

LAPORAN HASIL PENELITIAN



PROSES HIDROLISA ENZIMATIS LIMBAH BATANG JAGUNG
DENGAN PERLAKUAN AWAL MENGGUNAKAN LARUTAN BASA
SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN KADAR GULA REDUKSI

Oleh :

Dwi Ana Anggorowati, ST, MT

Sriliani Surbakti, ST, MT

Faidliyah Nilna Minah, ST, MT

+

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2018**

**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR PENELITIAN HIBAH INTERNAL**

Judul : Proses Hidrolisa Enzimatis Limbah Batang Jagung Dengan Perlakuan Awal Menggunakan Larutan Basa Sebagai Upaya Peningkatan Kadar Gula Reduksi

Peneliti/Pelaksana

Nama Lengkap & Gelar : Dwi Ana Anggorowati, ST, MT
NIDN / NIP : 0028097001 / 197009282005012001
Fakultas / Program Studi : Fakultas Teknologi Industri / Teknik Kimia S-1
Alamat Surel (E-mail) : anggoro_dwiana@yahoo.com
No. HP : 081333173020
Jabatan Fungsional : Lektor

Anggota (1)

Nama Lengkap & Gelar : Sriyani Surbakti, ST., MT
NIDN / NIP : 0723077402 / P. 1031500509
Fakultas / Program Studi : Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan / Teknik Sipil S-1

Anggota (2)

Nama Lengkap & Gelar : Faidliyah Nilna Minah, ST, MT
NIDN / NIP : 0716047501 / P. 1030400392
Fakultas / Program Studi : Fakultas Teknologi Industri / Teknik Kimia S-1

Institusi Mitra (jika ada) :

Nama Institusi Mitra :

Alamat Institusi Mitra :

Penanggung Jawab :

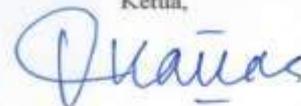
Tahun Pelaksanaan : 2018

Biaya Keseluruhan : Rp. 10.000.000,00

Mengetahui,
Ketua LPPM ITN Malang

(Fourty Handoko, ST., SS., MT., Ph.D)
NIP. P. 1030100359

Malang, 07 Desember 2018
Ketua,



(Dwi Ana Anggorowati, ST, MT)
NIP. 197009282005012001

RINGKASAN

Bioetanol dapat diolah dari berbagai jenis tanaman berpati (ubikayu, jagung, sorgum biji, sagu), tanaman bergula (tebu, sorgum manis, bit) serta selulosa (jerami, serbuk kayu sisa penggergajian kayu, ampas tebu, kulit biji kacang kedelai). Selulosa merupakan penyusun utama sel tumbuh-tumbuhan dan merupakan senyawa organik yang melimpah di bumi. Bahan berselulosa yang bukan termasuk bahan pangan bisa digunakan sebagai bahan baku bioetanol. Salah satunya adalah limbah batang jagung. Limbah batang jagung diperoleh dari hasil panen jagung. Dari hasil panen jagung banyak sekali limbah selulosa yang bisa dimanfaatkan, antara lain daun jagung dan tongkol jagung. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah batang jagung untuk memperoleh kadar gula reduksi yang optimal dengan menggunakan variasi konsentrasi enzim selulase dan lama waktu hidrolisis. Sebelum proses hidrolisis dilakukan pengolahan awal menggunakan larutan basa yaitu NaOH untuk proses delignifikasi. Variabel yang digunakan dalam penelitian antara lain : konsentrasi enzim selulase : 2%; 2,5%; 3%; 3,5% 4% dan waktu hidrolisis: 6, 8 dan 10 jam. Pengaruh treatment Fisik dan treatment Kimia berpengaruh pada kadar Lignin dan selulosa. Setelah limbah batang jagung mengalami treatment fisik dan kimia dengan menggunakan NaOH 10% maka terdapat penurunan kadar lignin dari 12% menjadi 4% dan terdapat kenaikan kadar selulosa dari 40% menjadi 75%. Sedangkan untuk hasil terbaik didapatkan pada konsentrasi enzim yaitu 3,5% dengan lama waktu hidrolisis 10 jam yang menghasilkan gula reduksi sebesar 2214,900 mg/L.

Kata kunci: Limbah batang jagung, gula Reduksi , enzim selulase.

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan Rahmat serta Karunia-Nya kepada kami sehingga kami berhasil menyelesaikan laporan hasil penelitian ini yang berjudul “ **Proses Hidrolisa Enzimatis Limbah Batang Jagung Dengan Perlakuan Awal Menggunakan Larutan Basa Sebagai Upaya Peningkatan Kadar Gula Reduksi**”. Diharapkan tulisan ini dapat memberikan informasi kepada kita semua tentang Pemanfaatan Limbah Batang Jagung sehingga bisa diproses lebih menjadi Bioetanol yang dapat bermanfaat.

Kami menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun selalu kami harapkan demi kesempurnaan laporan hasil penelitian ini.

Akhir kata, kami sampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penyusunan makalah ini dari awal sampai akhir. Semoga Allah SWT senantiasa meridhai segala usaha kita. Amin.

