

**PEMANFAATAN AIR LIMBAH TAHU MENURUNKAN KADAR KALIUM
PADA TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DENGAN
PROSES PENCUCIAN (*LEACHING*)**

(Skripsi)

**Oleh
NUR ROHMAH**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

UTILIZATION OF TOFU WASTEWATER TO REDUCE POTASSIUM LEVELS ON OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCHES WITH *LEACHING* PROCESS

By

Nur Rohmah

Biomass is an energy resources comes from agriculture that produce several types of alternative energy which the application can be developed in the future. One of wastes that can be used as raw materials of biomass is oil palm empty fruit bunches (OPEFB). Oil palm empty fruit bunches is known contains very high water content about 60-65% and contains potassium (K) that reaches 2.4%. But if oil palm empty fruit bunches is used as biomass fuel with high potassium contents it will interfere the combustion process. That because combustion process occur using high temperature, the potassium will melt and will become crust that can damage the biomass equipment. So *leaching* process using waste water from tofu industry has to be done, for soaking the oil palm empty fruit bunches so it can reduce the potassium on the oil palm empty fruit bunches.

The research was conducted on March 2019 until May 2019 at UPT Laboratorium Terpadu and Sentra Inovasi Teknologi, and Laboratorium RSDAL. Departement of Agricultural Engineering, University of Lampung. This research used 1 soaking treatment, 9 of time and 3 replications. The research used triplo method where at the same time the oil palm empty fruit bunches samples is taken from 3 replications and the results become one.

The result of research show that potassium in 0 minute is 13,09% and in 1440 minute after soaking is 1,66%. The calorific values on oil palm empty fruit bunches from 0 minute is 16,86% MJ/kg and after *leaching* process for 24 hours the calorific value of oil palm empty fruit bunches increase to 18,3 MJ/kg. The result of ash content oil palm empty fruit bunches in 0 minute without any ash treatment is 4,51% and after the oil palm empty fruit bunches with treatment and in the last minute i.e 1440 minutes the ash content changes to 2,96%. The lowest water content without any treatment is in 0 minute 21,05%, the highest water content on oil palm empty fruit bunches that gets *leaching* process is in 720 minute is 75,97%. The pH in tofu waste water without any treatment in 0 minute increase 2,9 to 3,8 in 1440 minute after treatment is given.

Key word : *leaching*, oil palm empty fruit bunches, potassium value, tofu wastewater

ABSTRAK

PEMANFAATAN AIR LIMBAH TAHU UNTUK MENURUNKAN KADAR KALIUM PADA TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DENGAN PROSES PENCUCIAN (*LEACHING*)

Oleh

NUR ROHMAH

Biomassa adalah sumberdaya energi yang berasal dari bidang pertanian menghasilkan beberapa jenis sumberdaya energi alternatif yang dapat dikembangkan penerapannya. Salah satu limbah yang dapat digunakan sebagai bahan baku biomassa adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS diketahui mengandung kadar air yang sangat tinggi sekitar 60 -65 %, dan mengandung potasium (K) yang mencapai 2,4 %. Namun jika TKKS akan digunakan sebagai bahan bakar biomassa dengan kandungan kalium yang tinggi akan mengganggu proses pembakaran. Hal ini disebabkan apabila terjadi proses pembakaran dengan suhu yang tinggi, kalium tersebut akan meleleh dan lelehannya tersebut menjadi kerak yang nantinya akan merusak alat biomassa. Sehingga perlu dilakukan proses pencucian (*leaching*) menggunakan air limbah tahu industri untuk perendaman TKKS sehingga dapat menurunkan nilai kalium pada TKKS tersebut.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2019 – Mei 2019 di UPT.

Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi dan Laboratorium Rekayasa Sumberdaya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini menggunakan 1 perlakuan yaitu perendaman, 9 waktu dan 3 ulangan. Metode yang digunakan adalah metode triplo, dimana dalam satu waktu yang bersamaan sampel TKKS diambil dari 3 ulangan kemudian hasilnya dijadikan satu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kalium pada menit ke-0 sebesar 13,09% dan pada menit ke-1440 setelah perendaman menjadi 1,66%. Nilai kalor pada TKKS dari menit ke-0 sebesar 16,86 MJ/Kg dan setelah proses pencucian (*leaching*) selama 24 jam nilai kalor pada TKKS meningkat menjadi 18,3 MJ/Kg. Hasil kadar abu TKKS pada waktu 0 menit tanpa perlakuan kadar abu TKKS sebesar 4,51%, setelah TKKS sudah diberi perlakuan dan pada waktu yang terakhir yaitu 1440 menit kadar abu menjadi 2,96%. Kadar air terendah pada TKKS yang belum diberi perlakuan yaitu pada 0 menit yaitu 21,05%, kadar air tertinggi pada TKKS yang telah mengalami proses *leaching* yaitu pada waktu 720 menit sebesar 75,79%. Air limbah tahu yang digunakan mengalami peningkatan pada pH yaitu menit ke-0 tanpa perlakuan 2,9 menjadi 3,8 pada waktu ke-1440 setelah diberi perlakuan.

Kata kunci : tandan kosong kelapa sawit, air limbah tahu industri, *leaching*, nilai kalium.

**PEMANFAATAN AIR LIMBAH TAHU MENURUNKAN KADAR KALIUM
PADA TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DENGAN
PROSES PENCUCIAN (*LEACHING*)**

Oleh
NUR ROHMAH

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PEMANFAATAN AIR LIMBAH TAHU MENURUNKAN
KADAR KALIUM PADA TANDAN KOSONG KELAPA
SAWIT (TKKS) DENGAN PROSES PENCUCIAN
(LEACHING)**

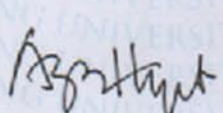
Nama Mahasiswa : **Nur Rohmah**

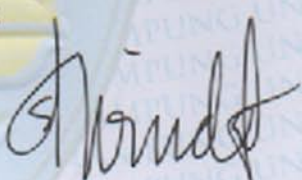
No. Pokok Mahasiswa : 1514071001

Jurusan : Teknik Pertanian

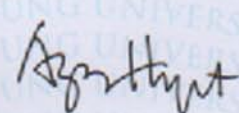
Fakultas : Pertanian




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


Winda Rahmawati, S.T.P., M.Si., M.Sc.
NIP 19890520 201504 2 001

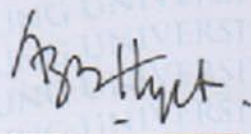
2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian


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

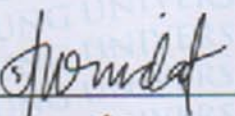
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

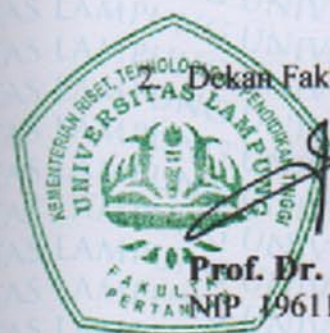
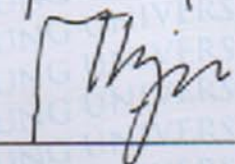
Ketua : Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.



Sekretaris : Winda Rahmawati, S.T.P., M.Si., M.Sc.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.**



Dekan Fakultas Pertanian

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 31 Juli 2019

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Nur Rohmah** NPM 1514071001

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.** dan 2) **Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, Agustus 2019
Yang membuat pernyataan



(Nur Rohmah)

NPM. 1514071001

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kotabumi, Kabupaten Lampung Utara pada tanggal 10 Desember 1997, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara keluarga Bapak Mujiyanto dan Ibu Karyati. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 1 Kembang Tanjung pada tahun 2003 – 2009,

SMP Negeri 1 Abung Selatan pada tahun 2009 – 2012, SMA Negeri 3 Kotabumi pada tahun 2012 – 2015 dan terdaftar sebagai mahasiswa S1 Teknik Pertanian di Universitas Lampung pada tahun 2015 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis terdaftar aktif pada lembaga kemahasiswaan sebagai bendahara bidang Keprofesian Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Fakultas Pertanian Universitas Lampung periode 2016/2017 dan anggota bidang Keprofesian Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Fakultas Pertanian Universitas Lampung periode 2017/2018.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten dosen pada mata kuliah mata kuliah Perbengkelan semester genap tahun ajaran 2017/2018.

Pada tahun 2019 penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik periode I tahun 2018 di Campang Tiga, Kecamatan Batu Ketulis, Kabupaten Lampung Barat dan melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT. Pagilaran, Batang, Jawa Tengah dengan judul laporan “Mempelajari Proses Pengolahan Teh Hitam *Orthodox* Di PT Pagilaran Unit Produksi Pagilaran Batang, Jawa Tengah ”. Penulis berhasil mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian (S.T.P.) pada tahun 2019 dengan menghasilkan skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Air Limbah Tahu Untuk Menurunkan Kadar Kalium pada Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Proses Pencucian (*Leaching*)”

Bismillahirrahmanirrahim

Kupersembahkan karya kecil ini untuk

Kedua orangtuaku tercinta

Bapak Mujiyanto dan Ibu Karyati

Kakak dan adikku tersayang

Hanif Fitrianto dan Rahmat Ramadhani

Serta

Kepada Almamater Tercinta

Teknik Pertanian Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir perkuliahan dalam penyusunan skripsi ini. Sholawat teriring salam semoga selalu tercurah kepada syuri tauladan Nabi Muhammad SAW dan keluarga serta para sahabatnya. Aamiin.

Skripsi yang berjudul “**Pemanfaatan Air Limbah Tahu Untuk Menurunkan Kadar Kalium Pada Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Proses Pencucian (*Leaching*)**“ adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian (S.T.P) di Universitas Lampung.

Penulis memahami dalam penyusunan skripsi ini begitu banyak cobaan, suka dan duka yang dihadapi, namun berkat ketulusan doa, semangat, bimbingan, motivasi, dan dukungan orang tua serta berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Maka pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banua, M.S., selaku dekan Fakultas Pertanian yang telah menyediakan fasilitas pendukung dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku pembimbing pertama dan dan Ketua Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung yang telah memberikan bimbingan dan saran sehingga terselesaikannya skripsi ini.

3. Ibu Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. Sugeng Triyono M.Sc., selaku pembahas yang telah memberikan bimbingan, dan saran sebagai perbaikan selama penyusunan skripsi.
5. Bapak, Ibu, kakak, dan adik tersayang yang telah memberikan kasih sayang, dukungan moral, material dan doa.
6. Keluarga besar Teknik Pertanian Universitas Lampung terkhusus untuk angkatan 2015 atas segala dukungan dan bantuan.

Disadari bahwa skripsi masih jauh dari sempurna, akan tetapi sedikit banyaknya semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi pembaca.

