PENCUCIAN *(LEACHING)* KADAR KALIUM (K) JERAMI PADI *(Oryza sativa)* MENGGUNAKAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU UNTUK MENINGKATKAN MUTU BAHAN BAKAR

(Skripsi)

Oleh
USI ZUBAIDAH

JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019

ABSTRAK

PENCUCIAN *(LEACHING)* KADAR KALIUM (K) JERAMI PADI *(Oryza sativa)* MENGGUNAKAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU UNTUK MENINGKATKAN MUTU BAHAN BAKAR

Oleh

USI ZUBAIDAH

Limbah dari hasil pengolahan tanaman padi salah satunya yaitu jerami padi mempunyai banyak kegunaan. Misalnya dapat digunakan sebagai energi alternatif energi baru dan terbarukan. Limbah jerami padi mengandung nilai kalium yang cukup tinggi sehingga dapat menyebabkan pengerakan pada saat setelah proses pembakaran maka harus dilakukan pencucian atau *leaching* dengan memanfaatkan limbah cair industri tahu. Tujuan dari penelitian ini untuk meningkatkan kualitas jerami padi sebagai bahan bakar melalui proses pencucian *(leaching)* menggunakan air limbah industri tahu.

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Maret sampai Mei 2019 di Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Jerami padi diambil dari Lampung Timur dan limbah cair industri tahu diambil dari Way Halim, Bandar Lampung. Sebelum dilakukan penelitian, jerami padi dijemur terlebih dahulu sampai

memiliki kadar air 15% dan kemudian dicacah dengan ukuran 1 sampai 2 cm. Perlakuan pencucian *(leaching)* dilakukan dengan cara direndam dengan waktu perendaman selama 3,75, 7,5, 15, 30, 60, 120, 720 dan 1440 menit dengan pengambilan sampel menggunakan metode triplo. Analisis yang dilakukan adalah analisis pH limbah cair tahu, analisis kadar air jerami padi, analisis kadar abu, analisis nilai kalor dan analisis nilai kadar kalium.

Hasil dari penelitian ini adalah analisis pH limbah cair tahu semakin naik setelah mengalami proses pencucian, jerami padi yang dimanfaatkan untuk bahan bakar merupakan jerami yang sudah kering dan mempunyai kadar air 13-15 % menurut perhitungan kadar air basis basah dan basis kering. Kadar abu jerami padi mengalami penurunan kadar abu,yaitu pada waktu 0 menit kadar abu 16% dan setelah mengalami proses pencucian menjadi 14-15%. Nilai kalor limbah jerami padi mengalami peningkatan dari 13,6 MJ menjadi 15,77 MJ. Dan nilai kadar kalium (K) pada limbah jerami padi yang sangat tinggi yaitu sebesar 32% setelah mengalami proses pencucian menggunakan limbah cair industri tahu menurun sangat signifikan dalam waktu yang cepat yaitu pada waktu 3,75 menit menurun hingga 2%.

Kata kunci : Jerami padi, *Leaching*, Limbah cair tahu, Nilai kadar kalium (K)

ABSTRACT

WASHING OR LEACHING LEVELS OF POTASSIUM (K) RICE STRAW *(Oryza sativa)* USING TOFU INDUSTRIAL WASTEWATER TO IMPROVE THE QUALITY OF FUEL

By

USI ZUBAIDAH

One of waste from rice plants processing is rice straw which have many uses. For example, if can be used as an alternative renewable energy. Rice straw waste contains high potassium value that can cause scaling after combustion process. The solution is rice straw wasted could be washed or leached by utilizing tofu industrial wastewater. The purpose of this study was to improve the rice straw quality as fuel through a leaching process using industrial tofu wastewater. This research was conducted from March to May 2019 at the Laboratory of Water and Soil Engineering Resources, Agricultural Engineering Departement, Faculty of Agriculture, Lampung University. Rice straw was taken from East Lampung and tofu industrial wastewater was taken from Way Halim, Bandar Lampung. Before doing the research, rice straw should be dried first until 15% moisture content and rice straw chopped until size was 1 until 2 cm. The process of leaching were done by soaking with immersion time during 3,75, 7,5, 15, 30, 60, 120, 720 and 1440 minutes with sampling using the triplo method. The analysis carried out was pH analysis tofu industrial wastewater, analysis of water content rice straw, ash content analysis, heating value analysis and analysis of potassium levels. The result of this studey was the analysis of pH of tofu wastewater was rised after the washing process, rice straw for fuel should be dried and only had 13-15% water content according to the calculation of the moisture content od the wet base and dry base. The ash content at 0 minute was 16% and after the rice straw was washed, the ash contents decrease to 14-15%. The heating value of rice straw waste has increased from 13.6 MJ/Kg to 15.77 MJ/Kg. The calue of potassium (K) in rice straw waste was very high at 32% after undergoing wash process using industrial tofu wastewater. And it decreased significantly in short time that only in 3.75 minutes decrease until 2%.

Keywords: Leaching, Rice straw, Tofu wastewater, Value of potassium levels (K)

PENCUCIAN *(LEACHING)* KADAR KALIUM (K) JERAMI PADI *(Oryza sativa)* MENGGUNAKAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU UNTUK MENINGKATKAN MUTU BAHAN BAKAR

Oleh
USI ZUBAIDAH

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung

JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019

Judul Skripsi : **PENCUCIAN *(LEACHING)* KADAR KALIUM (K) JERAMI PADI *(Oryza sativa)* MENGGUNAKAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU UNTUK MENINGKATKAN MUTU BAHAN BAKAR**

Nama : Usi Zubaidah

NPM : 1514071033

Jurusan : Teknik Pertanian

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.	**Winda Rahmawati, S.TP., M.Sc., M.Si.**
NIP 19650527 199303 1 002	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.TP., M.Si., M.Sc.** .....

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

2. Dekan Fakultas Pertanian

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **30 Juli 2019**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Usi Zubaidah** NPM **1514071033**

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya 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.

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

Bandar Lampung, Juli 2019
Yang membuat pernyataan

METERAI TEMPEL
6000
ENAM RIBU RUPIAH

(Usi Zubaidah)
NPM 1514071033

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Pakuan Aji, Lampung Timur pada tanggal 20 Desember 1996, sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari Bapak Saino dan Ibu Sarmiati. Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) PKK 1 PakuanAji diselesaikan tahun 2003, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 1 Pakuan Aji, Sukadana, Lampung Timur pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Labuhan Ratu pada tahun 2012, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Labuhan Ratu pada tahun 2015.

Tahun 2015, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Penulis melakukan Praktik Umum (PU) pada bulan Juli – Agustus 2018 di PT Great Giant Pineapple PG 4 Lampung Timur dengan judul "**Teknik Budidaya Tanaman Nanas *(Ananas Comosus L)* Di PT Great Giant Pineapple Labuhan Ratu Lampung Timur"** dan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik pada bulan Januari – Maret 2018 di Tiyuh Mekar Sari Jaya, Kecamatan Lambu Kibang, Kabupaten Tulang Bawang Barat dengan tema **"Membangun dan Mengembangkan Potensi Pariwisata dan Budaya".**

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيْمِ

"Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang"

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala Kebaikannya sebagai wujud ungkapan cinta dan kasih sayang, kupersembahkan karya ini untuk:

Bapak Saino dan Ibu Sarmiati sebagai motivator dan pahlawan terhebatku

Adikku tersayang Disma Nur Khasanah

Dan sanak saudara yang ada di Pakuan Aji, Lampung Timur

Guru-guru serta Dosen-dosen yang selama ini telah memberikan ilmu yang bermanfaat.

Teman-teman seperjuangan, Tep 2015

Almamater tercinta, Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

"Dan janganlah kamu berputus asa daripada rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa daripada rahmat Allah melainkan orang-orang yang kufur"

(Q.S Yusuf:87)

"Dan boleh jadi kamu membenci sesuatu tetapi ia baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu tetapi buruk bagimu, dan Allah mengetahui dan kamu tidak mengetahui".

(Q.S Al-Baqarah: 216)

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan"

(Q.S Al-Insyirah: 5)

Allah tidak akan mempercepat sesuatu kecuali itu yang terbaik, dan Allah tidak akan memperlambat sesuatu kecuali itu yang terbaik.

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang senantiasa kita nantikan syafaat-Nya di Yaumul akhir kelak.

Skripsi dengan judul **"Pencucian *(Leaching)* Kadar Kalium (K) Jerami Padi *(Oryza Sativa)* Menggunakan Limbah Cair Industri Tahu Untuk Meningkatkan Mutu Bahan Bakar"** adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku Pembimbing Utama sekaligus Pembimbing Akademik dan Ketua Jurusan Teknik Pertanian atas ketersediaannya untuk memberikan ilmu, bimbingan, kritik dan saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Ibu Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc., selaku Pembimbing Kedua atas bimbingan dan semua bantuan yang telah diberikan dalam penyelesaian skripsi ini.