Malang, 7 Desember 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| Halaman Sampul | i |
| Halaman Pengesahan | ii |
| Ringkasan | iii |
| Prakata | iv |
| Daftar Isi | v |
| Daftar Tabel | vii |
| Daftar Gambar | viii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2. Tujuan Khusus..... | 2 |
| 1.3. Urgensi Penelitian | 2 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 3 |
| 2.1. Tanaman Jagung..... | 3 |
| 2.2. Selulosa..... | 4 |
| 2.3. Proses Delignifikasi..... | 5 |
| 2.4. Proses Hidrolisis Selulosa..... | 6 |
| 2.5. Enzim Selulosa..... | 7 |
| BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN | 9 |
| 3.1. Tujuan Khusus..... | 9 |
| 3.2. Manfaat Penelitian..... | 9 |
| BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN | 10 |
| 4.1. Prosedur Penelitian..... | 10 |
| 4.2. Tahapan Penelitian | 13 |
| 4.3. Deskripsi Peralatan..... | 14 |
| BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN | 15 |
| 5.1. Data Pengamatan..... | 15 |
| 5.2. Pembahasan | 16 |

| | |
|---|----|
| BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN | 22 |
| 6.1. Kesimpulan..... | 22 |
| 6.2. Saran..... | 22 |
| DAFTAR PUSTAKA | 23 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1. Tabel Komposisi Kimia Batang dan Tongkol Jagung..... | 3 |
| Tabel 5.1. Data Kadar Lignin, Selulosa dan Hemiselulosa..... | 15 |
| Tabel 5.2. Data Kadar Gula Reduksi pada limbah batang jagung..... | 15 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1. Pohon jagung Kering | 3 |
| Gambar 2.2. Struktur selulosa..... | 4 |
| Gambar 3.1. Diagram alir proses hidrolisis pada batang jagung | 14 |
| Gambar 3.2. <i>Shaker Waterbath</i> (tampak depan)..... | 15 |
| Gambar 3.3. <i>Shaker Waterbath</i> (tampak atas)..... | 15 |
| Gambar 5.1. Grafik Perbandingan kadar (%) HWS, lignin, selulosa dan hemiselulosa pada berbagai treatment..... | 16 |
| Gambar 5.2. Pemutusan ikatan antara lignin dan selulosa oleh NaOH..... | 17 |
| Gambar 5.3. Proses delignifikasi secara kimia..... | 18 |
| Gambar 5.4. Grafik analisa kadar gula reduksi terhadap Konsentrasi Enzim dan Kadar Gula Reduksi)..... | 19 |
| Gambar 5.5. Grafik analisa kadar gula reduksi terhadap Lama Waktu Hidrolisis Enzim dan Kadar Gula Reduksi..... | 19 |

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Tanaman jagung merupakan salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bioetanol. Menurut (Muniroh dkk., 2011) biomassa batang jagung merupakan sampah yang sejauh ini masih belum banyak dimanfaatkan menjadi produk yang memiliki nilai tambah (*added value*). Batang jagung yang termasuk biomassa mengandung lignoselulosa sangat dimungkinkan untuk dimanfaatkan menjadi bioetanol karena memiliki kandungan selulosa yang cukup banyak.

Pada tahun 2017 Produksi jagung di Indonesia mencapai 4.467.933 Ha (Suwandi, 2016). ini merupakan jumlah yang cukup besar mengingat jumlah panen jagung pada tahun sebelumnya hanya mencapai 4.387.584 Ha. Akan tetapi dari jumlah yang besar ini tidak sebanding dengan limbah yang dihasilkan. Karena dari 100% tanaman jagung yang dihasilkan, hanya 30% merupakan produk jagungnya dan sisanya adalah limbahnya. Dari prosentase sebesar itu, maka alangkah baiknya jika limbah panen jagung ini bisa di manfaatkan untuk di olah kembali agar dapat memiliki nilai lebih. Salah satunya yaitu pemanfaatan batang jagung sebagai bahan baku pembuatan bioethanol. Ini dikarenakan pada batang jagung memiliki kandungan selulosa sebesar (30 – 50 %), hemiselulosa sebesar (15 – 35 %), lignin (13 – 30 %) , dan air sebesar (9 – 11 %), serta abu sebesar 6 % (Muniroh, 2011).

Dengan melihat kandungan yang ada pada batang jagung, maka sangat memungkinkan untuk menjadikan batang jagung sebagai bahan baku untuk pembuatan bioethanol. Akan tetapi dalam pembuatan bioethanol perlu dilakukan tahapan-tahapan tertentu yakni tahap delignifikasi, dan tahap hidrolisis. Dimana kedua tahapan tersebut sangat memegang peranan penting terhadap bioethanol yang dihasilkan

Peneliti terdahulu (Arif, 2016) dengan proses hidrolisis menggunakan enzim selulose mendapatkan kadar glukosa terbaik sebesar 3,3458% pada waktu 8 jam dengan konsentrasi enzim 3%. Sedangkan (Rika, 2011) pada waktu 8 jam juga mendapatkan kadar glukosa sebesar 30,884 mg/L dengan menggunakan enzim selulose campuran dari *Trichoderma reesei* dan *Aspergillus niger*. Kadar glukosa didapatkan sebesar 0,324% dengan proses hidrolisis menggunakan H₂SO₄ 2% pada penelitian (Ikbal, 2013)

dirasa masih kurang optimal karena kadar glukosa yang di dapatkan hasilnya masih sangat kecil. Berdasarkan beberapa hasil tersebut maka dilakukan penelitian untuk pengoptimalisasian kadar glukosa yang dihasilkan dari proses hidrolisis enzim dengan memvariasikan lama waktu dan konsentrasi enzim yang digunakan. Ini dikarenakan hasil dari beberapa penelitian diatas dirasa masih memiliki kelemahan dan kurang optimal.

1.2. Tujuan Khusus

Pada proses hidrolisa untuk mendapatkan gula reduksi yang optimal dari batang jagung faktor-faktor yang berpengaruh antara lain variasi konsentrasi enzim selulosa serta variasi waktu hidrolisa.

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui variasi konsentrasi enzim selulase untuk mendapatkan kadar gula reduksi yang optimal.
2. Mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan pada proses hidrolisis untuk mendapatkan gula reduksi dengan hasil yang maksimal.

