pakcoy</p>	Air bersih yang sesuai baku mutu, layak digunakan sebagai media budidaya hidroponik seluruh tanaman salah satunya tanaman Pakcoy yang memiliki diameter pipa 3 <i>inch</i> . Agar diperoleh hasil yang menguntungkan, penanaman Pakcoy dilakukan dalam skala yang besar.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Proses Filtrasi Alat HI-PURE

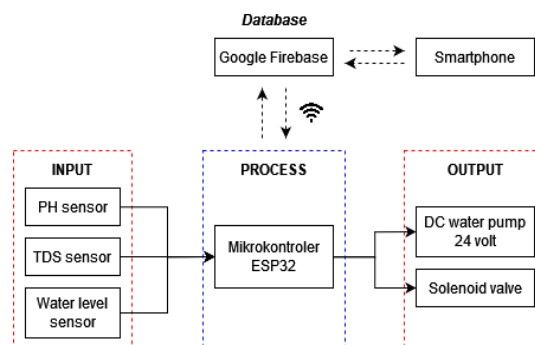
Setelah diperoleh data standar baku mutu air bersih sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2001. Data tersebut akan jadi acuan untuk membandingkan sampel hasil dengan standar baku mutu yang telah ditentukan. Berikut merupakan hasil perbandingan uji limbah cair tekstil setelah melewati filtrasi air HI -PURE terhadap standar baku mutu air bersih.

**Tabel 3.1** Hasil Kerja Alat HI-PURE

No	Parameter	Hasil (mg/L)	Baku Mutu Air Untuk Pengairan Tanaman (mg/L)	Hasil
1	pH	6,5	6 - 8	Normal
2	TSS	12	< 50	Normal
3	BOD	3	< 6	Normal
4	COD	13	< 50	Normal
5	Cadmium Total	0,01%	< 1,0%	Normal

#### 3.2 Fitur Internet of Things (IoT)

Integrasi HI-PURE dengan sistem IoT memberikan kemudahan bagi pengguna dalam hal melakukan pemantauan dan otomatisasi cara kerja alat sehingga air yang dihasilkan untuk irigasi hidroponik menjadi lebih baik dan sesuai dengan baku mutu air bersih. Pengguna tidak perlu melakukan uji lab setiap saat untuk melihat hasil air yang sudah melewati proses penyaringan. Pengguna dapat memantau kualitas air tersebut secara *real-time* karena kualitas air sudah dideteksi menggunakan sensor. Selain untuk pemantauan, otomatisasi kerja juga dilakukan pada saat mengalirkan air dari tiap bagian penyaringan. Berikut merupakan diagram blok alur kerja dari teknologi *Internet of Things*.



**Gambar 2.11** Diagram Blok Prinsip kerja IoT



### 3.3 Fitur Aplikasi HI-PURE



**Gambar 2.12** Tampilan Fitur HI-PURE Pada *Smartphone*

Alat ini dilengkapi dengan *software* berupa aplikasi yang dapat dijalankan pada platform android maupun IOS di *smartphone* pengguna. Pembuatan aplikasi bertujuan untuk memberikan akses kemudahan bagi pengguna dalam hal monitoring alat terhadap beberapa parameter yang telah ditentukan, mengontrol alat, dan berbagai macam fitur lainnya. Beberapa fitur yang terdapat pada aplikasi diantaranya: *splash screen*, *login page*, *home page*, *monitoring page*, *statistic page*, dan *shopping page*. Fitur ini memberikan kemudahan bagi pengguna untuk menjual hasil produk serta membeli kebutuhan bagi kebun hidroponiknya. Pada bagian halaman “Hasil Panen” akan menampilkan hasil produk dari pengguna yang dapat dijual belikan sesuai harga yang ditentukan oleh pengguna sendiri. Kemudian pada halaman “Benih”, “Media Tanam”, dan sebagainya merupakan halaman agar pengguna dapat membeli kebutuhan dari kebun mereka. Hasil penjualan dari kebun pengguna otomatis akan terekam data riwayatnya dan dikirimkan ke database untuk disimpan.