4. Bapak Dr. Ir.Sugeng Triyono, M.Sc., selaku Penguji atas masukan, kritik dan saran yang telah diberikan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Seluruh Staf Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung.
6. Keluarga tercinta Ayahku Saino, Ibuku Sarmiati, dan adikku Disma Nur Khasanah serta seluruh keluarga dan saudaraku untuk semua kasih sayang, doa dan dukungan yang tiada henti selama penulis mengenyam pendidikan.
7. Teman-teman Teknik Pertanian 2015 dan teman-teman asrama shizuka
8. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca. Aamiin.

Bandar Lampung, Juli 2019

Penulis

Usi Zubaidah

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI…… v

DAFTAR TABEL……... vii

DAFTAR GAMBAR……..... viii

I. PENDAHULUAN……..... 1

1.1 Latar Belakang……... 1

1.2 Rumusan Masalah…...……... 4

1.3 Tujuan Penelitian……..……. 4

1.4 Manfaat Penelitian……. 5

1.5 Hipotesis Penelitian……... 5

II. TINJAUAN PUSTAKA……...……. 6

2.1 Energi Terbarukan……. 6

2.2 Jerami Padi…… 8

2.2.1 Morfologi Jerami padi……... 8

2.2.2 Potensi Jerami Padi……..... 10

2.2.3 Pemanfaatan Jerami Padi……... 13

2.3 Proses pembuatan tahu……... 14

2.4 Limbah Cair Tahu..…… 15

2.4.1 Karakteristik Limbah Cair……. 16

2.5 *Leaching*…….…… 21

2.6 Metode Analisis….…… 23

2.5.1 Spektroskopi Serapan Atom…….. 23

2.5.2 *Microwave Plasma-Atomic Emission Spectroscopy*…….... 25

III. METODE PENELITIAN……..…… 28

3.1 Waktu dan Tempat……..... **28**

3.2 Alat dan Bahan……. 28

3.3 Prosedur Penelitian……..…… 29
3.3.1 Diagram Alir…….. 30
3.3.2 Persiapan Alat dan Bahn…… 30
3.3.3 Proses *Leaching* Menggunakan Limbah Cair Tahu……... 31
3.3.4 Pengukuran nilai kalium…… 31

3.4 Metode Pengambilan sampel...……..... 33

3.5 Parameter Penelitian……. 35
3.5.1 Analisis pH…….. 35
3.5.2 Analisis Kadar Air……... 35
3.5.3 Analisis Kadar Abu……. 35
3.5.4 Analisis Nilai Kalor…… 36
3.5.5 Analisis Kalium……... 36

3.6 Analisis Data…….. 36

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN…….. 37

4.1. Karakteristik bahan awal jerami padi…….. 37
4.1.1 Analisis pH……. 38
4.1.2 Analisis Kadar Air……..... 41
4.1.3 Analisis Kadar Abu…… 44
4.1.4 Analisis Nilai Kalor……... 47
4.1.5 Analisis Nilai Kalium…… 48

V. SIMPULAN DAN SARAN……. 51

5.1. Simpulan……... 51

5.2. Saran……. 52

DAFTAR PUSTAKA……. 53

LAMPIRAN…… 57

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman
1. Data perkiraan produksi jerami diberbagai Negara……... 11

2. Kandungan Jerami Padi ……..…….. 14

3. Kandungan Limbah Tahu……..…… 16

4. Data dari hasil perlakuan perendaman……... 38

5. Hasil dari proses pencucian (*leaching*)…….. 58

6. Hasil jerami setelah oven dan setelah tanur……... 59

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Contoh biomassa …….. 7

2. Limbah jerami padi …….……. 12

3. Limbah cair tahu ……..……... 16

4. Diagram alir …….....……..……..... 30

5. Kotak untuk perendaman…….…….. 34

5. Nilai pH limbah cair tahu…….……. 40

6. Analisis pH limbah tahu……. 41

7. Nilai kadar air limbah jerami padi……..... 42

8. Analisis kadar air dengan metode oven……. 44

9. Nilai kadar abu jerami padi……..... 45

10. Proses pengabuan……. 46

11. Nilai kalor jerami padi……..... 47

12. Nilai kadar kalium jerami padi…… 49

13. Proses pengecilan ukuran bahan……. 65

14. Bahan limbah jerami padi…… 65

15. Tempat pengambilan limbah tahu…… 66

16. Proses pengambilan limbah tahu……. 66

17. Pengukuran limbah cair tahu……... 67

18. Pengukuran pH…… 67

19. Proses perendaman jerami padi……... 68

20. Proses penimbangan sampel…… 68

21. Jerami sebelum tanur……... 69

22. Sampel didesikator…….. 69

23. Jerami setelah tanur……. 70

24. Hasil dari proses pengabuan…… 70

25. Pengukuran nilai kalor jerami padi…….. 71

26. Alat *bomb calorimeter*……. 71

27. Preparasi sampel…….. 72

28. Preparasi sampel…….. 72

29. Lemari asam……. 73

30. Alat MP-AES……... 73

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketergantungan dibidang industri terhadap energi fosil seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara, serta ketidakstabilan harga energi minyak bumi menjadi salah satu kendala pembangunan industri (DEN, 2010; (Alamsyah et al., 2017). Ketergantungan tersebut akan berpengaruh terhadap kebutuhan energi pada sektor transportasi, energi rumah tangga, serta kebutuhan listrik alat mesin pertanian (Liew et al., 2014); Ridha, 2014). Salah satu cara untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil adalah dengan cara mengembangkan energi baru terbarukan (non-fosil) dengan bahan dasar biomassa yang dapat diperbaharui (Demirbas, 2009). Pengembangan energi non-fosil terbarukan mempunyai peluang yang cukup besar karena banyaknya beragam sumber bahan energi baru terbarukan. Pertumbuhan ekonomi yang semakin baik akan meningkatkan kebutuhan energi dan meningkatkan daya beli masyarakat serta akan menjadi investasi swasta dalam pembangunan sektor industri, potensi pasar nasional, regional dan internasional yang masih terbuka (Belonio, n.d.); (Hambali and Rivai, 2017); (Abdullah et al., 2010).

Di Indonesia, untuk mengantisipasi kelangkaan energi fosil, maka pemerintah mengembangkan penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT) yang potensinya sangat melimpah, akan tetapi penggunaannya belum optimal (Ariyati, 2007). Biomassa yang digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar) di Indonesia pada umumnya, memiliki nilai ekonomis rendah, atau merupakan limbah yang telah diambil produk primernya (Putra, 2011). Biomassa tersebut dapat berasal dari limbah perkebunan, limbah pertanian, limbah hutan, hasil samping pengolahan produk pertanian, dan kotoran hewan ternak (Tohan, 2016). Potensi energi biomassa di Indonesia adalah 49.807 Mwe dan baru 0,36 % termanfaatkan (Surawidjaja, 2010). Dikawasan ASEAN, Indonesia merupakan produsen terbesar dari biomassa, akan tetapi Indonesia merupakan pemanfaat terkecil karena belum dikelola secara ekonomis sehingga terdapat perbedaan antara potensi dengan pemanfaatannya (Alamsyah and Siregar, 2013).

Di antara potensi besar biomassa yang bisa dimanfaatkan sebagai energi atau bahan bakar padat adalah limbah hasil pengolahan tanaman padi yaitu jerami padi. Jerami adalah tanaman padi yang telah diambil bulirnya (gabahnya) sehingga tinggal batang dan daunnya yang merupakan limbah pertanian terbesar. Jerami sebagai limbah pertanian sering menjadi permasalahan bagi petani sehingga sering dibakar untuk mengatasi masalah tersebut. Di beberapa daerah di Indonesia, jerami diangkut seluruhnya untuk pakan ternak, pembuatan kertas dan lain-lain (Mediastika, 2007). Untuk pemanfaatan jerami sebagai biomassa jerami harus melalui pembakaran terlebih dahulu untuk mengurangi kadar air supada nilai kalor nya tinggi. Akan tetapi jerami padi mengandung nilai kalium (K) yang cukup tinggi yaitu sebesar 1.1-3.7%. Kalium yang terdapat pada jerami padi tidak

ikut terbakar pada saat proses pembakaran akan tetapi pada saat dilakukan pembakaran pada suhu tinggi kalium tersebut akan meleleh dan akan menjadi kerak. Kerak yang ditimbulkan dari kandungan kalium ini dapat menyebabkan kerusakan pada alat atau mesin yang akan digunakan untuk biomassa dari bahan utama jerami padi. Sehingga perlu dilakukannya penurunan nilai kalium pada limbah jerami padi.

Salah satu cara yang digunakan untuk menurunkan kandungan kalium pada jerami padi adalah dengan *leaching* atau pencucian. *Leaching* adalah proses mengekstraksi zat dari zat padat dengan melarutkannya dalam cairan, baik secara alami atau melalui proses industri . Banyak zat organik dan anorganik biologis terjadi dalam campuran komponen yang berbeda dalam bentuk padat. Untuk memisahkan konstituen zat terlarut yang diinginkan atau menghilangkan komponen zat terlarut yang tidak diinginkan dari fasa padat, padatan tersebut dihadapkan dengan suatu cairan. Zat padat dan cair bersentuhan, dan zat terlarut atau zat terlarut dapat berdifusi dari padatan ke dalam pelarut, menghasilkan pemisahan komponen yang semula dalam padatan. Proses pemisahan ini disebut pencucian cair-padat atau hanya pencucian . Karena dalam pencucian zat terlarut sedang diekstrak dari zat padat ini juga disebut *ekstraksi* . Dalam pencucian, ketika komponen yang tidak diinginkan dikeluarkan dari zat padat dengan air, proses ini disebut pencucian . Perlakuan pencucian menggunakan cairan yang mengandung asam atau mempunyai pH rendah. Biasanya cairan yang digunakan dalam proses pencucian mengandung bahan kimia. Akan tetapi, bahan kimia yang digunakan dalam proses pencucian menjadi tidak ramah lingkungan sehingga perlu memanfaatkan limbah cair yang mengandung asam atau mempunyai pH

rendah. Selain itu, dengan memanfaat limbah cair industri tahu dapat mencegah pencemaran lingkungan akibat produksi tahu karena banyaknya pengolahan tahu di Indonesia.