1.3. Urgensi Penelitian

Urgensi atau keutamaan dari penelitian ini adalah memanfaatkan batang jagung sebagai limbah hasil panen jagung. Dimana batang jagung ini merupakan mempunyai kadar selulosa yang cukup tinggi dan mempunyai peluang yang sangat baik mengingat bahan baku batang jagung tersebut pasti tersedia dikarenakan jagung merupakan bahan pangan di Indonesia.

Untuk keutamaan yang lain yaitu ditemukan parameter-parameter optimum untuk proses Delignifikasi dan Proses Hidrolisa guna mendapatkan kadar gula reduksi yang optimum. Berikutnya diharapkan penelitian ini mudah untuk diterapkan di masyarakat. Selain itu, juga berpeluang untuk diproduksi secara massal pada saat ini dan masa yang akan datang. Sehingga dapat berdampak pada bidang teknologi, ekonomi dan lingkungan

BAB II.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Jagung

Jagung merupakan tanaman serelia yang termasuk bahan pangan penting karena merupakan sumber karbohidrat kedua setelah beras. Sebagai salah satu sumber bahan pangan, jagung telah menjadi komoditas utama setelah beras (Makmur, 2013).

Pada tahun 2017 Produksi jagung di Indonesia mencapai 4.467.933 Ha. ini merupakan jumlah yang cukup besar mengingat jumlah panen jagung pada tahun sebelumnya hanya mencapai 4.387.584 Ha. Akan tetapi dari jumlah yang besar ini tidak sebanding dengan limbah yang dihasilkan. Karena dari 100% tanaman jagung yang dihasilkan, hanya 30% merupakan produk jagungnya dan sisanya adalah limbahnya. Dari prosentase sebesar itu, maka alangkah baiknya jika limbah panen jagung ini bisa di manfaatkan untuk di olah kembali agar dapat memiliki nilai lebih dan mengurangi polusi lingkungan akibat pembakaran batang jagung.



Gambar 2.1. Pohon jagung Kering

Pada jagung terdapat komponen utama dalam bahan lignoselulosa adalah Selulosa, Lignin, dan Air. Berikut adalah komposisi kimia dari limbah panen jagung.

Tabel 2.1. Tabel Komposisi Kimia Batang Jagung/Tongkol Jagung

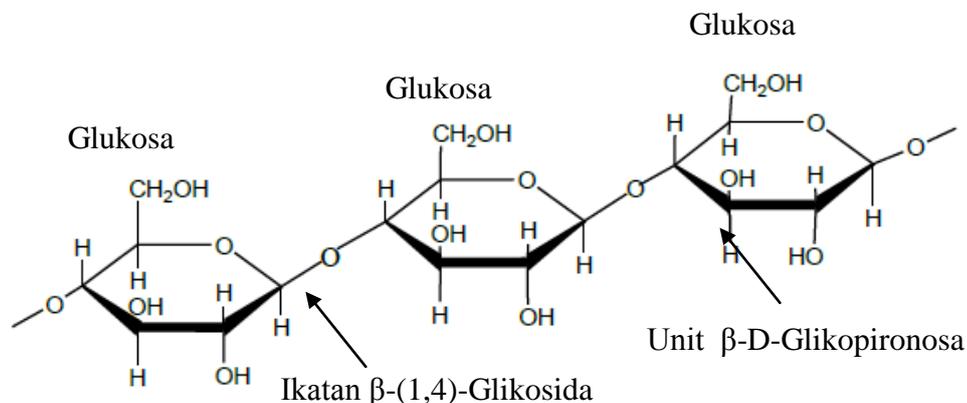
| Senyawa | Batang Jagung (%) | Tongkol Jagung (%) |
|----------------|--------------------------|---------------------------|
| Selulosa | 30 – 50 | 41 |
| Hemiselulosa | 15 – 35 | 36 |
| Lignin | 13 – 30 | 16 |
| Air | 9 – 11 | 7 |

Sumber : (Fachry, 2013)

2.2. Selulosa

Selulosa tersusun atas D - glukosa yang terikat melalui ikatan $\beta(1 \rightarrow 4)$. Selulosa adalah polimer yang bercabang yang terdiri dari 100-14.000 monosakarida atau lebih. Ikatan $\beta(1 \rightarrow 4)$ tidak dapat diputuskan oleh enzim α - amylase. Struktur linier ini menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut. Di alam, biasanya selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti hemiselulosa atau lignin membentuk kerangka utama dinding sel tanaman.

Selulosa merupakan komponen terbesar pada dinding tanaman. Keberadaannya pada dinding tanaman bersama-sama dengan hemiselulosa dan lignin. Oleh karena itu, serat tanaman biasa disebut lignoselulosa. Mikro fibrin selulosa terdiri atas bagian amorf (15%) dan bagian berkrystal (85%). Struktur berkrystal dan adanya lignin serta hemiselulosa merupakan hambatan utama menghidrolisis selulosa. Pada proses hidrolisis sempurna menghasilkan glukosa, sedangkan pada proses hidrolisis sebagian akan menghasilkan disakarida selobiosa.



Gambar 2.2. Struktur selulosa

Selulosa yang terdiri dari ribuan unit glukosa dapat saling berhubungan dan membentuk struktur Kristal yang dihubungkan dengan ikatan hydrogen sehingga memiliki kekuatan tarik yang tinggi. Satu fibril selulosa pada dinding sel tanaman memiliki ukuran diameter 2 – 20 nm dan panjang 100 – 400 nm. Satu fibril selulosa saling berkaitan membentuk mikrofibril dan kemudian membentuk serat, ilustrasi susunan komponen dinding sel tanaman dapat dilihat pada gambar (Irawati, 2016).

Pada tahapan proses memperoleh bioethanol dilakukan tahapan sebagai berikut: proses delignifikasi, proses hidrolisis, dan proses fermentasi dan pada penelitian ini kami melakukan tahapan hidrolisis.