Bandar Lampung, Agustus 2019

Penulis,

Nur Rohmah

DAFTAR ISI

	Halaman
SANWACANA.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Hipotesis.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Energi di Indonesia.....	6
2.2 Biomassa	8
2.3 Kelapa Sawit.....	10
2.4 Potensi Limbah Kelapa Sawit	14
2.5 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	16
2.6 Limbah Tahu	19
2.7 Parameter Air Limbah Tahu.....	21
2.8 <i>Leaching</i>	24
2.9 <i>Microwave Plasma Atomic Emission Spectroscopy (MP-AES)</i>	26
III. METODELOGI PENELITIAN	32

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	32
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	32
3.3	Metode Penelitian.....	32
3.4	Prosedur Penelitian.....	33
3.4.1	Persiapan Alat dan Bahan	33
3.4.2	Proses Pencucian (<i>Leaching</i>)	34
3.4.3	Pengujian Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	35
3.4.4	Prose Pengujian Kalium dengan Alat Agilent MP AES 4100).....	35
3.4.5	Analisis Data	37
3.5	Parameter Penelitian.....	38
3.5.1	pH.....	38
3.5.2	Analisis Kadar Air.....	38
3.5.3	Analisis Kadar Abu	39
3.5.4	Analisis Nilai Kalor.....	39
3.5.5	Analisis Kadar Kalium.....	40
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1	Nilai Kalor	41
4.2	Kadar Air	42
4.3	Kadar Abu	43
4.4	Kadar Kalium	46
4.5	Derajat Keasaman (pH)	49
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	52
5.1	Kesimpulan	52
5.2	Saran.....	53
	DAFTAR PUSTAKA	54
	LAMPIRAN.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Potensi Biomassa Tanaman Kelapa Sawit Tahun 2013	10
2. Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit	18
3. Standar Baku Mutu Limbah Tahu	23
4. Hasil Nilai Kalor pada TKKS	41
<i>Lampiran</i>	
5. Karakteristik Tanda Kosong Kelapa Sawit	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	17
2. Air Limbah Tahu.....	20
3. Prinsip Kerja MP-AES.....	27
4. Proses Nebulisasi pada MP-AES	27
5. Spray Chamber Tempat Proses Desolvasi dan Volatilisasi Analit	28
6. Torch Tempat Terbentuknya Plasma untuk Proses Atomisasi.	28
7. Diagram Optik pada MP-AES Agilent	28
8. Perangkat MP-AES Agilent MP-1400.....	30
9. Kotak untuk Perendaman	34
10. Diagram Alir Penelitian	37
11. Nilai Kalor pada TKKS.....	42
12. Kadar Air pada TKKS.....	43
13. Kadar Abu pada TKKS	45
14. Kadar Kalium pada TKKS	48
15. Nilai pH Air Limbah Tahu.....	50
<i>Lampiran</i>	
16. Persiapan TKKS yang digunakan	63
17. Pengukuran TKKS Menggunakan Penggaris	63

18. Pengambilan Air Limbah	64
19. Tempat Produksi Industri Tahu.....	64
20. Pengukuran Nilai pH pada Air Limbah Tahu	65
21. Pemberian Air Limbah pada TKKS untuk Proses <i>Leaching</i>	66
22. Proses Penimbangan TKKS sebelum di Oven	66
23. Proses TKKS dimasukkan ke dalam Oven	67
24. Desikator yang digunakan setelah TKKS sudah di Oven	67
25. Alat Tanur untuk Proses Pengabuan TKKS.....	68
26. Perangkat Alat Agilent / MP AES 4100	68
27. Hasil Pengabuan TKKS	69
28. Hasil Nilai Kalor TKKS pada 0 Menit (Tanpa Perlakuan)	70
29. Hasil Nilai Kalor TKKS pada 1440 Menit (24 Jam) Setelah Perendaman	70

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang dikenal sebagai produsen minyak sawit dunia, kondisi geografis Indonesia yang subur dengan panas matahari yang cukup dan curah hujan cukup tinggi sangat cocok untuk tanaman kelapa sawit. Hal ini membuat perkembangan lahan perkebunan sawit di Indonesia selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya (Hermawan, 2015). Kondisi tanah yang sangat cocok di beberapa wilayah Indonesia telah menjadikan sawit sebagai komoditi unggulan secara nasional. Luas lahan perkebunan sawit Indonesia pada 2016 diperkirakan mencapai 11,67 hektar (42,4 % dari total lahan perkebunan nasional). Jumlah ini terdiri dari perkebunan rakyat seluas 4,76 juta Ha, perkebunan swasta 6,15 juta Ha, dan perkebunan negara 756 ribu Ha.

Jumlah perkembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun, peningkatan jumlah ini mempengaruhi juga jumlah limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan buah sawit. Jumlah pabrik pengolahan kelapa sawit di Indonesia mencapai 608 pabrik. Menurut data dari (Direktorat Jendral Perkebunan, 2016) untuk komoditas kelapa sawit tahun 2016 jumlah luas areal perkebunan kelapa sawit yang ada di pulau Sumatera mencapai 7.379.993 Ha dengan jumlah produksi mencapai 22.742.329 ton/tahun. Provinsi Lampung

menempati posisi 9 dari 10 provinsi di Sumatera yang dijadikan daerah perkebunan kelapa sawit dengan luas areal perkebunan mencapai 202.774 Ha dan kapasitas produksi mencapai 504.099 ton/tahun. Jumlah tersebut sedikit jika dilihat dari luas areal keseluruhan provinsi Lampung. Jumlah pabrik pengolahan kelapa sawit di provinsi Lampung adalah 10 pabrik dengan total kapasitas produksi adalah 364 ton tandan buah segar/jam. Pada setiap ton TBS kelapa sawit menghasilkan 215 kg TKKS, sedangkan produksi kelapa sawit nasional tahun 2015 adalah 31,2 juta ton dan menghasilkan sekitar 7,2 juta ton TKKS (Kementerian Pertanian, 2017). Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah padat terbesar yang dihasilkan yaitu sekitar 23% dari tandan buah segar sehingga dalam 1 ton kelapa sawit diperkirakan terdapat 230-250 kg TKKS dan dalam 1 juta ton tandan buah segar dihasilkan sekitar 230.000 ton TKKS (Fauzi et al., 2005). Jumlah ini akan terus meningkat seiring meningkatnya produksi tandan buah segar di Indonesia.

TKKS merupakan limbah padat yang berasal dari pabrik minyak sawit yang memiliki ketersediaan sangat melimpah atau hampir sama dengan rendemen minyak sawit kasar atau *Crude palm oil* (CPO). Pengolahan satu ton tandan buah segar kelapa sawit akan menghasilkan *Crude palm oil* (CPO) 0,21 ton (21%), minyak inti sawit 0,05 ton (0,5%), dan sisanya merupakan limbah dalam bentuk tandan kosong kelapa sawit (TKKS) 0,23 ton (23%), serat 0,135 ton (13,5%), dan cangkang biji 0,055 ton (5,5%) (Dalton et al., 2017). Limbah padat yang cukup banyak dihasilkan adalah tandan kosong kelapa sawit yaitu sekitar 23%. Jumlah ini tentunya sangat besar jika dikalikan dengan total keseluruhan produksi yang ada di wilayah Lampung

Pada tahun 2025 direncanakan target bauran energi berubah dengan penurunan penggunaan minyak bumi dan peningkatan penggunaan sumber energi gas, batu bara, dan energi terbarukan seperti biomassa dari limbah padat pertanian dan perkebunan. Dengan demikian, pemanfaatan TKKS sebagai bahan baku energi biomassa akan memberikan nilai tambah bagi industri kelapa sawit. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagaimana biomassa lainnya merupakan salah satu sumber bahan baku (*feedstock*) yang penting untuk energi terbarukan maupun material lainnya. Hal ini terkait dalam upaya menjaga kelestarian hutan Indonesia (Wijono, 2014).

TKKS diketahui mengandung kadar air yang sangat tinggi sekitar 60 %-65 %, dan mengandung potasium (K) dalam bentuk K_2O yang mencapai 27,21 %. Namun jika TKKS akan digunakan sebagai bahan bakar biomassa dengan kandungan kalium yang tinggi akan mengganggu proses pembakaran. Hal ini disebabkan apabila terjadi proses pembakaran dengan suhu yang tinggi, kalium tersebut akan meleleh dan lelehannya tersebut menjadi kerak yang nantinya akan merusak alat biomassa. Sehingga perlu dilakukan proses untuk menurunkan kadar kalium pada TKKS.

Proses untuk menurunkan kadar kalium pada TKKS dengan cara melakukan proses pencucian (*leaching*), *Leaching* merupakan tahap awal proses ekstraksi dalam hidrometalurgi dimana logam akan tertarik dan berpindah dari mineral alam ke dalam larutan *leaching*. Proses pemisahan satu atau lebih komponen dari suatu campuran homogen menggunakan pelarut cair (*solven*) sebagai *separating agent*. Pemisahan terjadi atas dasar kemampuan larut yang berbeda dari

komponen-komponen dalam campuran yang disebut dengan ekstraksi.

Menurunkan kadar kalium pada proses *leaching* dengan memanfaatkan air limbah tahu, hal ini dikarenakan banyaknya hasil produksi tahu yang tidak dimanfaatkan dengan baik dan adanya limbah tahu yang tercemar di lingkungan.

Oleh karena itu, dalam hal ini upaya untuk menurunkan kadar kalium pada TKKS melalui proses pencucian atau *leaching* dengan memanfaatkan air limbah yang mempunyai pH rendah atau sifatnya yang cenderung asam dapat membantu menurunkan kalium pada TKKS. Memanfaatkan air limbah tahu merupakan cara yang ramah lingkungan, karena tidak menggunakan bahan kimia untuk mempercepat proses *leaching*. Dengan adanya penelitian ini dapat membantu masyarakat untuk memanfaatkan air limbah tahu untuk membantu menurunkan kadar kalium dan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dapat digunakan sebagai bahan baku biomassa dan sumber energi baru dan terbarukan.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar kalium pada tandan kosong kelapa sawit (TKKS) melalui proses *leaching* dengan menggunakan air limbah tahu agar menjadi bahan bakar biomassa yang berkualitas.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari Penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan nilai tambah pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan bakar yang terbarukan.

2. Memanfaatkan air limbah tahu untuk proses pencucian (*leaching*) agar menurunkan kadar kalium pada TKKS.

1.4 Rumusan Masalah

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu limbah yang dihasilkan dari kelapa sawit yang sudah tidak terpakai. TKKS adalah salah satu bahan bakar yang digunakan untuk biomassa sebagai energi terbarukan. Namun sebelum TKKS digunakan sebagai bahan bakar pada biomassa, harus dilakukan pencucian (*leaching*) pada TKKS dengan memanfaatkan air limbah tahu. Hal ini dikarenakan pada TKKS mengandung nilai kalium yang cukup tinggi, apabila TKKS digunakan untuk biomassa akan mengganggu proses pembakaran yang nantinya ada kerak yang tersisa dari kalium yang tidak terbakar dengan sempurna.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah air limbah tahu yang dimanfaatkan untuk proses *leaching* dapat menurunkan kadar kalium pada limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi di Indonesia

Sejauh ini energi di Indonesia dalam memenuhi kebutuhan energi nasional adalah: minyak bumi 54 %, gas bumi 26,5 %, batu bara 14,1 %, PLTA 3,4 %, panas bumi 1,4 % dan energi terbarukan 0,2 %. Ketimpangan ini dimungkinkan karena penguasaan teknologi yang belum maksimal dan sistem pengelolaan energi yang kurang baik (Dewan Energi Nasional, 2014). Dengan meningkatnya pertumbuhan industri, pertumbuhan ekonomi, penambahan penduduk, dan meningkatnya standar lingkungan, maka perencanaan energi jangka panjang harus dilakukan secara terarah dan terencana (Demirbas, 2009). Dengan keterbatasan sumber energi fosil yang tidak terbarukan, maka pemenuhan kebutuhan energi ditahun mendatang, perlu diatur dengan konsep bauran energi (*energy mix*) sebagai upaya peningkatan penggunaan energi berbasis sumber energi yang terbarukan (*renewable energy*), disamping itu perencanaan harus mengarah kepada energi berbasis teknologi (*technology base*) (Alamsyah et al., 2015). Dengan demikian, peranan inovasi bidang energi terbarukan menjadi semakin jelas untuk mendukung kebijakan dan penerapan energi kedepan. Strategi ini perlu dijalankan agar kemungkinan terburuk dibidang penyediaan energi dapat diantisipasi lebih dini agar tidak terjadi (Liew et al., 2014; Soerawidjaja, 2010).

Bioenergi atau biomassa merupakan sumber energi terbarukan dengan jumlah yang tidak terbatas karena dalam prosesnya sumber dari energi terbarukan ini dapat ditumbuhkan kembali dalam waktu yang dekat, dan ketersediaan dari sumber energi ini sangat melimpah. Sumber energi terbarukan sangat berbeda dengan energi yang bersumber dari fosil, karena sumber energi dari fosil butuh berjuta-juta tahun untuk kembali menghasilkan sumber energi (Jeffers et al., 2013; Kumar et al., 2008). Karena jumlah biomassa yang tidak terbatas, maka biomassa mempunyai potensi untuk dijadikan sumber energi guna memenuhi kebutuhan energi baik untuk saat ini maupun di masa yang akan datang.