Oleh karena itu, untuk pencucian jerami padi ini dapat memanfaatkan limbah cair yang ramah lingkungan yaitu limbah tahu. Limbah cair industri tahu mengandung bahan-bahan organik yang tinggi terutama protein dan asam-asam amino. Air limbah industri tahu sifatnya cenderung asam karena untuk proses penggumpalan tahu. Sehingga limbah cair industri tahu ini dapat dimanfaatkan untuk proses *leaching* atau pencucian nilai kalium pada limbah jerami padi. Karena kadar kalium yang tinggi menyebabkan kadar abu yang berlebihan dan menyisakan kerak setelah proses pembakaran. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses *leaching* dahulu terhadap limbah jerami padi sebagai bahan untuk biomassa.

1.2 Rumusan Masalah

Limbah dari hasil pengolahan tanaman padi salah satunya yaitu jerami padi mempunyai banyak kegunaan. Misalnya dapat digunakan sebagai energi alternatif energi baru dan terbarukan. Akan tetapi karena limbah jerami padi mengandung nilai kalium yang cukup tinggi dan akan menyebabkan pengerakan pada saat setelah proses pembakaran maka harus dilakukan pencucian atau *leaching* dengan memanfaatkan limbah industri tahu.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk meningkatkan kualitas jerami padi sebagai bahan bakar melalui proses pencucian *(leaching)* menggunakan air limbah industri tahu.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Menambah pengetahuan untuk memanfaatkan limbah jerami padi sebagai biomassa energi terbarukan.
2. Memanfaatkan limbah cair industri tahu untuk proses *leaching* jerami padi guna meningkatkan kualitas jerami sebagai bahan bakar.

1.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah proses *leaching* dengan memanfaatkan limbah cair industri tahu dapat menurunkan kadar kalium pada limbah

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Terbarukan

Energi baru dan terbarukan merupakan energi yang dapat dijadikan baru kembali melalui proses alam (terbarukan) dan prosesnya berkelanjutan. Sumber energi terbarukan merupakan sumber energi yang ramah lingkungan dan tidak mencemari lingkungan serta tidak menimbulkan polusi maupun gas efek rumah kaca yang dapat menyebabkan pemanasan global terutama pada sumber energi yang sering kita gunakan. Banyak sekali jenis-jenis dari energi terbarukan yaitu seperti panas bumi *(geothermal)*, air *(hydropower)*, teknologi menggunakan angin *(wind power)*, radiasi matahari, gelombang laut, serta bioenergi (berasal dari tanaman maupun kotoran hewan) (Mohtasham, 2015).

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 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 untuk memenuhi kebutuhan energi baik untuk saat ini maupun di masa yang akan datang. (Hadi Dharmawan et al., 2016) menyebutkan bahwa biomass dapat dihasilkan dari berbagai produk yang melimpah disekitar kita seperti produk dari kehutanan, pertanian, dan perairan *(algae)*. Bioenergi memiliki turunan dalam bentuk energi yaitu *heat* atau panas, *biopower* atau listrik yang bersumber dari bahan baku biologis, dan biofuel yang dapat berbentuk padat *(solid fuel)*, gas *(gas fuel)*, dan cair *(liquid)*.

Gambar 1. Contoh biomassa

Bioenergi berperan sangat penting dalam upaya untuk mewujudkan pembangunan yang keberlanjutan. Bioenergi ini tidak hanya diperlukan sebagai pengganti karena sudah mulai langkanya bahan bakar fosil, tetapi juga sebagai salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan energi didalam negeri terutama dipedesaan karena biasanya terletak jauh dari pusat perkotaan oleh karena itu sulit mendapatkan akses listrik (Hite et al., 2008). Seperti yang diharapkan dalam UU No. 30 tahun 2007 yang menginginkan tercapainya kedaulatan energi dalam negeri dan kegiatan tersebut merupakan kegiatan yang berkelanjutan. Penelitian

(Buchholz et al., 2009) yang berjudul "*sustainable criteria for bioenergy systems: results from an expert survey*" menunjukan bahwa tantangan dalam mengembangkan bioenergi adalah masalahan sosial dan ekonomi. Permasalahan lingkungan merupakan hal utama yang mampu direduksi dengan pemanfaatan bioenergi, akan tetapi pada lingkungan sosial dan ekonomi dinilai sangat rendah, sebaiknya harus seimbang antara dampak lingkungan yang mampu direduksi dengan kondisi sosial ekonomi dan dengan adanya bioenergi atau energi alternatif ini dapat membantu mengatasi masalahan sosial ekonomi.

2.2 Jerami Padi

Jerami adalah tanaman padi yang telah diambil bulirnya (gabahnya) sehingga hanya tersisa batang dan daunnya yang merupakan limbah pertanian terbesar. Jerami sebagai limbah pertanian sering menjadi permasalahan bagi petani sehingga sering dibakar untuk mengatasi masalah tersebut. Di beberapa daerah di Indonesia, jerami padi diangkut seluruhnya untuk pakan ternak, pembuatan kertas dan lain-lain (Mediastika, 2007).

2.2.1 Morfologi Jerami Padi

a. Batang

Padi termasuk kedalam familia *Graminae* yang memiliki batang dengan susunan beruas - ruas. Batang padi berbentuk bulat, berongga, dan beruas. Antar ruas pada batang padi dipisahkan oleh buku. Panjangnya tiap-tiap ruas tidak sama. Ruas yang terpendek terdapat pada pangkal batang dan ruas kedua, ketiga, dan seterusnya lebih panjang dari pada ruas yang didahuluinya. Pada buku bagian bawah ruas terdapat daun pelepah yang membalut ruas sampai buku bagian atas. Pada buku

bagian ujung dari daun pelepah memperlihatkan percabangan dimana cabang yang terpendek menjadi *ligula* atau lidah daun dan bagian yang terpanjang dan terbesar menjadi daun kelopak yang memiliki bagian *auricle* pada sebelah kiri dan kanan. Sedangkan daun kelopak yang terpanjang dan membalut ruas yang paling atas dari batang disebut daun bendera. Pembentukan anakan padi sangat dipengaruhi oleh unsur hara, sinar matahari, jarak tanam, dan teknik budidaya tanaman (Fitri, 2009).

b. Daun

Padi termasuk tanaman jenis rumput-rumputan dan mempunyai daun yang berbeda-beda, baik bentuk, susunan, maupun bagian-bagiannya. Ciri khas dari daun padi adalah terdapat sisik dan telinga daun. Daun tanaman padi tumbuh pada batang dalam susunan yang berselang-seling. Pada setiap buku terdapat satu daun. Setiap daun terdiri dari helai daun yang memiliki bentuk panjang seperti pita. Pelepah daun menyelubungi batang berfungsi untuk menguatkan bagian ruas yang jaringannya lunak, sedangkan telinga daun *(auricle)*, lidah daun *(ligule)* yang terletak pada perbatasan antara helai daun dan upih. Fungsi dari lidah daun adalah mencegah masuknya air hujan diantara batang dan pelepah daun (Makarim and Suhartatik, 2009).

Daun padi yang muncul pada saat terjadi perkecambahan dinamakan koleoptil. Koleoptil keluar dari benih yang disebar dan akan memanjang terus sampai permukaan air. Setelah koleoptil membuka akan diikuti keluarnya daun pertama, daun kedua dan seterusnya

hingga mencapai puncak yang sering disebut dengan daun bendera, sedangkan daun terpanjang biasanya pada daun ketiga. Daun bendera merupakan daun yang lebih pendek dari pada daun-daun yang dibawahnya, namun lebih lebar dari pada daun sebelumnya. Daun bendera ini terletak di bawah malai padi. Daun padi pada awalnya adalah tunas yang kemudian berkembang menjadi daun. Daun pertama pada batang keluar bersamaan dengan timbulnya tunas (calon daun) berikutnya. Pertumbuhan daun yang satu dengan daun berikutnya (daun baru) mempunyai selang waktu 7 hari (Anonymous, 2012).

2.2.2 Potensi Jerami Padi

Berdasarkan potensi jerami padi sebagai bahan baku bioetanol, Kim dan Dale (2004) telah membuat prediksi bahwa sebanyak 0,28 L/Kg jerami padi dapat dijadikan etanol. Jika dihitung dari ketersediaan bahan baku jerami padi pada tahun 2014, maka etanol yang dapat dihasilkan sebesar 9,93 juta kL (Kim and Dale, 2004). Dengan jumlah tersebut, maka produksi bioetanol dari limbah jerami padi dapat memenuhi 24-33% konsumsi premium yang sebesar 29,71 juta kL pada tahun 2014.