2.3. Proses Delignifikasi

Proses delignifikasi bertujuan untuk menghilangkan lignin, mengurangi kristalinitas selulosa, dan meningkatkan porositas bahan. Perlakuan pendahuluan dapat dilakukan secara fisika dan biologis.

Maupun kombinasi dari cara - cara tersebut :

- Perlakuan pendahuluan secara fisika antara lain berupa pencacahan secara mekanik, penggilingan, dan penepungan untuk memperkecil ukuran bahan dan mengurangi kristalinitas selulosa.
- Perlakuan pendahuluan secara kimia, di antaranya adalah, asam, basa, delignifikasi oksidatif, dan proses organosolv.
- Perlakuan secara biologis. Pada metode ini, digunakan mikroorganisme jamur pelapuk coklat, jamur pelapuk putih, dan jamur pelunak untuk mendegradasi lignin dan hemiselulosa yang ada dalam bahan lignoselulosa.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses delignifikasi:

1. Suhu
2. Waktu
3. Konsentrasi NaOH (Arif, 2016).

Pada proses delignifikasi secara fisik, kimia dan biologis maka penurunan kadar lignin yang paling banyak pada proses delignifikasi secara kimia (Agustini, 2015).

Pada penelitian kami menggunakan proses delignifikasi dengan cara kimia dengan menggunakan metode basa, dalam pengolahan ligniselulosa umumnya menggunakan basa seperti natrium, kalsium dan ammonium hidroksida. Pemakaian basa menyebabkan perubahan struktur lignin dengan cara mengdegradasi ester dan rantai samping glikosidiknya. Penggunaan basa juga menyebabkan dekrystalisasi parsial selulosa, solvasi parsial hemiselulosa dan mengakibatkan selulosa membesar. Proses ini dilakukan dengan cara merendam biomassa dalam larutan alkali pada suhu dan waktu yang telah ditentukan. Tahap netralisasi perlu dilakukan sebelum masuk tahap hidrolisis enzimatis untuk menghilangkan lignin dan zat inhibitor (misalnya garam, asam fenolik, dan aldehyd). Dibandingkan dengan delignifikasi asam metode ini lebih efektif dalam solubilisasi lignin, sebaiknya kurang dalam mendegradasi selulosa dan hemiselulosa. Efektifitas metode ini juga tergantung kadar lignin pada biomassa.

NaOH, KOH, Ca(OH)₂ dan NH₄OH merupakan larutan basa yang terbukti efektif mendegradasi biomassa ligniselulosa. Sebagai contoh, NaOH mampu meningkatkan tingkat degradasi kayu keras dari 14% menjadi 55% dengan cara mengurangi kadar ligninnya dari 55% menjadi 20%. Delignifikasi berbagai biomassa ligniselulosa seperti jerami gandum, rumput, kayu keras, dan kayu lunak menggunakan NaOH juga mampu mengurangi kadar lignin menjadi kurang dari 26% (Hidayat, 2013).

2.4. Proses Hidrolisis Selulosa

Hidrolisis merupakan proses pemecahan polisakarida di dalam biomassa lignoselulosa, yaitu selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer gula penyusunnya. Pada hidrolisis sempurna selulosa akan menghasilkan glukosa, sedangkan hemiselulosa menghasilkan beberapa monomer gula pentose (C₅) dan heksosa (C₆). Hidrolisis dapat dilakukan secara kimia (asam) atau enzimatik (Seftian, 2012).

Proses secara enzimatik mirip dengan proses-proses hidrolisis secara asam akan tetapi katalis asam diganti dengan enzim. Teknik ini dikenal teknik hidrolisis dan fermentasi terpisah (*Separated Hydrolysis and fermentation*), suhu rendah, pH netral, berpotensi memberikan hasil yang tinggi dan biaya pemeliharaan peralatan yang relatif rendah karena tidak ada bahan korosif. Hidrolisis dengan enzim menghasilkan kondisi lingkungan yang kurang mendukung proses biologi/fermentasi tidak seperti pada hidrolisis dengan asam. Kadar gula pereduksi pada ubi jalar yang dihasilkan pada hidrolisis secara enzimatik lebih tinggi yaitu 12,61% dari pada hasil hidrolisis secara asam yaitu 6,20%.

Hidrolisis selulosa secara biologis dapat dilakukan baik menggunakan enzim selulase maupun mikroorganisme penghasil selulase. Ada tiga enzim yang berperan didalam perombakan selulosa menjadi glukosa, yaitu; (a) Enzim endoglukonase, berfungsi memotong rantai glukosa yang panjang menjadi rantai yang lebih pendek secara acak, (b) Enzim cellbiohydrolse, berfungsi memotong setiap dua rantai glukosa(selobiosa), (c) Enzim β-glukosidase, berfungsi memotong selobiosa menjadi molekul-molekul glukosa (Irawati, 2016).

Hidrolisis enzimatik memiliki beberapa keuntungan dibandingkan hidrolisis asam, antara lain: tidak terjadi degradasi gula hasil hidrolisis, kondisi proses yang bekerja dengan (suhu rendah), berpotensi memberikan hasil yang tinggi dan biaya

pemeliharaan peralatan relatif rendah karena tidak ada bahan yang korosif. Beberapa kelemahan dari hidrolisis enzimatis antara lain adalah membutuhkan waktu yang lebih lama, dan kerja enzim dihambat oleh produk.

2.5. Enzim Selulase

Enzim selulase merupakan enzim yang memegang peranan penting dalam proses biokonversi limbah-limbah organik berselulosa menjadi glukosa, protein sel tunggal, makanan ternak, etanol dan lain-lain. Enzim ini merupakan enzim yang dapat menghidrolisis ikatan $\beta(1-4)$ pada selulosa. Enzim selulase termasuk enzim ekstraseluler, yaitu enzim yang dilepas dari sel ke lingkungan untuk menghidrolisis polimer di lingkungan. Enzim ini yang diproduksi di dalam sel mikroba selulolitik dan kemudian dikeluarkan dari sel masuk ke dalam system pencernaan untuk mencerna selulosa.