Salah satu sumber daya alam terbarukan di Indonesia adalah kelapa sawit. Pemerintah bertekad meningkatkan nilai tambah (value added) produk kelapa sawit dengan mencanangkan strategi hilirisasi industri, dengan sasaran ke depan 60 % ekspor produk sawit akan berupa produk jadi atau setengah jadi yang bernilai tambah tinggi, dan hanya tersisa 40 % berupa minyak sawit mentah *crude palm oil* (CPO). Strategi yang diterapkan kedepan adalah bagaimana meningkatkan nilai tambah dari bahan mentah yang dimiliki, karena akan meningkatkan daya saing produk sawit. Perkembangan lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia dari tahun ke tahun telah mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Peningkatan penggunaan luas lahan yang digunakan untuk perkebunan kelapa sawit di Indonesia dipengaruhi juga oleh kebutuhan konsumsi produk-produk hasil dari olahan sawit dan turunannya.

2.2 Biomassa

Biomassa adalah sumberdaya energi yang berasal dari bidang pertanian. Secara teoritis semua yang termasuk ke dalam biomassa dapat dikonversi menjadi sumber energi bagi kesejahteraan umat manusia. Sebagai penghasil energi, bidang pertanian menghasilkan beberapa jenis sumberdaya energi alternative yang dapat dikembangkan penerapannya (Abdullah et al., 1991). Energi biomassa sebagai sumber daya energi akan lebih kecil mengalami fluktuasi harga dunia atau ketidakpastian pasokan sebagai bahan bakar impor dan salah satu cara untuk mencegah lebih banyak produksi karbon dioksida (CO₂) di atmosfer (McKendry, 2002).

Ketergantungan tersebut akan berdampak kepada kebutuhan energi untuk sektor transportasi. Salah satu cara untuk mengurangi ketergantungan akan energi fosil adalah dengan cara pengembangan energi terbarukan (non-fosil) yang berbasis bahan biomassa yang bisa diperbaharui (Demirbas, 2009). Peluang pengembangan energi non-fosil terbarukan cukup besar hal ini dikarenakan antara lain 1) tersedianya beragam sumber daya energi baru serta terbarukan, 2) pertumbuhan ekonomi yang semakin baik akan meningkatkan kebutuhan dalam energi dan kemampuan atau daya beli masyarakat serta yang akan menjadi investasi swasta dalam pembangunan sektor industri, dan 3) potensi pasar energi nasional, regional dan internasional yang masih terbuka (Abdullah et al., 2010). Proses pengeringan akan menghilangkan moisture, devolatilisasi yang merupakan tahapan pirolisis akan melepaskan volatile, pembakaran arang melepaskan karbon terikat dan sisa pembakaran menghasilkan abu (Borman & Ragland, 1998)

Di sisi lain, untuk mengantisipasi kelangkaan energi di Indonesia, pemerintah telah mendorong penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT) yang potensinya sangat melimpah di Indonesia, tetapi penggunaannya belum optimal (Alamsyah & Loebis, 2014). Biomassa yang digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar) di Indonesia pada umumnya memiliki nilai ekonomis yang rendah, atau merupakan limbah yang telah diambil produk primernya. Biomassa tersebut dapat berasal dari limbah perkebunan, limbah pertanian, limbah hutan, hasil samping pengolahan produk pertanian, dan kotoran ternak. Biomassa sebagai hasil samping pertanian atau perkebunan harus mengambil peran yang lebih besar di Indonesia ke depan. Potensi energi biomassa Indonesia adalah 49.807 MWE dan baru 0,36 % dimanfaatkan. Untuk kawasan ASEAN, Indonesia merupakan produsen terbesar dari biomassa, akan tetapi Indonesia merupakan pemanfaatan terkecil karena belum dikelola secara ekonomis sehingga terdapat gap antara potensi dengan pemanfaatannya (Alamsyah et al., 2015).

Di antara potensi besar biomassa yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi atau bahan bakar padat adalah limbah hasil pengolahan sabut kelapa atau cocopeat. Limbah biomassa cocopeat ini memiliki jumlah yang cukup besar, terutama di daerah penghasil kelapa yang mana limbah sabutnya diolah untuk diambil sabutnya (coco fiber), akan tetapi hampir sebagian besar tidak dimanfaatkan dan hanya sebagai sampah atau limbah biomassa (Alamsyah et al., 2017). Sebenarnya limbah ini bisa digunakan sebagai bahan bakar padat rumah tangga atau bahan bakar pada industri pengolahan atau keperluan lainnya (pengeringan bahan pertanian). Di lain pihak beberapa perusahaan melakukan ekspor limbah

perkebunan seperti cangkang sawit. Berikut jenis biomassa limbah pertanian dari kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Potensi Biomassa Tanaman Kelapa Sawit Tahun 2013

Jenis Biomassa	Ketersediaan Bahan	Potensi Energi	Potensi Umum
	Baku (ton)	(Gj)	(MWE)
Kelapa Sawit			
Serat (fiber)	12.830.950	180.778.665	1.231
Cangkang (shell)	6.136.541	108.861.141	759
Tandan kosong (EFB)	23.988.298	118.757.608	827

2.3 Kelapa Sawit

Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* jacq) adalah tumbuhan industri penting penghasil minyak masak, minyak industri, bahan bakar (biodiesel), dan dapat juga digunakan untuk industri sabun, lilin dan dalam pembuatan lembaran-lembaran timah serta industri kosmetik. Perkebunannya menghasilkan keuntungan besar sehingga banyak hutan dan perkebunan lama dikonversi menjadi perkebunan kelapa sawit. Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq) berasal dari hutan hujan tropis Afrika, yaitu dari hutan hujan tropis Kamerun, Pantai Gading, Ghana, Liberia, Nigeria, Sierra Leone, Togo dan ke daerah khatulistiwa Angola dan Kongo. Penduduk setempat menggunakan kelapa sawit untuk memasak dan sebagai bahan untuk kecantikan. Pengolahan buah kelapa sawit untuk minyak nabati telah dipraktekkan di Afrika selama ribuan tahun, dan minyak yang dihasilkan, sangat bervariasi warna dan rasanya. Minyak kelapa sawit kaya akan

karotenoid, (pigmen yang ditemukan pada tumbuhan dan hewan) yang menghasilkan warna merah. Komponen utama dari gliserida yang terkandung didalamnya adalah asam lemak jenuh palmitat yang menyebabkan minyak sawit kental-semi padat dan menjadi lemak padat di daerah beriklim sedang. Minyak sawit merupakan bahan penting dalam banyak masakan tradisional Afrika Barat. Proses tradisional yang sederhana, tapi membosankan dan tidak efisien.

Selama abad ke-14 sampai ke-17 beberapa buah sawit dibawa ke Amerika dan dari sana terus dikembangkan sampai ke Amerika bagian Timur. Perkembangan pengolahan sawit terutama pabrik tampaknya telah lebih berkembang di Amerika Timur, sehingga memberikan produksi komersial terbesar sebagai tanaman ekonomi jauh dari pusat asalnya. Karena kelapa sawit memegang peranan penting bagi dunia perekonomian sebagai sumber tinggi penghasil minyak nabati, kelapa sawit sekarang ditanam sebagai tanaman perkebunan di sebagian besar negara yang memiliki curah hujan tinggi (minimal 1.600 mm / th) di iklim tropis. Perkembangan industri kelapa sawit di negara daerah tropis telah didorong oleh potensi produktivitas yang sangat tinggi. Kelapa sawit memberikan hasil tertinggi minyak per satuan luas dibandingkan dengan tanaman lainnya dan menghasilkan dua jenis minyak yang berbeda yaitu minyak kelapa sawit dan minyak sawit kernel (inti) yang keduanya penting dalam perdagangan dunia. (Widanarko, 2009).

Kelapa sawit merupakan tanaman tahunan dengan umur ekonomis 25 tahun. Pada 3 tahun pertama belum menghasilkan, pada umur 4 tahun tanaman kelapa sawit telah menghasilkan (Pardamean, 2008). Kelapa sawit dapat tumbuh dengan baik

pada daerah tropika basah disekitar lintang Utara-Selatan 12° dan kelapa sawit juga tumbuh pada beberapa jenis tanah seperti podsolik, latosol, hidromorfik kelabu, andosol, dan alluvial. Tanah yang baik untuk kelapa sawit berada pada pH 4,0 – 6,0.

Klasifikasi botani kelapa sawit adalah sebagai berikut :

Divisio : Tracheophyta
 Subdivisio : Pteropsida
 Kelas : Angiospremae
 Subkelas : Monocotiledone
 Ordo : Coccoideae
 Familia : Palmae
 Genus : *Elaeis*
 Spesies : *Elaeis Gienensis Jacq*
 Varietas : *Dura, Psifera, Tenera*

Kelapa sawit pertama kali diperkenalkan di Indonesia oleh pemerintah Belanda pada tahun 1848, saat itu tanaman kelapa sawit masuk ke Indonesia dan daerah-daerah lain di Asia sebagai tanaman hias. Ada 4 tanaman yang ditanam di Kebun Raya bogor (Botanical Garden) Bogor, dahulu bernama Buitenzorg, dua berasal dari Bourbon (Mauritius) dan dua lainnya dari Hortus Botanicus, Amsterdam. Pada tahun 1853 keempat tanaman tersebut telah berbuah dan bijinya disebarkan secara gratis. Pada pengamatan tahun berikutnya, ternyata keempat tanaman tersebut tumbuh subur dan berbuah lebat. Walaupun berbeda waktu penanaman (asal Bourbon lebih dulu dua bulan), tanaman tersebut berbuah dalam waktu yang sama, mempunyai tipe yang sangat beragam, kemungkinan diperoleh dari sumber genetik yang sama. Uji coba penanaman kelapa sawit pertama di Indonesia

dilakukan di karesidenan Banyumas seluas 5,6 Ha dan di karisidenan Palembang (Sumatera Selatan) seluas 2,02 Ha. Hasil uji coba tersebut menunjukkan bahwa tanaman kelapa sawit telah berbuah pada tahun keempat setelah ditanam dengan tinggi batang 1,5 m, sedangkan di negeri asalnya baru berbuah pada tahun keenam atau ketujuh. Selanjutnya uji coba dilakukan di Muara Enim tahun 1869, Musi Ulu 1870 dan Biliton 1890, tetapi tidak begitu baik pertumbuhannya. Hal ini baru disadari kemudian, bahwa iklim daerah Palembang kurang sesuai untuk pertumbuhan kelapa sawit pada saat itu. Namun seiring berkembangnya varietas tanaman kelapa sawit, saat ini Kelapa sawit dapat tumbuh hampir di seluruh wilayah Indonesia (Widanarko, 2009).

Tanaman kelapa sawit merupakan salah satu jenis tanaman yang menduduki posisi penting di sektor pertanian dan perkebunan. Hal ini disebabkan dari berbagai tanaman yang menghasilkan minyak atau lemak, kelapa sawit menghasilkan nilai ekonomi terbesar per hektarnya di dunia (Nasution et al., 2014). Di Provinsi Lampung luas areal kelapa sawit tahun 2017 adalah 224.175 hektar dan produksi kelapa sawit mencapai 490.985 ton. Setiap produksi kelapa sawit menghasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit 23%, cangkang 8%, serat 12%, dan limbah cair 66%.

Kelapa sawit merupakan komoditi perkebunan penghasil minyak sawit atau CPO (*Crude palm oil*) yang menjanjikan. Peningkatan produksi CPO didorong oleh ekspansi perkebunan kelapa sawit di Indonesia secara signifikan dari tahun ke tahun. Perluasan perkebunan kelapa sawit pada periode 2003-2009 berasal dari petani kecil atau pertanian rakyat dengan pertumbuhan rata-rata 7,19% per tahun.

Setelah itu, diikuti oleh perusahaan swasta yang tumbuh 4,98% per tahun.

Sementara itu, kepemilikan pemerintah atas perkebunan kelapa sawit menurun 0,63% per tahun dalam periode 2003-2009.