Tabel 1. Data perkiraan produksi jerami diberbagai negara

Negara	Luas Panen (‘000 ha)	Produksi (‘000 Ton)	Prakiraan Produksi Jerami (‘000 Ton)’
Cina	30.503	190.168	285.252
India	44.600	161.500	242.250
Indonesia	11.523	51.000	76.500
Bangladesh	10.700	35.821	53.732
Vietnam	7.655	32.554	48.831
Thailand	10.048	23.403	35.105
Myanmar	6.211	20.125	30.188
Filipina	4.037	12.415	18.623
Jepang	1.770	11.863	17.796
Brasil	3.672	11.168	16.752
Amerika	1.232	8.669	13.004
Korea Sel	1.072	7.067	10.600
Pakistan	2.312	7.000	10.500
Nepal	1.550	4.030	6.045
Nigeria	2.061	3.277	4.916

‘) angka perkiraan, berdasarkan grain ratio 2:3
Sumber : Maclean et al. (2002) didalam Makarim (2007).

Jerami padi merupakan limbah pertanian terbesar dan belum sepenuhnya dimanfaatkan karena adanya faktor teknis dan ekonomis. Pada sebagian petani, jerami sering digunakan sebagai mulsa pada saat menanam palawija. Hanya sebagian kecil petani menggunakan jerami sebagai pakan ternak alternatif di kala musim kering karena sulitnya mendapatkan hijauan. Di sisi lain jerami sebagai limbah pertanian, sering menjadi permasalahan bagi petani, sehingga sering di bakar untuk mengatasi masalah tersebut. Produksi jerami padi di Indonesia juga merupakan salah satu yang terbesar. Pada Tabel 1 berikut dapat dilihat data produksi jerami padi diberbagai Negara.

Sejauh ini, pemanfaatan jerami padi sebagai pakan ternak baru mencapai 31-39 %, sedangkan yang dibakar atau dimanfaatkan sebagai pupuk 36-62 %, dan sekitar 7-16 % digunakan untuk keperluan industri (safan, 2008). Jerami padi merupakan bagian dari batang padi tanpa akar yang tertinggal setelah diambil butir buahnya. Peningkatan produksi padi juga diiringi dengan peningkatan jumlah limbah jerami padi.

Gambar 2. Limbah jerami padi

Jerami padi terdiri atas daun, pelepah daun, dan ruas atau buku-buku. Ketiga unsur ini relatif kuat karena mengandung silika, dan selulosa yang tinggi dan pelapukannya memerlukan waktu yang cukup lama. Namun, apabila jerami padi diberi perlakuan tertentu maka akan mempercepat proses terjadinya perubahan strukturnya (Kohar, 2002). Kandungan dari Jerami Padi yaitu lignoselulosa yang terdiri dari tiga komponen fraksi serat yaitu selulosa 32,1%, hemiselulosa 24%, dan lignin 18%. Disamping itu juga jerami padi juga mengandung silika (Howard et al., 2003). Menurut (Reddy and Yang, 2006) bahwa komposisi dari jerami padi terdiri dari 40% selulosa, 30% hemiselulosa, 15% silika dan 15% lignin.

Jerami padi merupakan salah satu limbah agroindustri yang paling banyak ketersediaannya di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2014), produksi padi di Indonesia pada tahun 2014 sebesar 70,83 juta ton gabah kering giling (GKG), sedangkan produksi jerami padi yang dihasilkan dapat mencapai 50% dari produksi gabah kering panen atau sekitar 35,46 juta ton. Namun demikian, pemanfaatan jerami padi oleh para petani pada umumnya masih sangat rendah.

2.2.3 Pemanfaatan Jerami Padi

Pemanfaatan limbah jerami padi sebagai pakan ternak baru mencapai 31-39 %, sedangkan yang dibakar atau dimanfaatkan sebagai pupuk 36-62 %, dan sekitar 7-16 % digunakan untuk keperluan industri (safan, 2008). Jerami padi merupakan bagian dari batang padi tanpa akar yang tertinggal setelah diambil butir buahnya. Peningkatan produksi padi juga diiringi peningkatan limbah jerami padi. Banyaknya jerami padi yang belum dimanfaatkan secara optimal mendorong para peneliti mengembangkan potensi jerami padi menjadi sesuatu yang mempunyai nilai ekonomi tinggi.

Biomassa berselulosa terbentuk dari tiga komponen utama yakni selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa merupakan komponen utama yang terkandung dalam dinding sel tumbuhan dan mendominasi hingga 50% berat kering tumbuhan. Jerami padi diketahui memiliki kandungan selulosa yang tinggi yaitu mencapai 39.1% berat kering, 27.5% hemiselulosa dan kandungan lignin sebesar 12,5%. Komposisi kimia limbah pertanian maupun limbah kayu tergantung pada jenis tanaman, umur tanaman, kondisi lingkungan tempat

tumbuh dan langkah pemrosesan. Kandungan jerami dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2. Kandungan Jerami Padi

Komponen	Kandungan (%)
Hemiselulosa	27,5
Selulosa	39,1
Lignin	12,5
Abu	11,5

Sumber : (Karimi et al., 2006)

2.3 Proses Pembuatan Tahu

Tahu diproduksi dengan memanfaatkan sifat protein, yaitu akan menggumpal bila bereaksi dengan asam (cuka). Penggumpalan protein oleh asam cuka (CH3COOH) dan MgSO4 akan berlangsung secara cepat dan serentak di seluruh bagian cairan sari kedelai, sehingga sebagian besar air yang semula tercampur dalam sari kedelai akan terperangkap didalamnya. Pengeluaran air yang terperangkap tersebut dapat dilakukan dengan memberikan tekanan. Semakin besar tekanan yang diberikan, semakin banyak air dapat dikeluarkan dari gumpalan protein.Gumpalan protein itulah yang kemudian disebut sebagai tahu.

Dari pembuatan tahu yang menggunakan cuka tersebut akan menghasilkan limbah dan apabila dibuang akan menimbulkan bau dan pemandangan yang kurang baik, dan tentu saja hal ini akan merusak lingkungan apabila limbah tersebut tidak diolah lebih dahulu sebelum dibuang. Biasanya hal ini akan menimbulkan kecemasan tetangga sekitar pabrik pembuatan tahu tersebut. Kebiasaan seperti ini

kalau dibiarkan terus maka akan sangat berbahaya bagi sustainabilitas kehidupan sendiri.

2.4 Limbah Cair Tahu

Limbah cair industri tahu mengandung bahan-bahan organik yang tinggi terutama protein dan asam-asam amino. Adanya senyawa-senyawa organik yang terkandung tersebut menyebabkan limbah cair industri tahu mengandung BOD, COD, dan TSS yang tinggi (Husin, 2003).

Bahan-bahan organik yang terkandung didalam limbah cair industri tahu pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik tersebut dapat berupa protein, karbohidrat dan lemak. Senyawa protein memiliki jumlah yang paling besar yaitu mencapai 40%-60%, karbohidrat 25%-50%, dan lemak 10%. Bertambah lamanya senyawa-senyawa organik didalam limbah cair industri tahu, maka volumenya semakin meningkat (Sugiharto, 1987).

Gas-gas yang bisa ditemukan didalam limbah cair industri tahu adalah oksigen (O_2), hidrogen sulfide (H_2S), ammonia (NH_3), karbondioksida (CO_2) dan metana (CH_4). Gas-gas tersebut berasal dari dekomposisi senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tersebut (Herlambang, 2005).

Senyawa organik yang berada pada limbah cair industri tahu merupakan senyawa yang dapat diuraikan secara sempurna melalui proses biologi baik aerob maupun anaerob. Sedangkan senyawa organik pada limbah adalah senyawa yang tidak dapat diuraikan melalui proses biologi (Nurullatifah, 2011).

Limbah cair industri tahu mengandung bahan organik berupa protein yang dapat terdegradasi menjadi bahan anorganik. Degradasi bahan organik melalui proses oksidasi secara aerob akan menghasilkan senyawa-senyawa yang lebih stabil. Dekomposisi bahan organik pada dasarnya melalui dua tahap yaitu bahan organik diuraikan menjadi bahan anorgaik. Bahan anorganik yang tidak stabil mengalami oksidasi menjadi anorganik yang stabil, misalnya ammonia mengalami oksidasi menjadi nitrit dan nitrat (Effendi, n.d. 2003).

2.4.1 Karakteristik Limbah Cair

Secara umum karakteristik air buangan dapat digolongkan atas sifat fisika, sifat kimia dan sifat biologi. Akan tetapi, air buangan industri biasanya hanya terdiri dari karakteristik fisika dan kimia. Parameter yang digunakan untuk menunjukkan karakter air buangan industri tahu dapat dilihat pada tabel 3 (Kaswinarni, 2008):

Tabel 3. Kandungan Limbah Tahu

Komponen	Ampas Tahu
Bahan Kering (BK)*	15,8
Serat Kasar (SK)*	24,87
BETN*	34,06
Lemak Kasar	3,04
Protein Kasar (PK)	22,83
Abu	18,5
Energi (kkal/kg)	5231
Ca (%)	1,43
P (%)	0,72

Sumber : Susana (2010)

1. Parameter fisika, seperti kekeruhan, suhu, zat padat, bau dan lain-lain.
2. Parameter kimia, dibedakan atas kimia organik dan kimia anorganik.
3. Kandungan organik (BOD, COD, TOC) oksigen terlarut (DO), minyak atau lemak, nitrogen total, dan lain-lain. Sedangkan kimia anorganik meliputi pH, Pb, Ca, Fe, Cu, Na, sulfur, dan lain-lain.