Hidrolisa enzim yang sempurna memerlukan aksi sinergi dari tiga tipe enzim ini, yaitu:

- a. Endo-1,4- β -D-glukanase (*endoselulase*, *carboxymethylselulase* atau CMCase), yang mengurangi polimer selulosa secara random pada ikatan internal α -1,4-glikosida untuk menghasilkan oligodekstrin dengan panjang rantai yang bervariasi.
- b. Exo-1,4- β -D-glukanase (*cellobiohydrolase*), yang mengurai selulosa dari ujung pereduksi dan non pereduksi untuk menghasilkan selobiosa dan/atau glikosa.
- c. B-glukosidase (*cellobiase*), yang mengurai selobiosa untuk menghasilkan glukosa.

Selulase digunakan secara luas dalam industri tekstil, deterjen, pulp dan kertas. Selulase juga digunakan dalam pengolahan kopi dan kadang-kadang digunakan industri farmasi sebagai zat untuk membantu system pencernaan. Selulase juga dimanfaatkan dalam proses fermentasi dari biomassa menjadi biofuel, seperti bioethanol. Saat ini enzim selulase juga digunakan sebagai pengganti bahan kimia pada pembuatan alkohol dari bahan yang mengandung selulosa.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kerja enzim, yaitu:

a. Konsentrasi enzim

Seperti pada katalis lain, kecepatan suatu reaksi yang menggunakan enzim tergantung pada konsentrasi enzim tersebut. Pada suatu konsentrasi substrat tertentu, kecepatan reaksi bertambah dengan bertambahnya konsentrasi enzim.

b. pH (kasaman)

seperti protein pada umumnya, struktur ion enzim tergantung pada pH lingkungannya. Enzim dapat membentuk ion positif, ion negatif atau bemuatan ganda (*zwitter ion*). Dengan demikian perubahan pH lingkungan akan berpengaruh terhadap efektivitas sisi aktif enzim dalam membentuk enzim substrat. pH rendah atau pH tinggi juga dapat menyebabkan terjadinya proses denaturasi yang mengakibatkan menurunnya aktivitas enzim. Oleh karena itu enzim memiliki pH optimum yang berbeda-beda.

Enzim selulase hasil penelitian menunjukkan terdapat dua pH optimum, yaitu kondisi asam rendah pH 5 dan basa rendah pH 8.

c. Suhu

Reaksi enzimatik yang dipengaruhi oleh suhu. Suhu optimum merupakan suhu yang paling tepat bagi suatu reaksi yang menggunakan enzim. Karena enzim merupakan protein, maka kenaikan suhu juga dapat menyebabkan proses denaturasi dan menyebabkan sisi aktif enzim terganggu dan mengurangi kecepatan reaksi

Berdasarkan hasil statistik dapat disimpulkan bahwa suhu optimum berada pada suhu 37°C dengan aktivasi selulosa sebesar $2,19 \times 10^{-2}$ Unit/mL.

d. Waktu Kontak

Waktu kontak/reaksi antara enzim dan substrat menentukan efektifitas kerja enzim. Semakin lama waktu reaksi maka kerja enzim juga akan semakin optimum.

e. Produk Akhir

Reaksi enzim selalu melibatkan dua hal, yaitu substrat dan produk akhir. Dalam beberapa hal produk akhir juga dapat menurunkan produktifitas kerja enzim (Irawati, 2016).

BAB III.

TUJUAN DAN MANFAAT

3.1. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kadar glukosa tertinggi yang didapatkan dari variasi konsentrasi enzim selulase pada proses hidrolisis limbah batang jagung.
2. Mengetahui kadar glukosa tertinggi yang didapatkan dari variasi lama waktu hidrolisis pada proses hidrolisis limbah batang jagung.

3.2. Manfaat

Penelitian tentang optimalisasi kadar glukosa dengan variasi konsentrasi enzim dan variasi lama waktu sangat berguna bagi referensi atau acuan dalam proses pembuatan bioethanol, ini dikarenakan dengan memperoleh kadar glukosa yang terbaik dari variabel yang digunakan. Maka nantinya didapatkan produk bioethanol dengan kualitas atau kadar yang baik. Dan sebagai *sharing* ilmu pengetahuan juga merupakan salah satu kegunaan penelitian ini, terutama dalam penentuan konsentrasi dan waktu yang paling baik. Selain itu juga untuk mengetahui parameter yang terbaik untuk proses hidrolisis pada batang jagung pada tahapan pembuatan etanol.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penelitian ITN Malang. Tahap penelitian adalah studi literatur, persiapan penelitian, pelaksanaan penelitian, pengumpulan data, analisa data, evaluasi dan terakhir pembuatan laporan. Berikut adalah variabel tetap dan berubah, alat, bahan, dan prosedur dilanjutkan dengan diagram alir penelitian dan deskripsi peralatan.

Variable tetap yang digunakan dalam penelitian ini antara lain serbuk batang jagung dengan ukuran 60 mesh, massa bahan 10 gram,

Proses delignifikasi menggunakan suhu ruang, waktu 28 jam, jenis pelarut : NaOH 10% **Proses hidrolisis** menggunakan jenis enzim selulase, pH 5 dan suhu 37 °C

Sedangkan variabel berubah yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : Konsentrasi enzim selulase antara lain 2%; 2,5%; 3%; 3,5% 4% dan waktu hidrolisis adalah 6 jam, 8 jam, 10 jam, 12 jam, 14 jam.