Produksi CPO nasional dapat mengalami peningkatan yang sangat signifikan, pada tahun 1964 produksi sebesar 157.000 MT (Metriks Ton) dalam kurun waktu 10 tahun (tahun 1974) sudah meningkat menjadi 411.000 MT naik sebesar 162% atau rata-rata kenaikan sebesar 16,2% per tahun. Sedangkan untuk dasawarsa berikutnya produksi CPO mengalami kenaikan rata-rata 18,9% per 10 tahun, hal ini dapat dilihat dari perbandingan produksi tahun 1984 sebesar 1.185.000 MT dengan produksi tahun 1974 sebesar 411.000 MT. Produksi pada tahun 1994 sebesar 4.250.000 MT atau kenaikan sebesar 3.065.000 MT selama 10 tahun atau rata-rata 306.500 MT/tahun (25,9% per tahun). Produksi tahun 2004 sebesar 13.560.000 (kenaikan rata-rata 21,9%) sedangkan jika dibandingkan dengan produksi tahun 2010 sebesar 23.600.000 MT maka terjadi kenaikan sebesar 10.040.000 MT untuk periode 6 tahun terakhir (rata-rata 12,34%/tahun).

2.4 Potensi Limbah Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) memiliki potensi besar menjadi sumber biomassa selulosa dengan kelimpahan cukup tinggi dan sifatnya yang terbarukan. TKKS merupakan hasil samping dari pengolahan minyak kelapa sawit yang pemanfaatannya masih terbatas sebagai pupuk, dan media bagi pertumbuhan jamur serta tanaman. Limbah kelapa sawit jumlahnya sangat melimpah, setiap pengolahan 1 ton tandan buah segar (TBS) akan dihasilkan tandan kosong kelapa

sawit (TKKS) sebanyak 23% atau sebanyak 230 kg TKKS. Data sebuah pabrik dengan kapasitas pengolahan 12,7 juta ton/jam, waktu operasi selama 1 jam, maka akan dihasilkan sebanyak 2,3 juta ton TKKS. Total limbah TKKS seluruh Indonesia, 2004 diperkirakan mencapai 18,2 juta ton. Disimpulkan memproduksi bioetanol berbahan baku limbah kelapa sawit layak diusahakan karena tingkat keuntungan mencapai 75 %.

Jenis limbah kelapa sawit pada generasi pertama adalah berupa limbah padat, terdiri dari tandan kosong, pelepah, cangkang dan lain-lain. Sedangkan limbah cair terjadi pada in house keeping pada pengolahan *Crude palm oil* (CPO). Limbah yang terjadi pada generasi pertama baik itu limbah padat atau cair setelah diproses menjadi suatu produk yang akan menyisakan limbah generasi berikutnya dan limbah generasi kedua ini juga dapat dimanfaatkan menjadi produk yang mempunyai nilai tambah. Diantara potensi limbah dapat dimanfaatkan sebagai sumber unsur hara yang mampu menggantikan pupuk sintetis (Urea, TSP dan lain-lain). Pemanfaatan limbah baik padat maupun cair secara umum dapat dilakukan melalui proses pengolahan yang dapat dibedakan dalam tiga proses yakni : proses kimia, proses fisika dan proses biologi.

Salah satu pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit adalah untuk bahan bakar biomassa. Masalah utama dalam pemanfaatan biomassa TKKS sebagai bahan bakar adalah pada *pretreatment* TKKS itu sendiri sebelum masuk ke alat biomassa. Selain diperlukannya pengeringan tandan kosong kelapa sawit karena kadar air yang terlalu tinggi, diperlukan pula upaya penurunan kadar abu dari TKKS sehingga akan menurunkan resiko *fouling* dan *slagging* pada *tubes* dan

dinding boiler yang menggunakan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan bakar.

2.5 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu sumber permasalahan lingkungan. Setiap tahun, TKKS dihasilkan dalam jumlah yang besar sebagai hasil samping industri minyak sawit. TKKS menjadi masalah karena bentuknya yang meruah dan memerlukan tempat atau lahan penyimpanan yang besar. Jika di asumsikan dari setiap ton tandan buah segar kelapa sawit menghasilkan 22-23% TKKS atau sebanyak 220-230 kg TKKS (Kementerian Pertanian, 2017).

Produksi minyak kelapa sawit (CPO) di Indonesia sekitar 33 juta ton, yang berasal dari tandan buah segar (TBS) kelapa sawit sekitar 138 juta ton (rendemen CPO 24% dari TBS) (Badan Pusat Statistik, 2013). Dengan asumsi bahwa limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) adalah sebesar 21% dari total tandan buah segar yang masuk ke pabrik kelapa sawit, secara nasional akan diperoleh jumlah TKKS sebanyak 29 juta ton. Pada tahun 2025 direncanakan target bauran energi berubah dengan penurunan penggunaan minyak bumi dan peningkatan penggunaan sumber energi gas, batu bara, dan energi terbarukan seperti biomassa dari limbah padat pertanian dan perkebunan.

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan bahan organik kompleks dan sangat berpotensi untuk dijadikan bahan alternatif yang komponen penyusunannya adalah material yang kaya unsur karbon yaitu selulosa 41,30-46,50%, hemiselulosa 25,30-33,80%, lignin 27,60-32,50% sedangkan sekam padi

terdiri atas 50% selulosa, 18,47% hemiselulosa dan 25%–30% lignin (Hermiati et al., 2017; Shabiri et al., 2014). Selulosa merupakan polymer dari glukosa, proses penguraian selulosa menjadi glukosa (*soluble sugars*) yang digunakan oleh mikroorganisme untuk proses biosintesis. Proses ini memerlukan waktu yang cukup lama, dan membutuhkan setidaknya tiga jenis enzim: exoglucanase, endoglucanase dan B- glucosidase (*cellulase complex*).



Gambar 1. Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Kandungan abu ini terdiri dari kalium dan mineral-mineral yang lain. Mineral-mineral pada TKKS ini berasal dari kandungan TKKS itu sendiri dan pengotor eksternal seperti tanah yang menempel pada tandan kosong kelapa sawit saat proses panen. Oleh karena itu, kadar mineral ini dapat diturunkan dengan proses pencucian dengan penambahan sejumlah air untuk melarutkan pengotor tersebut. *Pretreatment* pencucian merupakan teknik praktis yang bisa digunakan untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas biomassa yang ternyata efektif dalam mengurangi kandungan abu dari limbah kelapa sawit dengan presentase pengurangan sekitar 43 - 52% massa (Rahman & Abdullah, 2011). Telah dilakukan penelitian untuk mempelajari reduksi abu untuk mengurangi *fouling* dan *slagging* pada boiler, baik dengan disemprot air dengan keran maupun

direndam dengan waktu tertentu dengan menggunakan berbagai media baik air, aquades maupun ditambahkan zat asam yang menghasilkan pengurangan kadar abu rata-rata 30-50% massa, tetapi kurang efektif karena menggunakan jumlah air yang cukup besar dan waktu perendaman yang relatif panjang. Dengan demikian, pemanfaatan TKKS sebagai bahan baku energi biomassa akan memberikan nilai tambah bagi industri kelapa sawit.(Wijono, 2014)

Tabel 2. Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit

Parameter	Nilai
Abu	6,04 % berat kering
Lignin	15,70 % berat kering
Selulosa	36,81 % berat kering
Hemiselulosa	27,01 % berat kering
Kelembaban (%)	24±5,80
pH	6,70±0,20
C (%)	53±1,50
N (%)	0,9±0,10
C/N	58,90
Fosfor (%)	0,60±0,10
Potassium (%)	2,40±0,40
Kalsium (%)	0,60±0,30
Magnesium (%)	0,6±0,2
Sulfur (%)	1,10±0,30

Sumber: (Hambali et al., 2016)

2.6 Limbah Tahu

Industri tahu banyak dijumpai di berbagai daerah di Indonesia. Sebagian besar industri tahu di Indonesia merupakan industri skala kecil sehingga produksi tahu di Indonesia saat ini masih menggunakan teknologi sederhana. Tahu merupakan salah satu makanan Indonesia yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Saat ini produksi tahu di daerah Samarinda masih diproduksi dalam skala rumah tangga dengan produksi sebesar 10 ton kedelai/bulan, dari data tersebut didapatkan limbah cair sebesar 20 m³ dari pengolahan. Limbah cair yang dihasilkan dari industri tahu berasal dari proses pencucian, perebusan, pengepresan, dan pencetakan tahu, oleh karena itu limbah cair yang dihasilkan sangat tinggi (Subekti, 2011). Limbah tahu adalah bahan atau materi buangan yang timbul akibat kegiatan produksi tahu, yang sudah tidak dimanfaatkan lagi. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan cair. Limbah padat berupa ampas kedelai. Limbah cair berupa sisa air perendaman, sisa air tahu yang tidak menggumpal, serta limbah cair keruh berwarna kuning muda keabu-abuan yang apabila dibiarkan akan berubah menjadi hitam dan berbau busuk (Yudhistira et al., 2018).

Pada umumnya limbah padat tahu dapat dimanfaatkan untuk makanan ternak. Sedangkan, limbah tahu yang berbentuk cair dibuang ke perairan sehingga mengakibatkan dampak buruk bagi kualitas air yaitu mengakibatkan bau busuk pada sungai atau tempat disekitar pembuangan limbah cair tahu tersebut. Selama ini limbah tahu tidak dimanfaatkan dengan maksimal. Limbah tahu yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu, dapat merusak lingkungan karena kandungan organiknya yang lebih tinggi dari baku mutu lingkungan seperti COD dan TSS. Keberadaan limbah cair dapat memberikan nilai negatif terhadap suatu

kegiatan industri. Namun limbah cair tahu juga dapat memberikan nilai positif jika dapat memaksimalkan berbagai potensi yang ada pada limbah cair industri serta melakukan penanganan dengan teknologi yang tepat. Salah satu karakterisasi yang dapat dilakukan diantaranya yaitu dengan kinetika pertumbuhan mikrobia pada limbah cair tahu untuk menghasilkan asam.



Gambar 2. Air Limbah Tahu

Pengolahan terhadap limbah cair tahu tersebut perlu dilakukan agar tidak merusak lingkungan, namun belum ada metode yang tepat dan efektif yang digunakan untuk menangani permasalahan limbah cair tahu di Samarinda. Limbah tahu mengandung BOD (4583 mg/L), COD (7050 mg/L), TSS (4743 mg/L) dan minyak/lemak (26 mg/L) (Aminah et al., 2013). Limbah cair yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu biasanya dibuang secara langsung tanpa proses pengolahan terlebih dahulu, sehingga dapat mencemari lingkungan. Bila dibiarkan berlanjut air limbah akan berubah warnanya menjadi coklat kehitaman

dan berbau busuk. Bau busuk ini akan mengakibatkan gangguan pernapasan. Apabila limbah ini dialirkan ke sungai akan mencemari sungai dan bila masih digunakan, maka akan menimbulkan penyakit gatal, diare, dan penyakit lainnya (Iswanto, 2016).