### 4. KESIMPULAN

HI -PURE merupakan alat filtrasi air yang multi fungsi karena mampu memanfaatkan potensi limbah serat daun nanas sebagai adsorben logam berat, instalasi HI – PURE terdiri atas beberapa tahap diantaranya pengendapan melalui *clarifier*, aerasi, filtrasi menggunakan 3 tahap, antara lain: filtrasi dengan serat selulosa daun nana, filtrasi dengan karbon aktif, pasir silika, dan zeolit, filtrasi dengan *microfilter*, kemudian dilakukan pengontakkan dengan sinar UV untuk membunuh mikroorganisme yang masih ada dalam air tersebut. Selanjutnya dilakukan sensor uji baku mutu air bersih melalui *Internet of Things* (IoT), apabila hasil belum sesuai maka akan dilakukan *recycle* pada proses *aerasi* dan apabila hasil sudah sesuai akan dilanjutkan pada pipa irigasi hidroponik Pakcoy. Produksi hidroponik Pakcoy dengan HI -PURE dinilai kreatif karena memanfaatkan potensi sampah organik sebagai adsorben logam berat, inovatif karena tidak membutuhkan banyak lahan, serta ekonomis karena siklus panen yang relatif lebih cepat. Hasil penguji karya ini diharapkan dapat menciptakan keseimbangan antara kemajuan teknologi dan pengembangan Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM).

### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Desianna, Ika, Cintia Agtasia Putri, Ian Yulianti, Sujarwata. (2017). Selulosa Kulit Jagung sebagai Adsorben Logam Cromium (Cr) pada Limbah Cair Batik. *Unnes Physics Journal*, 6(1).
- Fatriasari, Widya, Nanang Masruchin, Euis Hermiati. 2019. *Selulosa Karakteristik dan Pemanfaatannya*. Jakarta: LIPI Press.
- Harmiyati. (2018). Tinjauan Proses Pengolahan Air Baku (Raw Water) Menjadi Air Bersih Pada Sarana Penyediaan Air Minum (SPAM) Kecamatan Rangsang Kabupaten Kepulauan Meranti. 18(1).
- Indrayani, Lilin. (2018). Pengolahan Limbah Cair Industri Batik sebagai Salah Satu Percontohan IPAL Batik di Yogyakarta. *Ecotrophic*, 12(2): 173-184.
- Mahfudz, Muhammad Khairi, Frida Prasetyo Utami, Sigit Fitriyanto. (2018). Pemanfaatan Cangkang Telur Gallus sp. Sebagai Adsorben Kadmium (Cd) pada Limbah Cair Industri Batik. *Dinamika Kerajinan dan Batik*, 35(2): 103-110.
- Mayangsari, Novi Eka, Mirna Apriani, Egata Dwi Veptiyan. (2019). Pemanfaatan Limbah Daun Nanas (*Ananas Comosus*) sebagai Adsorben logam Berat Cu. *Journal of Research and Technology*, 5(2).
- Muliawan, Arief, and Rizki Ilmianih. (2016). Metoda Pengurangan Zat Besi Dan Mangan Menggunakan Filter Bertingkat Dengan Penambahan UV Sterilizer Skala Rumah Tangga. *Jurnal Ilmiah Giga*, 19(1): 1–8.
- Muniarti, Tri, Inayati, MTh. Sri Budiastuti. (2015). Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Elektrolisis sebagai Upaya Penurunan Tingkat Konsentrasi Logam Berat di Sungai Jenes, Lawenan, Surakarta. *Jurnal EKOSAINS*, 7(1).
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2001 tentang baku mutu air bersih.
- Setiawan, Ab. Ari, Anis Shofiyani, Intan Syahbantu. 2017. Pemanfaatan Limbah Daun Nanas (*Ananas comosus*) sebagai Bahan Dasar Arang Aktif untuk Adsorpsi Fe(II). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 6(3).
- Sukmawati, S. (2012). Budidaya pakcoy ( *Brassica chinensis*. L) secara organik dengan pengaruh beberapa jenis

- pupuk organik . Karya Ilmiah . Politeknik Negeri Lampung. 9 hal.
- Susanto F, Prasiani, N. K, Darmawan, P. (2022). Implementasi Internet of Things Dalam Kehidupan Sehari – hari. Jurnal Imagine. Vol(2) No.1.
- Yoricya, Gendish, Shinta Aisyah Putri Dalimunthe, Renitas Manurung, Nimpang Bangun (2016). Hidrolisis Hasil Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit dalam Sistem Cairan Ionik Choline Chloride. Jurnal Teknik Kimia USU, 5(4).