Alat-alat yang digunakan antara lain: *beakerglass*, botol sample, *Erlenmeyer*, *Furnace*, Gelas, arloji, Gelas pengaduk, Labu leher tiga, Labu ukur, Mesin Giling, Mortar, pH meter, Pipet tetes, Stamper, Timbangan, Termometer. Bahan yang digunakan antara lain : Aquadest, Enzim selulase, H₂SO₄, Limbah Batang jagung hasil panen jagung, NaOH.

4.1. Prosedur penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Persiapan bahan baku
 - Limbah batang jagung dikeringkan di bawah sinar matahari, lalu dipotong-potong dengan ukuran ± 3 cm
 - Batang jagung yang sudah kering di haluskan dengan cara di blender
 - Hasil dari blender kemudian di ayak sehingga menghasilkan serbuk 60 mesh
 - Kemudian di ambil serbuk seberat 100 gr
2. Pretreatmen (delignifikasi)
 - Menyiapkan sample serbuk seberat 100 gr
 - Menyiapkan NaOH dengan konsentrasi 10%

- Memasukan sample kedalam tiga beakerglass
- Menambahkan 1000 ml NaOH kedalam beakerglass yang sudah berisi sample
- Kemudian di lakukan pengadukan sampai sample terendam dengan sempurna
- Perendaman dilakukan selama 28 jam pada suhu ruang
- Melakukan analisa HHSLA.

3. Hidrolisis Enzim

- Menimbang sample sebanyak 50 gr
- Memasukan sample yang sudah di timbang ke dalam Erlenmeyer
- Menambahkan enzim dengan variasi 2%, 2,5%, 3%, 3,5%, 4% berat sample ke dalam masing-masing Erlenmeyer
- Menambahkan air sebanyak 1500 mL
- Proses hidrolisis dilakukan dengan variasi waktu 6, 8, 10, 12, 14 jam
- Proses hidrolisis dilakukan pada suhu 37 °C pada pH 5
- Setelah selesai hidrolisis, di ambil sample sebanyak 25 ml untuk di uji kadar glukosanya

4. Prosedur Analisa HHSLA (Metode Chesson)

- 1 g (a) sampel kering + 150 ml H₂O refluks t 100°C dengan water bath selama 1 jam
- Saring residu dicuci dengan air sampai netral (volume 300 ml). Residu di keringkan dengan oven sampai konstan (b), Timbang (b)

$$HWS = \frac{1-b}{a} \times 100\%$$

- Residu + 150 ml H₂SO₄ 1 N refluks waterbath 100°C selam 1 jam. Saring sampai netral (300 ml). Keringkan (c)

$$Hemiselulose = \frac{b-c}{a} \times 100\%$$

- Residu kering + 10 ml H₂SO₄ 72% (v/v). Rendam pada suhu kamar 4 jam. Tambah 150 ml H₂SO₄ 1 N refluks pada water bath/hot plate 1,5 jam pada pendingin balik.
- Residu disaring, cuci dengan H₂O sampai netral (400 ml). Panaskan dengan oven 105°C. Timbang (d)

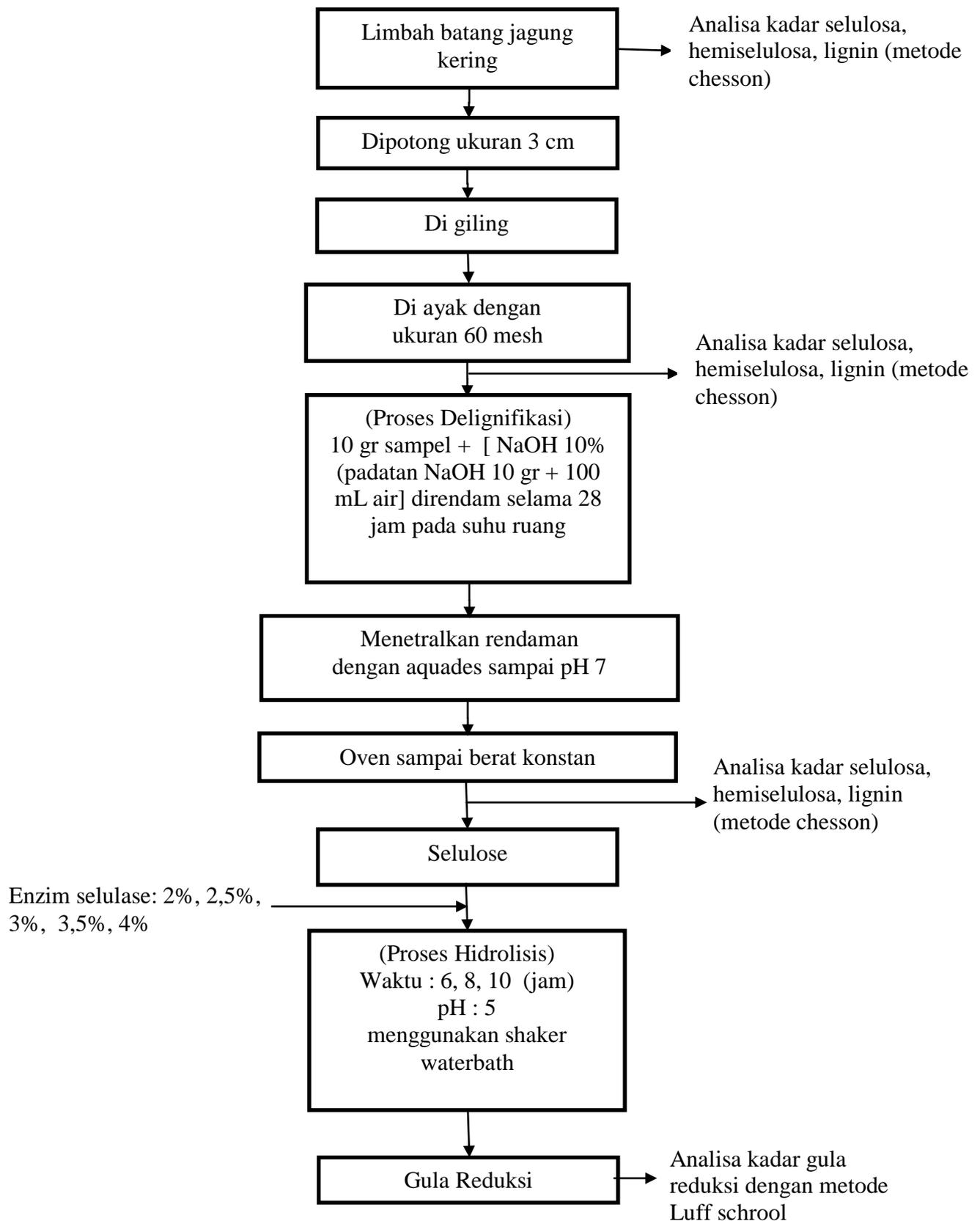
$$\text{Selulose} = \frac{c-d}{a} \times 100\%$$