2.7 Parameter Air Limbah Tahu

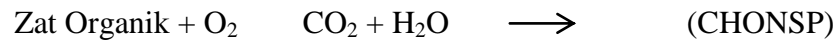
a. Chemical Oxygen Demand (COD)

COD adalah kebutuhan oksigen dalam proses oksidasi secara kimia, disebut juga kebutuhan oksigen kimiawi, merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh oksidator (misal kalium bikarbonat) untuk mengoksidasi seluruh material baik organik maupun anorganik yang terdapat dalam air. Jika kandungan senyawa organik cukup besar, maka oksigen terlarut di dalam air dapat mencapai nol, sehingga tumbuhan air, ikan-ikan, hewan air lainnya yang membutuhkan oksigen tidak memungkinkan hidup (Wardhana, 2004). Kebutuhan oksigen dalam air limbah ditunjukkan melalui BOD dan COD. Nilai COD akan selalu lebih besar daripada BOD karena kebanyakan senyawa lebih mudah teroksidasi secara kimia daripada biologi. Pengukuran COD membutuhkan waktu yang jauh lebih cepat, yakni dilakukan selama 3 jam, jika nilai sudah diketahui maka kondisi air limbah dapat diketahui (Kaswinarni, 2007).

b. Biological Oxygen Demand (BOD)

BOD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan oleh organisme untuk memecah bahan buangan organik di dalam suatu perairan. Konsentrasi BOD yang semakin tinggi menunjukkan semakin banyak oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik (Efendi, 2016). Penguraian bahan organik secara

biologis oleh mikroorganismenya menyangkut reaksi oksidasi dengan hasil akhir karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O). Proses penguraian bahan organik dapat dilihat sebagai berikut (Macoute, 2002) :



Nilai BOD yang tinggi menunjukkan terdapat banyak senyawa organik dalam limbah, sehingga banyak oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganismenya untuk menguraikan senyawa organik. Nilai BOD yang rendah menunjukkan terjadinya penguraian limbah organik oleh mikroorganismenya (Zulkifli & Suhelmi, 2018).

c. Total Suspended Solid (TSS)

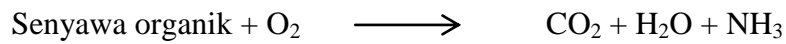
TSS adalah jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada dalam limbah setelah mengalami pengeringan. Bahan-bahan yang melayang dan tidak terlarut dalam air. Padatan tersuspensi sangat berhubungan erat dengan tingkat kekeruhan air. Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut. Semakin tinggi kandungan bahan tersuspensi tersebut, maka air semakin keruh (Efendi, 2016).

d. Nitrogen Total (N-Total)

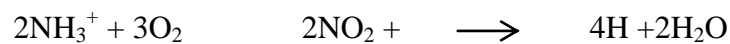
Senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tahu akan terurai oleh mikroorganismenya menjadi karbondioksida (CO₂), air serta ammonium, selanjutnya ammonium akan menjadi nitrat. Proses perubahan ammonia menjadi nitrit dan akhirnya menjadi nitrat disebut proses nitrifikasi. Untuk menghilangkan

ammonia dalam limbah cair sangat penting, karena ammonia bersifat racun bagi biota akuatik (Herlambang, 2005).

Reaksi penguraian organik :



Reaksi Nitrifikasi



e. *Power of Hydrogen* (pH)

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Ia didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H⁺) yang terlarut. Air limbah industri tahu sifatnya cenderung asam (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 1997). Pada keadaan asam ini akan terlepas zat-zat yang mudah menguap. Hal ini mengakibatkan limbah cair industri tahu mengeluarkan bau busuk.

Tabel 3. Standar Baku Mutu Limbah Tahu

Parameter	Kadar Maksimal (mg/L)
BOD	150
COD	300
TSS	100
pH	6,9-9,0

Sumber: (Lembaga Derah Provinsi Kalimantan Timur, 2011)

2.8 Leaching

Leaching merupakan tahap awal proses ekstraksi dalam hidrometalurgi dimana logam akan tertarik dan berpindah dari mineral alam ke dalam larutan *leaching*. Tahap ini melibatkan pelarutan selektif dari mineral mineral berharga dalam bahan yang akan dikontakkan dengan larutan kimia aktif yang berpotensi sebagai larutan pencuci. Perpindahan logam dari bijih ke larutan *leaching* merupakan transfer dari fase padat ke cair. Pelarutan yang terjadi dalam proses *leaching* bersifat selektif sehingga senyawa senyawa yang tidak diinginkan dalam bahan tidak akan terpengaruh dengan adanya proses ini dan tetap ada dalam padatan. Logam yang terlarut dalam larutan *leaching* hanya bisa diambil saat padatan dan larutan *leaching* dipisahkan. Padatan yang dihasilkan dari proses *leaching* disebut residu (Woollacott dan Eric dalam Smit, 2001).

Proses *leaching* terdiri dari 5 tahapan, yaitu :

- a. Difusi massa pelarut dari *bulk* pelarut ke permukaan padatan
- b. Difusi pelarut ke dalam pori padatan
- c. Perubahan fasa *solute* menjadi terlarut dalam pelarut
- d. Difusi melalui pelarut di dalam pori padatan ke lapisan luar padatan
- e. Transfer *solute* dari lapisan luar padatan ke *bulk* pelarut

(Soeswanto, 2011).

Secara umum, berdasarkan bahan dan metodenya, ekstraksi dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu ekstraksi padat cair dan ekstraksi cair-cair. Berikut penjelasannya:

1. Ekstraksi Padat Cair (*Leaching*)

Ekstraksi padat cair (*leaching*) adalah proses pemisahan suatu zat terlarut yang terdapat dalam suatu padatan dengan mengontakkan padatan tersebut dengan pelarut (*solvent*) sehingga padatan dan cairan bercampur dan kemudian zat terlarut terpisah dari padatan karena larut dalam pelarut. Pada ekstraksi padat cair terdapat dua fase yaitu fase overflow (ekstrak) dan fase underflow (rafinat/ampas) (Harriot, Peter, et al., 1985).

Metode yang digunakan untuk ekstraksi akan ditentukan oleh banyaknya zat yang larut, penyebarannya dalam padatan, sifat padatan dan besarnya partikel. Jika zat terlarut menyebar merata di dalam padatan, material yang dekat permukaan akan pertama kali larut terlebih dahulu. Pelarut, kemudian akan menangkap bagian pada lapisan luar sebelum mencapai zat terlarut selanjutnya, dan proses akan menjadi lebih sulit dan laju ekstraksi menjadi turun.

Biasanya proses *leaching* berlangsung dalam tiga tahap, yaitu:

- a. Perubahan fase dari zat terlarut yang diambil pada saat zat pelarut meresap masuk.
- b. Terjadi proses difusi pada cairan dari dalam partikel padat menuju keluar.
- c. Perpindahan zat terlarut dari padatan ke zat pelarut

2. Ekstraksi Cair-Cair

Ekstraksi cair-cair adalah ekstraksi yang digunakan jika pemisahan campuran dengan cara destilasi tidak mungkin dilakukan (misalnya karena pembentukan azeotrop atau karena kepekaannya terhadap panas) atau tidak ekonomis. Seperti ekstraksi padat cair, ekstraksi cair-cair selalu terdiri dari sedikitnya dua tahap,

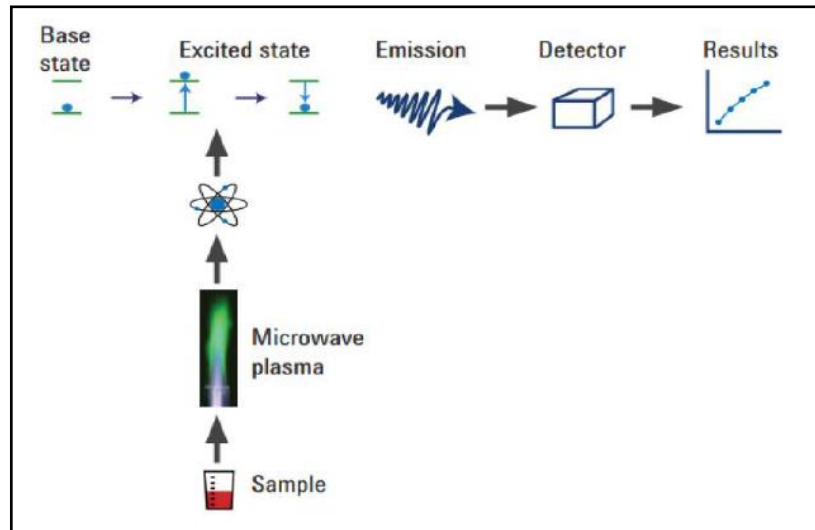
yaitu pencampuran secara intensif bahan ekstraksi dengan pelarut dan pemisahan kedua fase cair itu sesempurna mungkin.

2.9 Microwave Plasma Atomic Emission Spectroscopy (MP-AES)

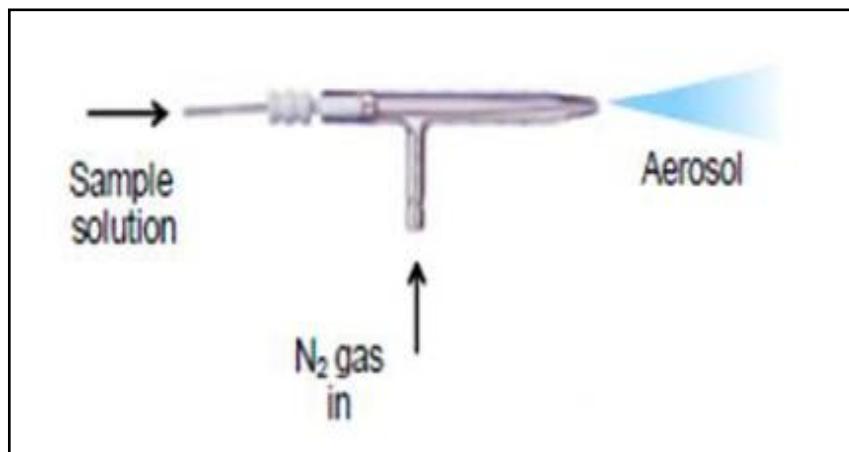
Diperlukan suatu metoda pengukuran kalium yang serempak dengan sensitivitas tinggi dan waktu analisa yang singkat, salah satunya adalah menggunakan *Microwave Plasma-Atomic Emission Spectrometer* (MP-AES). MP-AES merupakan suatu instrumen analisis berprinsip spektroskopi yang menggunakan plasma microwave sebagai sumber emisi yang bisa diperoleh dari pasokan udara terkompresi dan generator nitrogen (Skogerboe & Coleman, 1976). Selain dapat melakukan analisa secara bersamaan dan waktu yang lebih cepat, keuntungan melakukan analisa dengan MP-AES adalah penggunaan gas yang mahal dan mudah terbakar dapat dihindari, serta penggunaan bahan habis pakai, misalnya lampu katoda berongga (*hollow cathode lamps*) seperti yang digunakan di dalam AAS berkurang.

Microwave Plasma Atomic Emission Spectroscopy (MP-AES) merupakan spektroskopi atom, yang dikembangkan oleh Agilent Technologies. Alat ini merupakan jawaban atas tantangan mahalannya analisis logam menggunakan ICPMS yang menggunakan plasma berbahan gas argon yang relatif lebih mahal dan boros. MP-AES telah digunakan untuk penentuan bukan hanya unsur anorganik tetapi juga unsur organik. Diketahui sudah 80 unsur dapat ditentukan dengan teknik analisis ini (Agilent, 2014). MP-AES merupakan teknik analisis dengan cara mengukur emisi cahaya yang dipancarkan oleh atom netral pada

panjang gelombang khas dari setiap unsur. Sistem pengukuran secara MP-AES dapat dilihat pada Gambar 3.



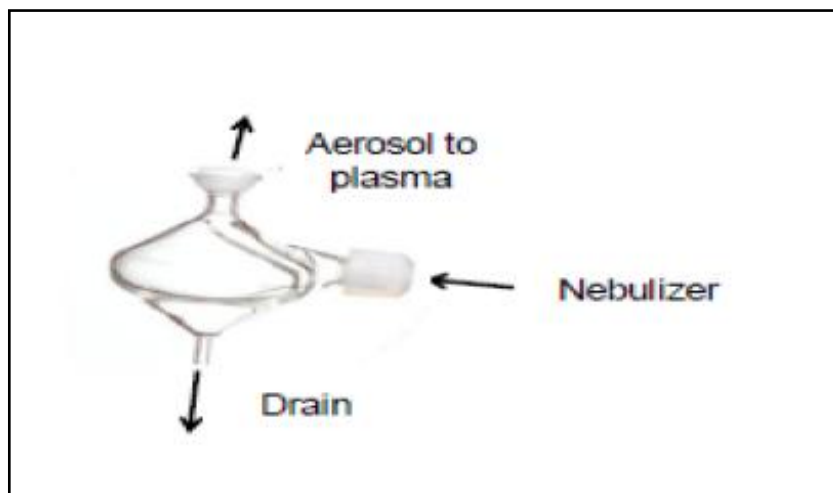
Gambar 3. Prinsip Kerja MP-AES.