Gambar 3. Limbah Cair Tahu

a. Padatan Tersuspensi

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 (Effendi, 2003).

b. Derajat Keasaman (pH)

Air limbah industri tahu sifatnya cenderung asam, pada keadaan asam ini akan terlepas zat-zat yang mudah untuk menguap. Hal ini mengakibatkan limbah cair industri tahu mengeluarkan bau busuk. pH sangat berpengaruh

dalam proses pengolahan air limbah. Baku mutu yang ditetapkan sebesar 6-9. Pengaruh yang terjadi apabila pH terlalu rendah adalah penurunan oksigen terlarut. Oleh karena itu, sebelum limbah diolah diperlukan pemeriksaan pH serta menambahkan larutan penyangga agar dicapai ph yang optimal (BPPT, 1997).

Nilai pH merupakan faktor pengontrol yang menentukan kemampuan biologis mikroalga dalam memanfaatkan unsur hara. Nilai pH yang terlalu tinggi misalnya, akan mengurangi aktifitas fotosintesis mikroalga.proses fotosintesis merupakan proses mengambil CO_2 yang terlarut didalam air, dan berakibat pada penurunan CO_2 terlarut dalam air. Penurunan CO_2 akan meningkatkan pH. Dalam keadaan basa ion bikarbonat akan membentuk ion karbonat dan melepaskan ion hidrogen yang bersifat asam sehingga keadaan menjadi netral. Sebaliknya dalam keadaan terlalu asam, ion karbonat akan mengalami hidrolisa menjadi ion bikarbonat dan melepaskan ion hidrogen oksida yang bersifat basa, sehingga keadaan netral kembali, dapat dilihat padareaksi berikut:

$$HCO_3 \longleftrightarrow H^+ + CO_3^-$$

$$CO_3^- + H_2O \longleftrightarrow HCO_3^- + OH^-$$

c. Nitrogen-Total (N-Total)

Campuran senyawa kompleks antara lain asam-asam amino, gula amino, dan protein (polimer asam amino). Ammonia (NH_3) merupakan senyawa alkali yang berupa gas tidak berwarna dan dapat larut dalam air. Pada

kadar dibawah 1 ppm dapat terdeteksi bau yang sangat menyengat. Kadar NH_3 yang tinggu dalam air selalu menunjukkan adanya pencemaran. Ammonia bebas (NH_3) yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas ammonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu (Effendi, 2003). Pada lingkungan basa, NH_3 ada dalam bentuk ion NH_4^+. Pada lingkungan basa, NH_3 akan dilepas ke atmosfer (Sataresmi, 2002).

Senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tahu akan terurai oleh mikroorganisme menjadi karbondioksida (CO_2), air serta ammonium, selanjutnya ammonium aknan dirubah 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.

$$\text{Senyawa organik} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O + NH_3$$

Reaksi Nitrifikasi

$$2NH_3^+ + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2 + 4H + 2H_2O$$

$$2NO_2 + O_2 \longrightarrow 2NO_3 + \text{energi}$$

d. BOD (*Biochemical Oxygen Demand)*

Merupakan parameter untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh aktifitas

mikroorganisme dalam menguraikan zat organik secara biologis didalam limbah cair. Limbah cair industri tahu mengandung bahan-bahan organik terlarut yang tinggi (Wardhana, 2004).

Menurut Effendi (2003), 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.

Nilai BOD yang tinggi menunjukkan bahwa terdapat banyak senyawa organik dalam limbah, sehingga banyak oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik. Nilai BOD yang rendah menunjukkan terjadinya penguraian limbah organik oleh mikroorganisme (Zulkifli dan Ami, 2001).

Penguraian bahan organik secara biologis oleh mikroorganisme menyangkut reaksi oksidasi dengan hasil akhir karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O). Proses penguraian bahan organik dapat digambarkan sebagai berikut (Hanun, 2002):

$$\text{Zat Organik} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

(CHONSP)

e. COD (*Chemical Oxygen Demand)*

Disebut juga kebutuhan oksigen kimiawi, merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh oksidator (missal 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, dan hewan air lainnya yang membutuhkan oksigen tidak memungkinkan untuk hidup (Wardana, 2004).

2.5 *Leaching*

Ekstraksi merupakan 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.

Ekstraksi termasuk proses pemisahan melalui dasar operasi difusi. Secara difusi proses pemisahan terjadi karena adanya perpindahan solute, searah dari fasa diluen ke fasa solven sebagai akibat beda potensial diantara dua fasa yang saling kontak sedemikian hingga pada suatu saat system berada dalam keseimbangan (Herry, 2004).

Proses pemisahan secara ekstraksi terdiri dari tiga langkah dasar, yaitu:

1. Langkah pencampuran dengan menambahkan sejumlah massa solven sebagai tenaga pemisah (massa separating agent).
2. Langkah pembentukan fasa kedua atau fasa ekdtrak yang diikuti dengan pembentukan keseimbangan.
3. Langkah pemisahan kedua fasa seimbang

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) (McCabe, 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:

   - Perubahan fase dari zat terlarut yang diambil pada saat zat pelarut meresap masuk.
   - Terjadi proses difusi pada cairan dari dalam partikel padat menuju keluar.
   - 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 padatcair, 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.

2.6 Metode Analisis

2.6.1 Spektroskopi Serapan Atom

Prinsip Dasar Analisa SSA

Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom – atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya (Khopkar and Khopkar, 1990). Perpanjangan spektrofotometri absorpsi atom ke unsur – unsur lain semula merupakan akibat perkembangan spektroskopi pancaran nyala. Telah lama ahli kimia menggunakan pancaran radiasi oleh atom yang dieksitasikan dalam suatu nyala sebagai alat analitis. Dalam tahun 1955 Walsh menekankan bahwa dalam suatu nyala yang lazim, kebanyakan atom berada dalam keadaan elektronik dasar bukannya dalam keadaan tereksitasi. Misalnya untuk transisi yang menghasilkan garis natrium kuning pada 589 nm, rasio banyaknya atom tereksitasi terhadap keadaan dasar, pada 2700°C, kira – kira adalah 6 x 10^{-4}. absorpsi atom berkembang dengan cepat selama tahun 1960, instrumen komersial menjadi tersedia, dan teknik itu sekarang sangat meluas digunakan untuk

penetapan sejumlah unsur, kebanyakan logam, dan sampel yang sangat beraneka ragam.

Pada prinsipnya tentu saja tak ada masalah yang harus dikaitkan dengan pengukuran absorbans dari populasi atom keadaan dasar yang terkungkung dalam suatu ruang cocok, namun terdapat jumlah kesulitan dalam memperoleh populasi tersebut dengan cara yang dapat diulang. Lazimnya suatu larutan yang mengandung logam yang harus ditetapkan – misalnya Pb^{2+} atau Cu^{2+} dimasukkan kedalam nyala sebagai suatu aerosol, suatu kabut yang terdiri dari tetesan yang sangat halus. Ketika butiran ini maju melewati nyala, pelarutnya menguap,dan di hasilkan bintik – bintik halus dari materi berupa partikel. Zat padat itu kemudian berdisosiasi, sekurangnya sebagian, untuk menghasilkan atom – atom logam. Semua tahap ini berlangsung dengan jarak beberapa sentimeter ketika partikel – partikel sampel itu diangkat dengan kecepatan tinggi oleh gas – gas nyala. Bila disinari dengan benar, kadang – kadang dapat terlihat tetes – tetes sampel yang belum menguap keluar dari puncak nyala, dan gas – gas nyala itu terencerkan oleh udara yang menyerobot masuk sebagai akibat tekanan rendah yang diciptakan oleh kecepatan tinggi itu. Karena masalah kinetik yang serius dengan atomisasi nyala dan karena kepekaan menurun sangat banyak oleh diencerkannya populasi atom analit oleh gas – gas dalam nyala mata telah dikembangkan tanur istimewa untuk menggantikan nyala dalam spektrofotometri absorpsi atom akhir – akhir ini. Tanur ini membawa

masalahnya sendiri namun menawarkan juga keunggulan (Underwood, 2002).

Jika suatu larutan yang mengandung suatu garam logam (senyawa logam) dihembuskan kedalam suatu nyala (misalnya asetilena yang terbakar diudara), dapatlah terbentuk uap yang mengandung atom – atom tersebut. Tetapi, jumlah jauh lebih besar dari atom logam bentuk gas itu normalnya tetap berada dalam keadaan tak terekstraksi atau dengan perkataan lain dalam keadaan dalam keadaan dasar. Atom – atom keadaan dasar ini mampu menyerap energi cahaya yang panjang gelombang radiasi yang akan dipancarkan atom – atom itu bila tereksitasi dari keadaan dasar.