- Residu diabukan. Timbang (e)

$$\text{Lignin} = \frac{d-e}{a} \times 100\%$$

(1981. "*Sequential Fractionation of Lignocellulose Polysaccharides Method*"
Biotechnology and Bioengineering. John Wiley & Sons, Inc. Vol. XXIII, Pp.
2167-2170)

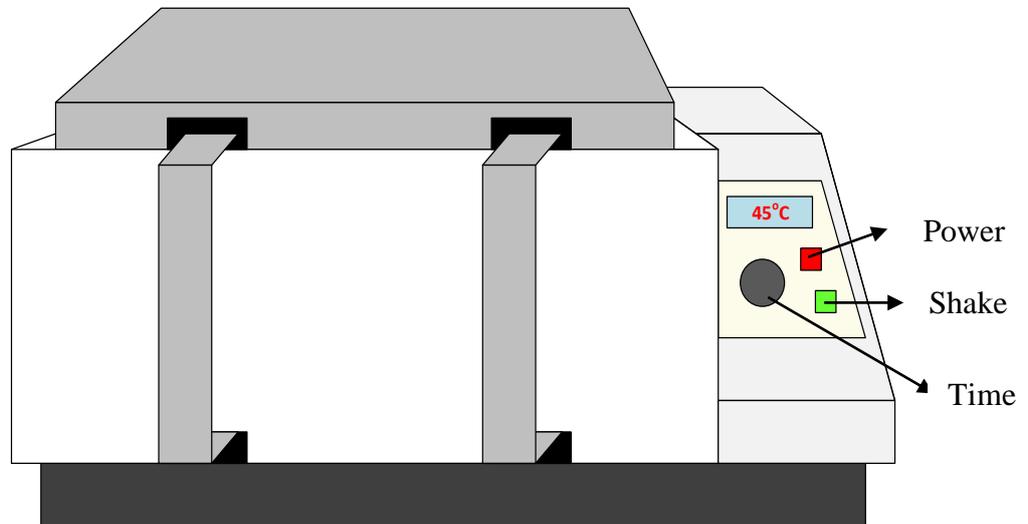
4.2 Tahapan Penelitian



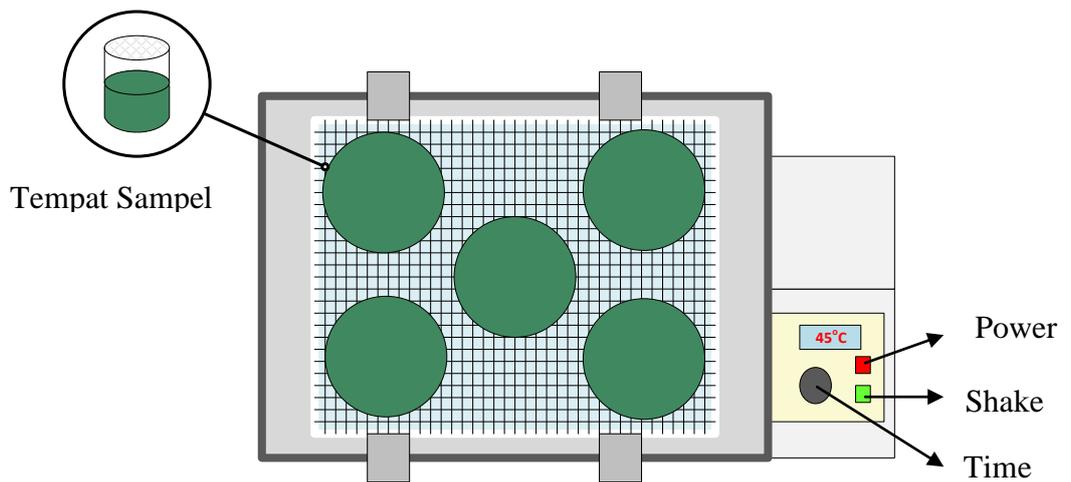
Gambar 3.1. Diagram alir proses hidrolisis pada batang jagung

4.3. Deskripsi Peralatan

Alat utama yang digunakan adalah *cabinet dryer* sebagai alat pengering.



Gambar 3.2. *Shaker Waterbath* (tampak depan)



Gambar 3.3. *Shaker Waterbath* (tampak atas)

Keterangan:

1. Tombol on/off pemanas
2. Tombol on/off blower
3. *Temperature control*
4. Tray sampel
5. Blower
6. Pemanas

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah data pengamatan penelitian yang telah dilaksanakan :

5.1. Data pengamatan

5.1.1. Analisa Pendahuluan

Limbah batang jagung sebelum dilakukan proses hidrolisis maka dilakukan analisa pendahuluan terhadap kadar HWS, Lignin, Selulose dan Hemiselulose setelah itu dilakukan treatment fisik yaitu pengecilan ukuran dan treatment kimia dengan perendaman menggunakan larutan asam setelah itu dilakukan analisa sama dengan analisa pendahuluan. Hasilnya sesuai tabel 5.1.