Gambar 4. Proses Nebulisasi pada MP-AES

Proses pengukuran pada MP-AES meliputi:

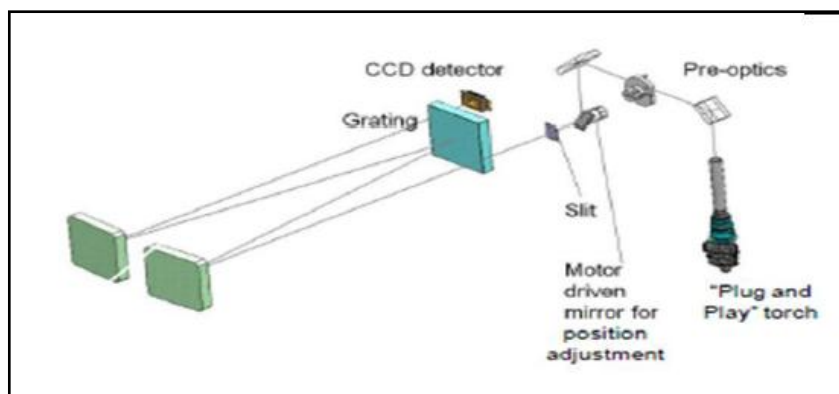
1. Pada Gambar 4 adalah proses nebulisasi. Proses pemasukan sampel, yaitu dilakukan menggunakan pompa peristaltik. Nebulisasi, yaitu tahap pengubahan cairan sampel menjadi aerosol. Tahap ini dilakukan oleh perangkat yang bernama nebulizer. Pada tahap ini larutan sampel akan dicampur dengan nitrogen bertekanan tinggi kemudian disebarkan dalam ruang pengabutan.



Gambar 5. Spray Chamber Tempat Proses Desolvasi dan Volatilisasi Analit



Gambar 6. Torch Tempat Terbentuknya Plasma untuk Proses Atomisasi.



Gambar 7. Diagram Optik pada MP-AES Agilent

2. Desolvasi/Volatilisasi, yaitu dihilangkannya analit terhadap pelarut sehingga terbentuk aerosol kering. Proses ini dilakukan di *spray chamber* (Gambar 5). Sampel dalam bentuk aerosol yang dihasilkan oleh nebulizer, selanjutnya memasuki *spray chamber* dan dilakukan pengeringan aerosol dan segera dikirim ke *torch* untuk diatomisasi dalam plasma. Sedangkan sisa pelarut dan bahan lain yang tidak menguap dibuang (*drain*) menggunakan pompa peristaltik.
3. Atomisasi, yaitu proses putusnya ikatan senyawa dalam fasa gas menghasilkan atom netralnya. Proses atomisasi dilakukan di dalam plasma oleh perangkat *torch* (Gambar 6). Suhu pada tahap ini sekitar 5000 °K. Plasma merupakan nyala gas terionisasi akibat semburan gas nitrogen yang dikenai energi pada panjang gelombang mikro dan melalui medan magnet yang kuat.
4. Eksitasi/ Emisi, yaitu atom-atom keadaan dasar memperoleh energi eksitasi elektronik dari tumbukan selanjutnya terjadi relaksasi dan selanjutnya atom-atom mengemisikan cahaya pada panjang gelombang yang khas sesuai unsur-unsur yang akan diukur.
5. Monokromatisasi, yaitu proses monokromatisasi cahaya (Gambar 7) yang dilakukan oleh perangkat *grating* yang akan mendispersikan cahaya polikromatis sehingga menghasilkan cahaya monokromatis
6. Deteksi, yaitu pengukuran intensitas emisi analit pada pada panjang gelombang tertentu menggunakan *charge coupled device detector* (CCD). Untuk logam-logam tertentu, dilakukan pada perangkat *multi sample introduction system* (MSIS). Perangkat ini berfungsi sebagai hidrida generator dengan sistem

penambahan pereaksi pereduksi pada sampel. Pereaksi yang sering digunakan akan mereduksi kation-kation menjadi bentuk netralnya atau bentuk hidridanya.



Gambar 8. Perangkat MP-AES Agilent MP-1400 (Keterangan: 1. *Plasma viewing window*, 2. *Plasma enable switch*, 3. *Nebulizer gas connection*, 4. *Peristaltic pump*, 5. *Pre-optic window*, 6. *Torch*, 7. *Spray chamber*, dan 8. *Nebulizer*)

MP-AES merupakan salah satu spektrofotometer emisi atom yang mempunyai kelebihan dibandingkan AAS di antaranya lebih hemat biaya operasional karena menggunakan gas nitrogen yang berasal dari generator nitrogen. Teknik analisis ini menjadi alternatif karena mempunyai tingkat bahaya yang lebih rendah karena tidak menggunakan nyala api (*flame*) untuk atomisasi, dan tidak menggunakan gas-gas mudah terbakar atau dapat meledak. Atomisasi pada MP-AES menggunakan plasma dengan membutuhkan gas nitrogen dan memerlukan laju alir argon yang sangat kecil (Zhao et al., 2014).

Metode pengukuran yang dipilih harus metode yang telah diuji dan divalidasi oleh laboratorium pengujian (Garfield et al., 2000). Hal ini sesuai dengan sistem manajemen mutu Standar Nasional Indonesia 17025 (SNI-17025) tahun 2005 yang mengharuskan laboratorium pengujian dalam menganalisis bahan menggunakan metode pengukuran yang valid. Validasi metode merupakan komponen penting dalam pengukuran yang harus diterapkan oleh laboratorium untuk dapat menghasilkan data terpercaya dari metode yang digunakan (Thompson et al., 2002)

MPAES merupakan instrumentasi yang berdasarkan pada spektroskopi emisi atom. Spektroskopi emisi atom atau *Atomic Emission Spectroscopy* (AES) adalah suatu metode pengukuran yang dapat digunakan untuk analisis logam secara kualitatif maupun kuantitatif yang didasarkan pada pemancaran atau emisi sinar dengan panjang gelombang yang karakteristik untuk unsur yang dianalisa. Spektroskopi emisi merupakan spektroskopi atom dengan menggunakan sumber eksitasi plasma, nyala atau laser bertenaga tinggi (Skoog et al., 1992). Sumber eksitasi sangat berpengaruh terhadap bentuk dan intensitas emisi. Selain menyediakan energi yang cukup untuk menguapkan sampel, sumber juga menyebabkan eksitasi elektronik partikel-partikel elementer dalam gas.

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2019 – Mei 2019 di Laboratorium Rekayasa Sumberdaya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, dan UPT. Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini bak 3 buah, pH meter, *hammer mill*, gunting, timbangan analitik (Ohaus), gelas ukur, mesin oven (Memmert), cawan petri, cawan porselin, plastik ziplock, botol film, alat tulis, mesin tanur (Bibby Stuart), stopwatch, desikator, *bomb calorimeter* (DDS Calorimeters), penggaris (Butterfly) dan perangkat Agilent *Technologies* MP-AES 4100. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan air limbah tahu.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengambilan sampel yaitu Triplo. Triplo merupakan metode pengambilan suatu sampel atau bahan uji dengan menggunakan perbandingan contoh sampel yang akan di amati mikroorganismenya. Percobaan pertama mendapatkan hasil tertentu, maka

dilakukan lagi percobaan yang kedua untuk memastikan bisa didapatkan hasil yang sama, begitu pula percobaan yang ketiga. Apabila hasilnya tidak jauh berbeda, maka nilai akhir merupakan rata-rata dari ketiganya. Penelitian ini hanya menggunakan 1 perlakuan yaitu perendaman, dimana tandan kosong kelapa sawit (TKKS) direndam dengan air limbah tahu, dengan menggunakan 9 waktu yang digunakan adalah 0, 3,75, 7,5, 15, 30, 60, 120, 720, dan 1440 menit, dimana masing-masing 3 kali ulangan.

3.4 Prosedur Penelitian

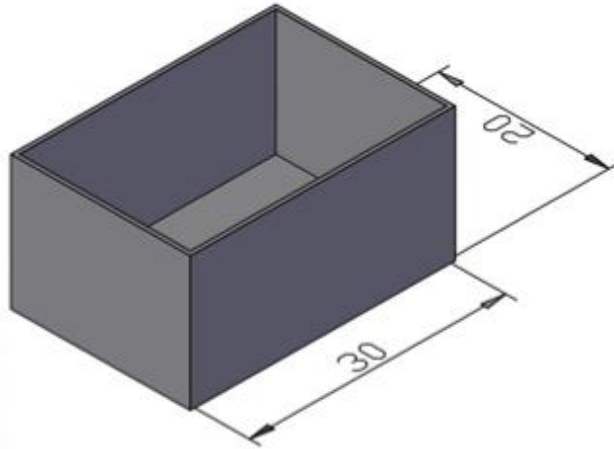
3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan pertama adalah bahan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) diambil dari perkebunan PT. Nakau yang berada di Desa Candimas, Kecamatan Abung Selatan, Lampung Utara, kemudian limbah tersebut di potong kecil-kecil dengan ukuran 0,5 – 1 cm. Langkah selanjutnya TKKS diambil sampel 5 gram untuk 0 menit tanpa perlakuan lalu di oven selama 24 jam, kemudian sampel dimasukkan di dalam desikator selama 15 menit, hasil berat sebelum di oven dan sesudah di oven dihitung untuk menentukan kadar air pada limbah TKKS.

Langkah berikutnya hasil sampel TKKS di tanur selama 2 jam, setelah itu hasilnya di analisis. Untuk bahan air limbah tahu diambil dari hasil rumah industri tahu yang berada di Jalan Arif Rahman Hakim, Kelurahan Way Halim Permai, Kecamatan Way Halim, Bandar Lampung.

Pada bak yang digunakan diketahui bahwa bak disamping memiliki panjang 30 cm, lebar 20 cm, dan tinggi 15 cm. Jadi volume bak adalah 9.000 cm^3 Liter, sehingga air limbah yang digunakan untuk perendaman adalah 9 liter .

Alat yang digunakan untuk perendaman TKKS pada Gambar 9.



Gambar 9. Kotak untuk Perendaman

3.4.2 Proses Pencucian (*Leaching*)

Proses *leaching* atau pencucian dilakukan dengan cara perendaman tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan menggunakan air limbah tahu hasil dari rumah industri. Proses ini mempunyai 9 waktu yaitu 0 menit tanpa ulangan dan 8 waktu lainnya yaitu 3,75, 7,5, 15, 30, 60, 120, 720, dan 1440 menit dengan masing-masing 3 kali ulangan. Pada setiap waktu 3,75 dari 3 bak yang telah ada perendaman TKKS dan air limbah tahu lalu masing-masing air limbah tahu dari ketiga bak tersebut di ukur pH nya dengan menggunakan alat pH Meter yang hasilnya dijadikan satu kemudian di rata-rata maka hasil tersebut menjadi pH akhir pada waktu 3,57. Pada waktu yang sama ambil masing-masing kurang lebih 5 gram TKKS dari ketiga bak tersebut, kemudian di jadikan satu untuk di aduk secara homogen, tahap selanjutnya akan di timbang sebelum di masukkan oven dan ke tahap berikutnya untuk melakukan analisis sesuai dengan parameter yang dilakukan. Waktu lainnya sama halnya dengan proses yang dilakukan pada waktu sebelumnya.

3.4.3 Pengujian Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Setelah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) telah diberi perlakuan perendaman menggunakan air limbah tahu maka dilakukan pengujian yaitu analisis kadar air, analisis kadar abu, analisis nilai kalor dengan menggunakan alat *bomb calorimeter* dan tahap selanjutnya pengujian kadar nilai kalium dengan menggunakan alat Agilent / MP AES 4100.