Jika cahaya dengan panjang gelombang resonansi itu dilewatkan nyala yang mengandung atom – atom bersangkutan, maka sebagian cahaya itu akan diserap, dan jauhnya penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom keadaan dasar yang berada dalam nyala. Inilah asas yang mendasari Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) (Bassett, 1994).

2.5.2. Microwave Plasma-Atomic Emission Spectroscopy (MP-AES)

Microwave Plasma Atomic Emission Spectroscopy (MP -AES) merupakan instrumen spektroskopi yang dikembangkan oleh Agilent Technologies. MP-AES merupakan instrumen yang menganalisis sampel menggunakan spektrum elektromagnetik, dan telah digunakan untuk penentuan baik unsur anorganik dan organik. Diketahui sudah 80 unsur yang dapat ditentukan dengan teknik analisis ini(Holihah, 2016). MP-

AES mengukur emisi cahaya yang dipancarkan oleh atom netral pada panjang gelombang khas dari setiap unsur. Menggunakan fakta bahwa setelah atom dari elemen tertentu tereksitasi, atom akan memancarkan cahaya dalam pola khas dari panjang gelombang yaitu spektrum emisi saat kembali ke keadaan dasar (Agilent,2016).

Pengukuran menggunakan MP-AES melalui beberapa tahapan yaitu tahap nebulasi, tahap desolvasi/volatilasi, tahap atomisasi, tahap eksitasi/emisi, tahap monokromatisasi, dan tahap deteksi. Sampel dimasukkan ke dalam nebulizermenggunakan bantuan pompa peristaltik kemudian sampel akan bercampur dengan nitrogen bertekanan tinggi dan disemburkan oleh *nebulizer* ke dalam ruang pengabutan *(spray chamber)* dalam bentuk aerosol. Pada spray chamber, aerosol yang disemburkan akan diubah menjadi aerosol kering dengan cara menghilangkan pelarut yang terdapat dalam analit, proses ini disebut dengan desolvasi/volatilasi. Aerosol kering yang terbentuk kemudian diteruskan ke dalam bagian tengah plasma panas untuk diatomisasi sedangkan sisa pelarut dan bahan lain yang tidak menguap dikeluarkan melalui drain ke pembuangan.

Pada tahap atomisasi ikatan senyawa dalam fasa gas akan diputus dan menghasilkan atom netral. Proses ini dilakukan dalam plasma oleh perangkat *torch*. Plasma merupakan nyala gas terionisasi akibat semburan gas nitrogen yang dikenai energi dengan panjang gelombang mikro dan melalui medan magnet yang kuat.Suhu yang digunakan

sekitar 5000K atau setara dengan 4727°C. Atom-atom keadaan dasar mendapatkan energi eksitasi elektronik dari tumbukan dan selanjutnya terjadi relaksasi kemudian atom-atom mengemisikan cahaya pada panjang gelombang tertentu untuk setiap unsur-unsur yang akan diukur.Kemudian cahaya yang dihasilkan akan melewati monokromator, proses monokromatisasi cahaya dilakukan oleh perangkan gratingyang akan mendispersikan cahaya polikromatis sehingga menghasilkan cahaya monokromatis. Cahaya monokromatis dilanjutkan ke dalam detektor berupa *charge coupled device detector* (CCD) dan dilakukan pengukuran terhadap intensitas emisi analit pada panjang gelombang tertentu.

Menurut Agilent (2016), kelebihan menggunakan MP-AES yaitu Limit deteksi yang sangat kecil (hingga ppb), biaya operasi yang rendah karena dapat memproduksi gas nitrogen dengan cara mengkonversikan udara bebas mejadi gas nitrogen serta dapat membaca beberapa konsentrasi logam dalam satu kali *running* (pengukuran).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Maret sampai Mei 2019 di Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertania, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan Laboratorium Biomassa (Unit Pelaksanaan Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah tabung perkolasi, rak tabung perkolasi, cawan perkolasi, labu ukur (*pyrex)*, kertas saring, wadah bak untuk perendaman, gunting untuk memperkecil ukuran jerami padi, gelas beaker *(pyrex)*, botol film ukuran 10 ml, sendok untuk mengambil sampel, *ziplock plastic*, spidol, timbangan analitik (*Ohaus* AR2140), pipet volume, pH meter (*nutron.tech*, pH-009-A), oven (*Memmert* UN110), tanur (*Stuart* made in U.K), cawan, cawan porselin, penjepit cawan, desikator, *bomb calorimeter* (Cal3K) dan MP-AES (Agilent 4100).

3.2.1 Bahan Penelitian

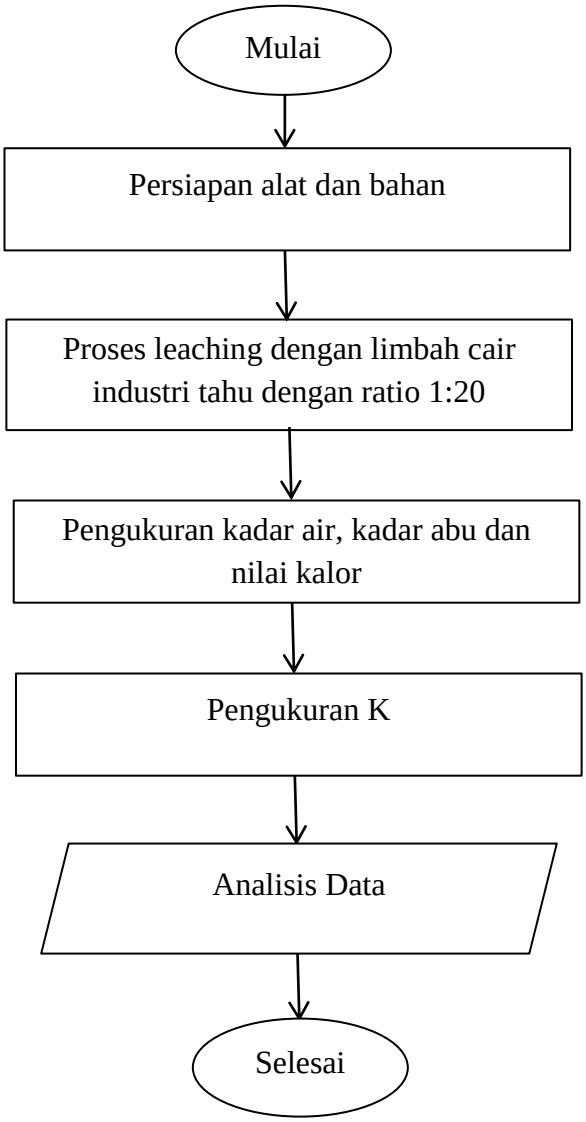
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah jerami padi, limbah cair industri tahu, HCl, HNO_3 dan larutan standar untuk pengukuran nilai kadar kalium limbah jerami padi.

3.3 Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini meliputi persiapan alat-alat yang digunakan untuk mendukung penelitian dan bahan limbah jerami padi harus diperkecil ukuran terlebih dahulu serta limbah cair industri tahu, kemudian analisis proksimat limbah jerami padi yang meluputi analisis kadar air, analisis kadar abu, analisis nilai kalor pada biomassa jerami padi untuk mengetahui komponen awal biomassa jerami padi sebelum terjadi proses pencucian (*leaching)* serta pengurukan pH limbah cair industri tahu. Proses pencucian (*leaching)* dengan menggunakan limbah cair industri tahu. Proses pencucian *(leaching)* direndam selama waktu 3,75, 7,5, 15, 30, 60, 120, 720 dan 1440 menit. Limbah cair industri tahu yang dapat digunakan dalam proses pencucian (*leaching*) yaitu limbah cair setelah proses pembuatan tahu minimal 24 jam setelah proses pembuatan tahu supaya kandungan pH didalam limbah cair standar dan pengukuran nilai kadar kalium (K) jerami yang dianalisis menggunakan alat MP-AES 4100.

3.3.1. Diagram Alir

Adapun diagram alir dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram Alir

3.3.2. Persiapan Alat dan Bahan

Disiapkan alat yang akan digunakan pada penelitian *leaching* limbah jerami padi menggunakan limbah cair industri tahu seperti wadah untu proses perendaman dan gelas beaker 1000 ml untuk mengukur limbah

cair industri tahu. Lalu disiapkan bahan penelitian seperti limbah jerami padi yang harus diperkecil ukurannya terlebih dahulu yaitu sekitar 1-2 cm untuk mempermudah proses penelitian.

3.3.3. Proses *Leaching* Jerami Padi Menggunakan Limbah Cair Tahu

Proses *leaching* ini dilakukan dengan perendeman limbah jerami padi menggunakan limbah cair industri tahu. Dengan lama waktu 3,75, 7,5 15, 30, 60, 120, 720dan 1440 menit untuk menurunkan nilai kadar kalium pada jerami padi sehingga dapat meningkatkan mutu bahan bakar pada limbah jerami padi. .