3.4.4 Prose Pengujian Kalium dengan Alat Agilent MP AES 4100)

Tahap Destruksi Sampel

1. Timbang 1 gr sampel abu TKKS dalam labu heavy metal digester
2. Tambahkan HCL (1+1) dan HNO₃ (1+1) masing-masing 5 ml
3. Lakukan destruksi dengan heavy metal digester dengan :
 $T = 95^{\circ}\text{C}$ $t = 30$ menit
4. Biarkan sampel hingga dingin
5. Saring sampel dengan kertas Whatman No. 1
6. Pindahkan ke labu 50 ml dan diencerkan dengan ultrapure water sampai batas miniskus
7. Pindahkan ke botol HDPE

Tahap Pengukuran dengan Alat Agilent (MP AES 4100)

1. Proses pemasukan sampel, yaitu dilakukan menggunakan pompa peristaltik.

Nebulisasi, yaitu tahap pengubahan cairan sampel menjadi aerosol. Tahap ini dilakukan oleh perangkat yang bernama nebulizer. Pada tahap ini larutan sampel akan dicampur dengan nitrogen bertekanan tinggi kemudian disebarkan dalam ruang pengabutan.

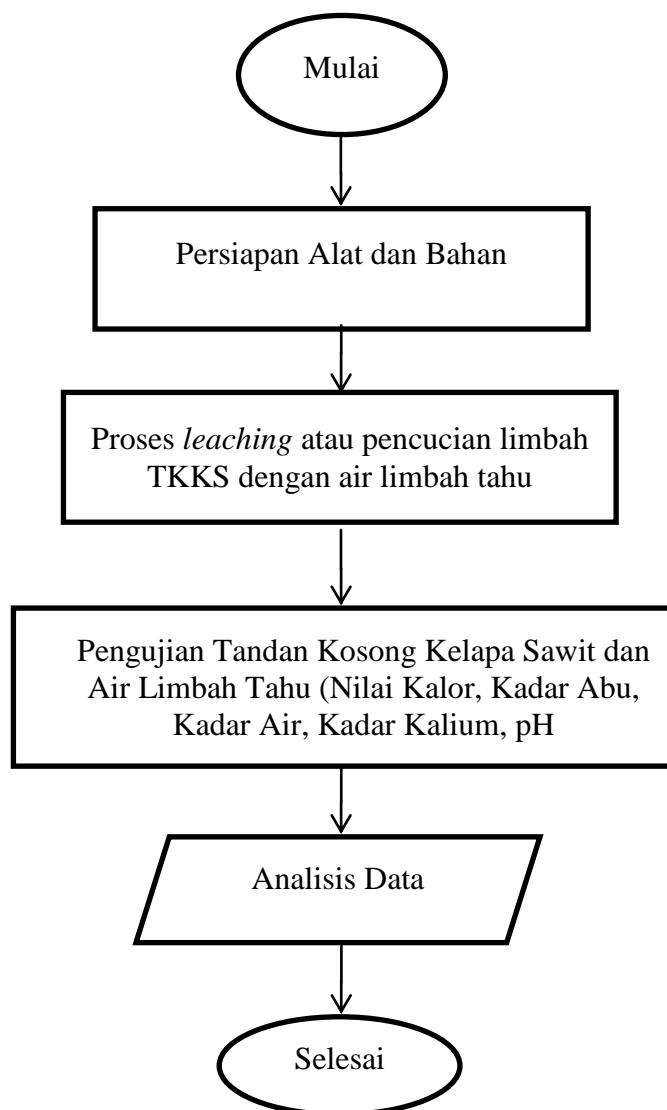
2. Desolvasi/Volatilisasi, yaitu dihilangkannya analit terhadap pelarut sehingga terbentuk aerosol kering. Proses ini dilakukan di *spray chamber*, sampel dalam bentuk aerosol yang dihasilkan oleh nebulizer, selanjutnya memasuki *spray chamber* dan dilakukan pengeringan aerosol dan segera dikirim ke *torch* untuk diatomisasi dalam plasma. Sedangkan sisa pelarut dan bahan lain yang tidak menguap dibuang (*drain*) menggunakan pompa peristaltik.
3. Atomisasi, yaitu proses putusnya ikatan senyawa dalam fasa gas menghasilkan atom netralnya. Proses atomisasi dilakukan di dalam plasma oleh perangkat *torch*. Suhu pada tahap ini sekitar 5000°K. Plasma merupakan nyala gas terionisasi akibat semburan gas nitrogen yang dikenai energi pada panjang gelombang mikro dan melalui medan magnet yang kuat.
4. Eksitasi/ Emisi, yaitu atom-atom keadaan dasar memperoleh energi eksitasi elektronik dari tumbukan selanjutnya terjadi relaksasi dan selanjutnya atom-atom mememisikan cahaya pada panjang gelombang yang khas sesuai unsur-unsur yang akan diukur.
5. Monokromatisasi, yaitu proses monokromatisasi cahaya yang dilakukan oleh perangkat *grating* yang akan mendispersikan cahaya polikromatis sehingga menghasilkan cahaya monokromatis
6. Deteksi, yaitu pengukuran intensitas emisi analit pada panjang gelombang tertentu menggunakan *charge coupled device detector* (CCD). Untuk logam-logam tertentu, dilakukan pada perangkat *multi sample introduction system* (MSIS). Perangkat ini berfungsi sebagai hidrida generator dengan sistem

penambahan pereaksi pereduksi pada sampel. Pereaksi yang sering digunakan akan mereduksi kation-kation menjadi bentuk netralnya atau bentuk hidridanya.

3.4.5 Analisis Data

Ketiga sampel TKKS yang telah diberi perlakuan perendaman dengan masing-masing waktu yang telah ditentukan. Kemudian di tiap-tiap waktu perlakuan hasilnya dijadikan satu untuk diuji dengan metode pengambilan sampel (triplo), hasil akan ditunjukkan dalam bentuk tabel dan bentuk grafik

Secara garis besar pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram Alir Penelitian

3.5 Parameter Penelitian

3.5.1 pH

Pengukuran pH menggunakan alat pH meter, dilakukan saat waktu 0 menit tanpa perlakuan dan 8 waktu lainnya dengan masing-masing 3 kali pengukuran.

3.5.2 Analisis Kadar Air

Kadar air biomassa adalah jumlah air dalam bahan, dinyatakan sebagai persen berat bahan. Kadar air yang tinggi akan berakibat semakin lama bahan bakar tersebut terbakar dan membutuhkan energi yang besar. Berat bahan dapat dinyatakan sebagai berat basah, berat kering, atau berat kering bebas abu (dry-and-ash-free basis). Penetapan kadar air dilakukan dengan mengambil 1 bahan sampel tanpa cawan dan diletakkan dalam cawan porselen dengan bobot yang sudah diketahui. Kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 105° selama 24 jam sampai kadar air konstan. Kemudian didinginkan ke dalam desikator sampai suhu stabil dan timbang. Hasil kadar air di dapat dengan rumus :

$$\text{Kadar Air Basis Basah} = \frac{bB - bK}{bB} \times 100\% \text{_____} (1)$$

$$\text{Kadar Air Basis Kering} = \frac{bB - bK}{bK} \times 100\% \text{_____} (2)$$

Keterangan :

bB = Massa sampel sebelum dikeringkan

bK = Massa sampel setelah dikeringkan

3.5.3 Analisis Kadar Abu

Kadar abu merupakan jumlah konstan yang tersisa apabila bahan bakar padat dipanaskan. Dalam proses pengabuan bahan – bahan organik dalam bahan bakar padat akan terbakar sedangkan bahan anorganik akan tertinggal. Abu yang tertinggal adalah berbagai garam – garam logam seperti karbonat, silikat, oksalat dan fosfat. Analisis kadar abu menggunakan alat yaitu tanur dengan suhu 550⁰ C. selama 2 jam kemudian diletakkan di dalam desikator selama 15 menit. Hasil kadar air di dapat dengan rumus :

$$\text{Kadar Abu} = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \% \text{_____} (3)$$

Keterangan :

m1 = Massa sampel kering (g)

m2 = Massa abu (g)

3.5.4 Analisis Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh satu gram bahan bakar dengan meningkatkan temperatur satu gram air dengan satuan kalor. Penetapan nilai kalor untuk mengetahui nilai panas pembakaran, pengukuran nilai kalor memerlukan peralatan (*bomb calorimeter*). Semakin tinggi nilai kalor pada bahan maka akan semakin baik pula kualitasnya, nilai kalor memiliki satuan MJ/kg. Ambil contoh uji 1 gram kemudian di letakan ke dalam cawan silica dan diikat dengan kawat nikel, kemudian dimasukan kedalam tabung dan ditutup rapat. Lalu tabung tersebut dialiri oksigen selama 30 detik. Tabung dimasukan dalam *oxygen bomb calorimeter*. Pembakaran dimulai saat suhu air tetap dengan pengukuran suhu optimum.

3.5.5 Analisis Kadar Kalium

Kalium adalah katalis untuk proses pirolisis dan juga berfungsi sebagai sumber alkali yang dominan di sebagian besar bahan bakar biomassa. Untuk analisis kadar kalium dengan menggunakan alat MP-AES 1400.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai kalor TKKS meningkat dari 16,86 MJ/Kg (tanpa perlakuan) hingga 18,3% MJ/Kg setelah proses pencucian (*leaching*) selama 1440 menit.
2. Proses pencucian (*leaching*) dengan menggunakan air limbah tahu melalui perendaman TKKS dapat menurunkan kadar kalium sebesar 87,3% , yaitu dari 13,09% (tanpa perlakuan) menjadi 1,66% setelah perendaman selama 1440 menit.
3. Semakin rendah kadar abu dan kadar kalium maka nilai kalor pada TKKS akan meningkat sehingga baik untuk proses pembakaran.
4. Proses pencucian (*leaching*) menggunakan air limbah tahu melalui perendaman TKKS dapat menurunkan kadar abu sebesar 34,36% , yaitu dari 4,51% (tanpa perlakuan) menjadi 2,96% setelah perendaman selama 1440 menit.
5. Air limbah tahu yang digunakan mengalami peningkatan pada pH yaitu pada menit ke-0 tanpa perlakuan 2,9 menjadi 3,8 pada waktu ke-1440 setelah diberi perlakuan.

5.2 Saran

1. Meningkatkan jumlah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang digunakan dalam proses (*leaching*) menggunakan air limbah tahu (bahan organik lainnya).
2. Limbah cair dari pabrik kelapa sawit dapat digunakan untuk pencucian (*leaching*) untuk menurunkan kadar kalium pada TKKS.
3. Perlu diperhatikan suhu lingkungan selama proses pencucian (*leaching*) berlangsung, agar tidak mempengaruhi hasil kadar air maupun kadar abu pada TKKS.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K., Irwanto, A.K., Siregar, N., Agustina, E., Tambunan, A.H., Yamin, M., Hartulistiyoso, E., Purwanto, Y.A., Wulandani, D. & Nelwan, L.O. 1991. Energi dan listrik pertanian. *Laporan kerjasama dengan JICA. Institut Pertanian Bogor (Sirkulasi terbatas).*
- Abdullah, K., Nur Rahman, H., Daryus, A., Chan, Y., Esye, Y., Yunus, H. & Siregar, R. 2010. *Sustainable Parameters in Disseminating Renewable Energy Technology.*
- Agilent. 2014. <http://www.chem.agilent.com/en-US/products/services/Instruments-Systems/AtomicSpectroscopy/4200-MPAES/Pages/default.aspx>. 17 June 2019.
- Alamsyah, R. & Loebis, E.H. 2014. Design and Technical Testing for Crude Biodiesel Reactor Using Dry Methods: Comparison of Energy Analysis. *Energy Procedia*, 47: 235–241.
- Alamsyah, R., Loebis, E.H., Susanto, E., Junaidi, L. & Siregar, N.C. 2015. An Experimental Study on Synthetic Gas (Syngas) Production through Gasification of Indonesian Biomass Pellet. *Energy Procedia*, 65: 292–299.
- Alamsyah, R., Siregar, N. & Hasanah, F. 2017. *Torrefaction study for energy upgrading on Indonesian biomass as low emission solid fuel.*
- Aminah, S., Hutahaean, R.A., Ritonga, M.Y., Kimia, D.T., Teknik, F. & Utara, S. 2013. Tahu merupakan salah satu jenis makanan sumber protein dengan bahan dasar.
- Astuti. 2011. Petunjuk Praktikum Analisis Bahan Biologi. *Jurdik Biologi FMIPA UNY. Yogyakarta.*
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). 1997. Teknologi Pengolahan Limbah Tahu – Tempe Dengan Proses Biofilter Anaerob Aerob. *Laporan Kegiatan. Kelompok Teknologi Pengolahan Air Bersih dan Limbah Cair. BPPT.*