3.3.4. Pengukuran nilai kadar kalium

a.Preparasi sampel

- Disiapkan labu destruksi
- Pipet 10 ml air ke labu destruksi menggunakan pipet 10 mL
- Ditambah 0,2 mL HNO_3 (1+1) san 0,1 mL HCl (1+1) ke labu destruksi.
- Pasang labu destruksi ke heavy metal digester
- Lakukan destruksi dengan (T=90^0C) dan (t=30 menit)
- Biarkan sampel dingin
- Sampel dalam tabung destruksi dipindahkan ke dalam labu takar 10 mL meggunakan pipet 10 mL.
- Jika ada endapan, lakukan penyaringan menggunakan kertas saring Whatman no. 41 (ukuran 0,45 μm)

- Tepatkan volume sampel menjadi 10 mL menggunakan aquapure water dan kemudian biarkan semalam
- Pindahkan sampel ke botol HDPE
- Pindahkan sampel ke tabung autosampler
- Sampel siap diukur

b. Destruksi sampel

- Timbang 1 gram sampel biomassa kering dalam labu heavy metal digester
- Tambahkan HCl (1+1) dan HNO_3 (1+1) masing 5 mL
- Lakukan destruksi dengan heavy metal digester dengan ($T=95^0C$) dan (t=30 menit)
- Biarkan sampel hingga dingin
- Saring sampel dengan kertas whatman No.1
- Pindahkan ke labu 50 mL dan diencerkan dengan ultrapure water sampai batas miniskus
- Pindahkan ke botol HDPE

c. Pembuatan larutan kerja standar

- Pembuatan larutan standar dilakukan dengan metode pengenceran menggunakan rumus pengenceran:

  $M_1.V_1=M_2V_2$

  Keterangan:

  M_1 = konsentrasi awal

V_1 = volume awal

M_2 = konsentrasi akhir

V_2 = volume akhir

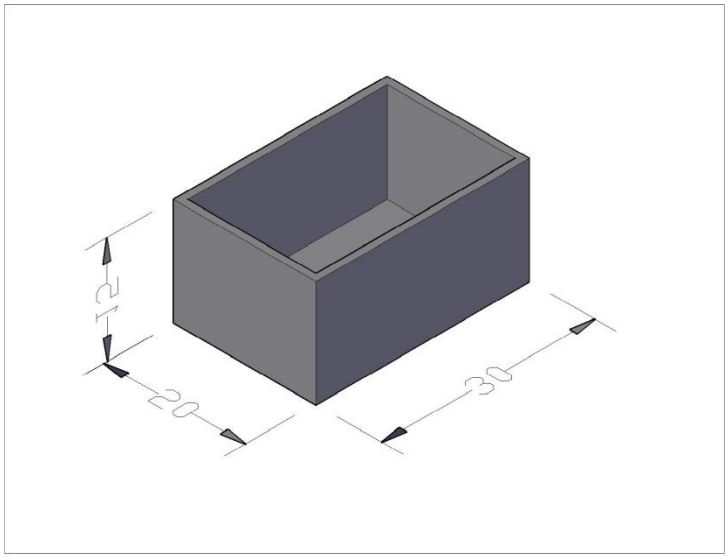
3.4 Metode Pengambilan sampel

Metode pengambilan sampeling yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode triplo. Triplo adalah pengambilan suatu sampel atau bahan uji dengan menggunakan perbandingan 3 contoh sampel yang akan di amati. Penelitian *leaching* ini dilakukan dengan 1 kali faktor perlakuan, dan 3 kali ulangan dengan taraf 10. Perlakuan yang akan dilakukan adalah dengan perendaman dengan air limbah cair industri tahu terhadap jerami padi. Sedangkan ulangan yang akan dilakukan pada peneltian ini adalah dengan 3 kali pengulangan setiap perlakuan dengan dilakukan pemberian limbah cair industri tahu yaitu selama 0, 3,75, 7,5, 15, 30, 60, 120, 720 menit, dan 1440 menit.

Faktor perlakuan pertama perendaman

1. 0 Menit (T0)
2. 3,75 Menit (T1)
3. 7,5 Menit (T2)
4. 15 Menit (T3)
5. 30 Menit (T4)
6. 60 Menit (T5)
7. 120 Menit (T6)
8. 720 Menit (T7)
9. 1440 Menit (T8)

Perlakuan penelitian ini dilakukan dengan menggunakan unit percobaan berupa kotak dari plastik kurang lebih berukuran (30x20x15) cm. Untuk perlakuan perendaman menggunakan kotak yang terbuat dari bahan plastik dengan ukuran kurang lebih (30x20x15) cm, Rancangan alat yang akan digunakan pada saat perlakuan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 5. Kotak untuk Perendaman

Kotak plastik yang digunakan dalam penelitian kurang lebih berukuran (30x20x15) cm sehingga diperoleh volume 9000 cm^3. Pengukuran volume tersebut diukur dengan jumlah limbah cair industri tahu yang diperlukan dalam proses pencucian (*leaching*). Proses pencucian (*leaching*) pada limbah jerami padi menggunakan limbah cair industri tahu dengan ratio 1:20. Ratio perbandingan 1:20 dimana limbah jerami padi sebanyak 1 gram memerlukan limbah industri tahu sebanyak 20 ml. Pengambilan sampel pada proses pencucian (*leaching*) diambil sebanyak 5 gram dalam setiap waktu dan dengan 9 waktu pengambilan. Sehingga dalam setiap 1 kali ulangan membutuhkan sekitar 45 gram dengan

membutuhkan limbah cair industri tahu sebanyak 900ml. Akan tetapi, pada setiap perlakuan proses pencucian (*leaching*) bahan dikali 10 kali untuk mengantisipasi habisnya limbah cair tahu yang terserap oleh limbah jerami padi. Sehingga pada setiap 1 kali ulangan perendaman dibutuhkan sebanyak 450 gram limbah jerami padi dan sebanyak 9000 ml limbah cair industri tahu.

3.5 ParameterPenelitian

3.5.1 Analisis pH

Analisis pH dilakukan pada air limbah tahu sebelum dan sesudah perlakuan. Yaitu dengan menggunakan pH meter pada saat air limbah cair tahu sebelum proses perlakuan *leaching* dan pengukuran pH setelah proses pengambilan sampel yaitu pada waktu 0, 3,75, 7,5, 15, 30, 60, 120, 720 menit, dan 1440 menit.

3.5.2 Analisis Kadar Air

Analisis kadar air pada limbah jerami padi dilakukan dengan memperkecil ukuran jerami padi. Kemudian menimbang cawan kosong (M1), sampel dimasukkan kedalam cawan dan ditimbang (M2), kemudian di oven selama 24 jam dengan suhu 105^0C, dan timbang sampel (M3). Untuk menghitung kadar air dapat dihitung dengan rumus:

KA = 100% (M3 – M1)/(M2 – M1)

3.5.3 Analisis Kadar Abu

Analisis kadar abu dilakukan setelah oven yaitu sampel kering dimasukkan kedalam tanur (M4) dengan suhu 550^0C ditanur selama 2

jam, kemudian hitung sampel setelah tanur (M5). Untuk menghitung kadar abu dengan rumus:

Abu = 100% (M5)/(M4)

3.5.4 Analisis Nilai Kalor

Analisis nilai kalori pada limbah jerami padi dapat diukur menggunakan *bomb calorimeter*. Yaitu sampel jerami setelah oven 24 jam dengan suhu 105^0C kemudian diuji dengan menggunakan alat bomb calorimeter. Analisis kalor dilakukan pada limbah jerami padi sebelum mengalami proses pencucian (*leaching*) dan setelah mengalami proses pencucian (*leaching*) sampel pada waktu 24 jam.

3.5.5 Analisis Kalium

Analisis kalium pada limbah jerami padi dapat dianalisis dengan menggunakan alat MP-AES. Pengukuran menggunakan MP-AES melalui beberapa tahapan yaitu tahap nebulasi, tahap desolvasi/volatilasi, tahap atomisasi, tahap eksitasi/emisi, tahap monokromatisasi, dan tahap deteksi.

3.6. Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode alat yang digunakan untuk menganalisis parameter-parameter tersebut seperti *bomb calorimeter* dan MP-AES 4100, untuk menganalisis kadar air jerami padi menggunakan metode kering oven dan untuk menganalisis kadar abu menggunakan metode pengabuan menggunakan tanur. Hasil uji data ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik maupun diagram.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1.Simpulan

Pencucian (*leaching*) limbah jerami padi menggunakan limbah cair industri tahu dapat meningkatkan nilai mutu bahan bakar. Simpulan yang didapat pada penelitian ini adalah:

1. Analisis proksimat kadar abu pada limbah jerami padi mengalami penurunan kadar abu,yaitu pada waktu 0 menit kadar abu 16% dan setelah mengalami proses pecncucian menjadi 14-15%
2. Nilai kalor limbah jerami padi mengalami peningkatan dari 13,6 MJ/Kg menjadi 15,77 MJ/Kg sehingga proses pencucian (*leaching*) tersebut dapat meningkatkan nilai kalor.
3. Nilai kadar kalium (K) pada limbah jerami padi yang sangat tinggi yaitu sebesar 32% setelah mengalami proses pencucian (*leaching*) menggunakan limbah cair industri tahu menurun sangat signifikan dalam waktu yang cepat yaitu pada waktu 3,75 menit menurun hingga 2%.
4. Limbah cair industri tahu dapat dimanfaatkan untuk proses pencucian (*leaching*) limbah jerami padi sehingga dapat diperoleh bahan bakar yang lebih bermutu dan derajat keasaman (pH) limbah cair industri tahu setelah

mengalami proses pencucian (*leaching*) semakin naik atau keasaman berkurang dari pH 2,7 ke pH 3,5.

5.2 Saran

Saran yang didapat untuk perbaikan penelitian ini adalah:

1. Dapat memanfaatkan limbah padat yang lain untuk dijadikan bahan bakar sehingga mutu yang terkandung dapat menigkat
2. Dapat memanfaaatkan limbah cair yang lain untuk proses pencucian (*leaching*)
3. Perlu diperhatikan suhu lingkungan kara suhu dapat mempengaruhi laju reaaksi

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, K., Nur Rahman, H., Daryus, A., Chan, Y., Esye, Y., Yunus, H., Siregar, R. 2010. Sustainable Parameters in Disseminating Renewable Energy Technology.

Agilent Technologies. 2016. *The LC Handbook: Guide to LC Colums and Maethod Development.* Agilent Technologies, Inc. USA

Alamsyah, R., Siregar, N.C. 2013. Production of Low Emission Pellet from Coco Peat Waste 12.

Alamsyah, R., Siregar, N.C. Hasanah, F. 2017. Torrefaction study for energy upgrading on Indonesian biomass as low emission solid fuel. *IOP Conf. Ser.* Earth Environ. Sci. 65, 012051. https://doi.org/10.1088/1755-1315/65/1/012051

Anonymous. 2012. *Panduan Pengelolaan Tanaman Terpadu.* Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Jawa Tengah. 6-12 pp. Diakses pada 29 Oktober 2018.

Ariyati, R. 2007. *National Policy on Biofuel Development.* Paper presented in the Workshop Mini Scale Biodiesel Plant Design, BRDST (BPPT), Research and Technology, DJLPE (EMR), and PT. Astra Agro Lestari Tbk.

Bassett, J. 1994. Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik, ed. EGC.

Belonio, A., n.d. 2012. Cocopeat Pellet Gas Stove 2.

Buchholz, T., Luzadis, V.A., Volk, T.A. 2009. Sustainability criteria for bioenergy systems: results from an expert survey. J. Clean. *Prod., International Trade in Biofuels 17*, S86–S98. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.04.015

BPPT. 1997. *Teknologi Pengolahan Limbah Tahu – Tempe Dengan Proses Biofilter Anaerob Aerob*. Laporan Kegiatan. Kelompok Teknologi Pengolhan Air Bersih dan Limbah Cair. BPPT.

DEN. 2014. *Bauran Energi Nasional Sampai Dengan 2050*. Dewan Energi Nasional.

Demirbas, A. 2009. Biofuels securing the planet's future energy needs. Energy Convers. Manag. 50, 2239–2249. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.05.010

Effendi, H., n.d. 2003. Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius.

Fitri, H., 2009. Uji Adaptasi Beberapa Varietas Padi Ladang (Oryza sativa L.).

Hadi Dharmawan, A., Nuva, Amalia, R., Astriani Sudaryanti, D. 2016. *Isu Relevan Kebijakan Bioenergi Dalam Mendukung Ketahanan Dan Kemandirian Energi Di Indonesia: State Of The Art"REVIEWER"*. Badan Perencanaan Nasional RI dan CIFOR.

Hanum, F. 2002. *Proses Pengolahan Air Sungai untuk Keperluan Air Minum.* Fakultas Teknik Program Studi Teknik Kimia Universitas Sumatera.

Hambali, E., Rivai, M. 2017. The Potential of Palm Oil Waste Biomass in Indonesia in 2020 and 2030. IOP Conf. *Ser. Earth Environ.* Sci. 65, 012050. https://doi.org/10.1088/1755-1315/65/1/012050

Herlambang, A. 2005. Penghilangan Bau Secara Biologi Dengan Biofilter Sintetik. J. Air Indones. 1.

Hite, D., Duffy, P., Bransby, D., Slaton, C. 2008. Consumer willingness-to-pay for biopower: Results from focus groups. Biomass Bioenergy 32, 11–17. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.07.002

Howard, R.L., Abotsi, E., Rensburg, E.J. van, Howard, S. 2003. Lignocellulose biotechnology: issues of bioconversion and enzyme production. *Afr. J. Biotechnol.* 2, 602-619–619. https://doi.org/10.5897/AJB2003.000-1115

Husin, A. 2003. *Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Biji Kalor (Moringa Olcifera Seeds) Sebagai Koagulan.* Laporan Penelitian Dosen Muda, Fakultas Teknik USU.

Jeffers, R.F., Jacobson, J.J., Searcy, E.M. 2013. Dynamic analysis of policy drivers for bioenergy commodity markets. *Energy Policy, Special Section: Transition Pathways to a Low Carbon Economy* 52, 249–263. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.08.072

Karimi, K., Kheradmandinia, S., Taherzadeh, M.J. 2006. Conversion of rice straw to sugars by dilute-acid hydrolysis. *Biomass Bioenergy* 30, 247–253. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2005.11.015

Kaswinarni, F. 2008. Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat Dan Cair Industri Tahu. Maj. LONTAR 22.

Khopkar, S.M., Khopkar, S.M. 1990. Konsep dasar kimia analitik / S.M. Khopkar; penerjemah A. Saptorahardjo; pendamping Agus Nurhadi. 1 Kim. Anal. Dasar Kim. Anal. SM Khopkar Penerjemah Saptorahardjo Pendamping Agus Nurhadi 1990, 1–99. https://doi.org/1990

Kim, S., Dale, B.E. 2004. Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. *Biomass Bioenergy* 26, 361–375. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2003.08.002

Kohar, I. 2002. Studi Pendahuluan Kemampuan Sekam Dan Jerami Padi Yang Telah Diolah Dengan Berbagai Konsentrasi Larutan NaOH untuk 10, 13.

Kumar, A., Flynn, P., Sokhansanj, S. 2008. Biopower generation from mountain pine infested wood in Canada: *An economical opportunity for greenhouse gas mitigation. Renew.* Energy 33, 1354–1363. https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.07.008

Liew, W.H., Hassim, M.H., Ng, D.K.S. 2014. Review of evolution, technology and sustainability assessments of biofuel production. J. Clean. Prod., Special Volume: *PSE Asia for Cleaner Production* 71, 11–29. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.006

Makarim, A.K., Suhartatik, E. 2009. *Morfologi dan fisiologi tanaman padi*. Buku 1.

McCabe, W.L., Julian C. Smith and Peter Harriott. 1985. Unit Operations of Chemical Engineering, 4th edition; Mcgraw-Hill College.

Mediastika, C.E. 2007. Potensi Jerami Padi Sebagai Bahan Baku Panel Akustik. Dimensi J. *Archit. Built Environ*. 35, 183–189. https://doi.org/10.9744/dimensi.35.2.pp. 183-189

Mohtasham, J. 2015. Review Article-Renewable Energies. Energy Procedia, The International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability –TMREES15 74, 1289–1297. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.774

Mulyana, R. 2014. *New, Renewable Energy and Energy Conservation (Nreec): Existing Program & Breakthrough Policies Toward Achieving National Energy Policy Target.* Makalah disajikan dalam The 3rd Indonesia EBTKEConEx, JCC.

Nurullatifah. 2011. *Limbah Organik, Anorganik, dan B3*. http://limbah-organikanorganik-dan-b3. Diakses pada tanggal 11 September 2018.

Putra, S. M. 2011. *Biomassa Sumber Energi Masa Depan Indonesia*. http://blog.unsri.ac.id/ sodikin/ karya-ilmiah/ biomassasumber- energi-masa-depanindonesia/mrdetail/31052 (diakses 11 September 2018) Reddy, N., Yang, Y., 2006. Properties of High-Quality Long Natural Cellulose Fibers from Rice Straw. J. Agric. *Food Chem.* 54, 8077–8081. https://doi.org/10.1021/jf0617723

Rachmawan, O. 2001. *Pengeringan, Pendinginan,dan Pengemasan Komoditas Pertanian.* Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, DepartemenPendidikan Nasional. Jakarta.

Safan. 2008. *Produksi Enzim Selulase oleh Aspergillus niger dengan Substrat Jerami dalam Solid State Fermentation*. Wordpress.com. Diakses 13/09/18

Sugiharto, 1987. Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah. UI Press.

Tjokrowisastro, E.H., Widodo, B.U.K., 1990. Teknik Pembakaran Dasar dan Bahan Bakar. ITS Surabaya.

Tohan, M. A. 2016. *Peningkatan Nilai Tambah dan Daya Saing Produk Pertanian. Sofianomic rakyat.* Blogspot.co (Unduh 12 September 2018).

Underwood, R.A.D.J.& A.L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi 6*. Erlangga, Jakarta.

Wardhana, W.A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan (Edisi Revisi).* Yogyakarta. Penerbit Andi.

Zulkifli dan Ami, A. 2001. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu dengan Rotating Biological Contactor (RBC) pada Skala Laboratorium. *Limnotek.* Vol, VIII. No, 1. :21-34.