- Badan Pusat Statistik (BPS). 2013. Produksi Perkebunan Menurut Provinsi dan Jenis Tanaman (ribu ton). <http://bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1672> 17 June 2019.
- Baert, P., Bosteels, T. & Sorgeloos, P. 1996. *Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture*.
- Bantacut, T., Hendra, D. & Nurwigha, R. 2013. Mutu Biopellet dari Campuran Arang dan Sabut Cangkang Sawit. *Journal of Agroindustrial Technology*, 23(1). <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/view/7229> 10 July 2019.
- Borman, G.L. & Ragland, K.W. 1998. *Combustion Engineering*. McGraw-Hill.
- Dalton, O., Mohamed, A. & Aja, O. 2017. *Status Evaluation of Palm Oil Waste Management Sustainability in Malaysia*.
- Demirbas, A. 2009. Biofuels securing the planet's future energy needs. *Energy Conversion and Management*, 50(9): 2239–2249.
- Dewan Energi Nasional (DEN). 2014. Bauran Energi Nasional Sampai dengan 2050. *Dewan Energi Nasional*. Jakarta.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2016. Statistik Perkebunan Indonesia. <http://ditjebun.pertanian.go.id> 25 November 2018.
- Eckenfelder, Jr & Wesley, W. 1999. *Industrial Water Pollution Control*. 3 edition. Boston: McGraw-Hill Science/Engineering/Math.
- Efendi, H. 2016. *Telaah kualitas air : bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Kanisius.
- Fauzi, Y., Widiyastuti, Y.E., Satywibawa, I. & Paeru, R.H. 2005. *Budidaya, Pemanfaatan Hasil & limbah, Analisis Usaha & Pemasaran* -. <http://www.bukabuku.com/browses/product/9789790025301/kelapa-sawit-budidaya-pemanfaatan-hasil-limbah-analisis-usaha-pemasaran.html> 12 July 2019.
- Garfield, F.G., Klesta, E. & Hirsch, J. 2000. *Quality Assurance Principles for Analytical Laboratories*. AOAC International. USA.
- Hambali, E., Nisya, F, N., Thahar, A., Nuryanti, A. & Wijaya, H. 2016. *Potential of Biomass as Bioenergy Feedstock in Indonesia*.
- Harriot, Peter, Warren, L., Julian, C & Smith. 1985. *Unit Operasi Teknik Kimia, edisi ke-4*;
- Herlambang, A. 2005. Penghilangan Bau Secara Biologi dengan Biofilter Sintetik. *Jurnal Air Indonesia*, 1(1). <http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JAI/article/view/2299> 12 July 2019.

- Hermawan, H. 2015. *Kajian Pengaruh Aplikasi Bionutrien S267 Terhadap Produktivitas Tanaman Kelapa Sawit TM-08*. other. Universitas pendidikan Indonesia. <http://repository.upi.edu/> 12 July 2019.
- Hermiati, E., Mangunwidjaja, D., Sunarti, T.C., Suparno, O. & Prasetya, B. 2017. Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu untuk Produktivitas Bioetanol. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 29(4): 121–130. <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jppp/article/view/7758> 12 July 2019.
- Iswanto, B. 2016. Teknologi Elektrokoagulasi Hasil Penelitian untuk Pengolahan Limbah Domestik. *Indonesian Journal Of Urban And Environmental Technology*, 5(4): 113–116. <https://www.trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/urbanenvirotech/article/view/681> 12 July 2019.
- Jeffers, R.F., Jacobson, J.J. & Searcy, E.M. 2013. Dynamic analysis of policy drivers for bioenergy commodity markets. *Energy Policy*, 52: 249–263. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512007549> 12 July 2019.
- Kaswinarni, F. 2007. *Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu Studi Kasus Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal dan Gagak Sipat Boyolali*. masters. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. <http://eprints.undip.ac.id/17407/> 12 July 2019.
- Kementerian Pertanian. 2017. *Outlook Komoditi Kelapa Sawit*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretarian Jendral. Jakarta.
- Kumar, A., Flynn, P. & Sokhansanj, S. 2008. *Biopower generation from mountain pine infested wood in Canada: An economical opportunity for greenhouse gas mitigation*. *Renewable Energy*, 33(6): 1354–1363. <https://ideas.repec.org/a/eee/renene/v33y2008i6p1354-1363.html> 12 July 2019.
- Lehtikangas, P. 2001. Quality Properties of Pelletised Sawdust Logging Residues and Bark Biomassa and Bioenergy. , 20(5): 351–360.
- Lembaga Derah Provinsi Kalimantan Timur. 2011. Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. *Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011*. Kalimantan Timur.
- Liew, W.H., Hassim, M.H. & Ng, D.K.S. 2014. Review of evolution, technology and sustainability assessments of biofuel production. *Journal of Cleaner Production*, 71: 11–29. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614000158> 12 July 2019.

- Macoute, J. 2002. Proses Pengolahan Air Sungai untuk Keperluan Air Minum. https://www.academia.edu/5846638/PROSES_PENGOLAHAN_AIR_SUNGAI_UNTUK_KEPERLUAN_AIR_MINUM 12 July 2019.
- McKendry, P. 2002. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology*, 83(1): 37–46. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852401001183> 12 July 2019.
- Nasution, S.H., Hanum, C. & Ginting, J. 2014. Pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) pada berbagai perbandingan media tanam solid decanter dan tandan kosong kelapa Sawit pada sistem single stage. *Agroekoteknologi*, 2(2).
- Nugrahaeni, J.I. 2008. Pemanfaatan Limbah Tembakau (*Nicotiana Tabacum* L.) Untuk Bahan Pembuatan Briket sebagai Bahan Bakar Alternatif. <http://repository.ipb.ac.id/xmlui/handle/123456789/14011> 12 July 2019.
- Pardamean, M. 2008. *Panduan Lengkap Pengelolaan Kebun dan Pabrik Kelapa Sawit*. AgroMedia.
- Prihartini, I., Soebarinoto, S., Chuzaemi, S. & Winugroho, M. 2011. Nutrient Characteristics and Fermented Rice Straw Degradation by Lignolytic TLiD and BopR Inoculums. *Animal Production*, 11.
- Rahman, A.B.A. & Abdullah, N. 2011. Basic Properties of Washed and Unwashed Oil Palm Wastes. https://www.academia.edu/25977862/Basic_Properties_of_Washed_and_Unwashed_Oil_Palm_Wastes 12 July 2019.
- Raksodewanto, A. 2014. Pengurangan Kandungan Kalium dalam Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Boiler. *Seminar Nasional SPRINT 2014. LIPI Yogyakarta*.
- Ramsay, W.S. 1982. Energy from Forest Biomass (Ed). *Academic Press. New York*.
- Ratno, Mawarani, L.J. & Zulkifli. 2013. Pengaruh Ampas Tebu sebagai Adsorbent pada Proses Pretreatment Minyak Jelantah terhadap Karakteristik Biodiesel. *Jurnal Teknik ITS*, 2(2): B257-B261–B261. <http://ejournal.its.ac.id> 4 August 2019.
- Sa'adah, W.A. 2014. Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dan Serbuk Kayu Mahoni sebagai Bahan Baku Biopellet. <http://repository.ipb.ac.id/xmlui/handle/123456789/70621> 10 July 2019.
- Shabiri, A.N., Ritonga, R.S. & Ginting, M.H.S. 2014. Pengaruh Rasio Epoksi / Ampas Tebu dan Perlakuan Alkali pada Ampas Tebu Terhadap Kekuatan Bentur Komposit Partikel Epoksi Berpengisi Serat Ampas Tebu. *Jurnal*

- Teknik Kimia USU*, 3(3).
<https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jtk/article/view/7932> 12 July 2019.
- Skogerboe, R.K. & Coleman, G.N. 1976. Microwave Plasma Emission Spectrometry. *Analytical Chemistry*, 48(7): 611A-622A.
<https://doi.org/10.1021/ac60371a788> 12 July 2019.
- Skoog, D.A., West, D.M. & Holler, F.J. 1992. *Fundamentals of analytical chemistry*. 6th ed. Fort Worth, Tex Saunders College Pub.
<https://trove.nla.gov.au/work/11739603> 12 July 2019.
- Soerawidjaja, T.H. 2010. Peran Bioenergi dan Arah-arrah Utama LitBangRap-nya di Indonesia. : 37.
- Soeswanto, B. 2011. *Pengaruh Parameter Proses pada Pemungutan Kembali Silika Dari Abu Batubara*. masters. Universitas Diponegoro.
<http://eprints.undip.ac.id/36574/> 12 July 2019.
- Subekti, S. 2011. Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1).
https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/article/view/241 12 July 2019.
- Sudarmadji, S., Suhardi & Haryono, B. 1989. *Analisa bahan makanan dan pertanian*. Liberty Yogyakarta bekerja sama dengan Pusat Antar Universitas Pangan.
- Sunardi. 2006. *Unsur Kimia*. Yrama Widya. Jakarta.
- Thomas, R.M. 1995. Alkali Deposits Found in Biomass Power Plants. *National Renewable Energy Laboratory. Departmen of Energy. National Technical Information Service*, 1(95).
- Thompson, M., Ellison, S. & Wood, R. 2002. *Harmonized guidelines for single-laboratory validation of methods of analysis (IUPAC Technical Report)*.
- Wagiman & Suryandono, A. 2004. Kajian Kombinasi Anaerobic Baffled Reactor (ABR) Dan Sistem Lumpur Aktif Untuk Pengolahan Limbah Cair Tahu. *Lembaga Penelitian UGM. Jogjakarta*.
- Wang, C., Wang, F., Yang, Q. & Liang, R. 2009. Thermogravimetric studies of the behavior of wheat straw with added coal during combustion. *Biomass and Bioenergy*, 33(1): 50–56.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953408000986> 12 July 2019.
- Wardhana, W.A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan (Edisi Revisi) / Wisnu Arya Wardhana*. Andi.
[//library.fis.uny.ac.id/opac/index.php?p=show_detail&id=2707&keywords=](http://library.fis.uny.ac.id/opac/index.php?p=show_detail&id=2707&keywords=12%20July%202019) 12 July 2019.

- Widanarko, A. 2009. *Buku Kelapa Sawit di Pasang Surut Chapter 1*.
https://www.academia.edu/22124179/Buku_Kelapa_Sawit_di_Pasang_Surut_Chapter_1 29 July 2019.
- Wijono, A. 2014. PLTU Biomassa Tandan Kosong Kelapa Sawit Studi Kelayakan dan Dampak Lingkungan. : 8.
- Yin, C.Y. 2011. Prediction of Higher Heating Values of Biomass from Proximate and Ultimate Analyses. , 90: 1128–1132.
- Yudhistira, B., Andriani, M. & Utami, R. 2018. Karakterisasi: Limbah Cair Industri Tahu Dengan Koagulan yang Berbeda (Asam Asetat dan Kalsium Sulfat). *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 31(2): 137–145.
<https://jurnal.uns.ac.id/carakatani/article/view/11998> 12 July 2019.
- Zhao, Y., Li, Z., Ross, A., Huang, Z., Chang, W., Ou-yang, K., Chan, Y. & Wu, C. 2014. Determination of Heavy Metals in Leather and Fur by Microwave Plasma Atomic Emission Spectrometry. *J. Environ, Monit, and Assess*, 186: 7097–7113.
- Zhu, W., Lagu, W. & Lin, W. 2008. Gasifikasi Katalik Char dari co-pirolisis Batubara dan Biomassa. *Proses Bahan Bakar*, 89(9): 890–896.
- Zulkifli, Z. & Suhelmi, S. 2018. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu Dengan Rotating Biological Contactor (Rbc) Pada Skala Laboratorium Menuju Produksi Bersih. *Prosiding Seminar Nasional Era Industri (SNEI) 4.0*, 1(1): 429–436.
<http://www.ejournal.upmi.ac.id/index.php/snei/article/view/68> 12 July 2019.