Tabel 5.1. Data Kadar Lignin, Selulosa dan Hemiselulosa

| Komponen | Kondisi Awal Limbah Batang Jagung | Treatment Fisik dgn pengecilan ukuran 60 Mesh | Treatment Kimia dg perendaman larutan asam |
|--------------|-----------------------------------|---|--|
| HWS | 10% | 20% | 10% |
| Lignin | 12% | 10% | 4% |
| Selulose | 40% | 60% | 75% |
| Hemiselulose | 10% | 20% | 10% |

5.1.2. Analisa Kadar Gula reduksi

Setelah dilakukan analisa pendahuluan baru dilakukan proses hidrolisis dengan menggunakan enzim selulase. Setelah itu baru dianalisa kadar gula reduksi dan hasilnya tertera pada tabel 5.2

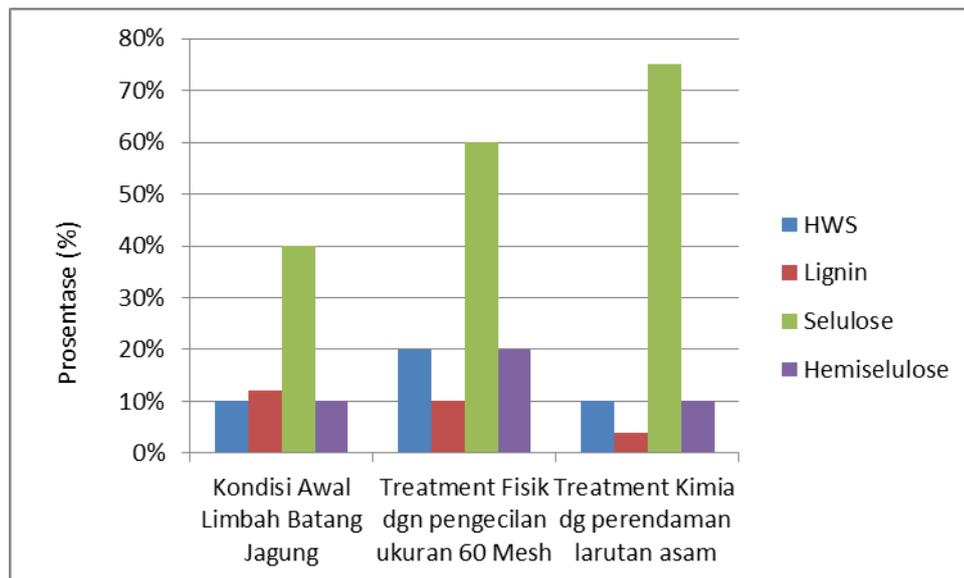
Tabel 5.2. Data Kadar Gula Reduksi pada limbah batang jagung

| Konsentrasi Enzim Selulase (%) | Waktu Hidrolisis (Jam) | | | | |
|--------------------------------|------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| 2 | 1375,233 | 1451,766 | 2093,230 | 1503,267 | 1508,333 |
| 2.5 | 1389,433 | 1434,633 | 2153,730 | 1521,567 | 1541,333 |
| 3 | 1369,133 | 1464,433 | 2167,300 | 773,067 | 1511,133 |
| 3.5 | 1507,333 | 1428,733 | 2214,900 | 1575,333 | 1519,500 |
| 4 | 1596,700 | 1422,560 | 2180,530 | 1507,267 | 1544,867 |

5.2. Pembahasan

5.2.1. Analisa Pendahuluan pada proses delignifikasi

Proses delignifikasi bertujuan untuk menghilangkan lignin, mengurangi kristalinitas selulosa, dan meningkatkan porositas bahan. Berikut adalah grafik perbandingan kadar (%) lignin, selulosa, hemiselulosa dan HWS dengan kondisi awal, treatment fisik dan treatment kimia.



Gambar 5.1. Grafik Perbandingan kadar (%) HWS, lignin, selulosa dan hemiselulosa pada berbagai treatment.

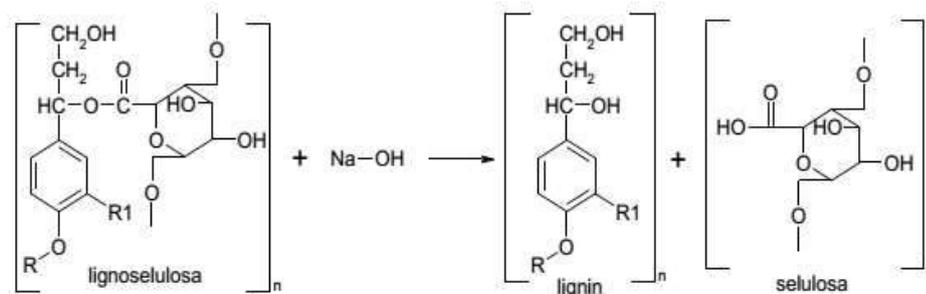
Pada kondisi dimana batang jagung tidak ada perlakuan, kadar Hemiselulosa 10%, selulosa 40%, lignin 12% serta HWS 10% kemudian pada saat batang jagung tersebut mendapat perlakuan fisik dengan batang jagung digiling kemudian disaring menggunakan saringan ukuran 60 mesh. Data yang didapatkan kadar hemiselulosa 20%, Selulosa 60%, lignin 10% dan HWS 20% dari data membuktikan treatment fisik dapat menurunkan kadar lignin. Setelah dilakukan treatment fisik, kemudian dilanjutkan dengan treatment kimia dengan metode delignifikasi basa. Batang jagung ukuran 60 mesh direndam selama 28 jam menggunakan 10% NaOH pada suhu ruang dengan tekanan 1 atm. Dan didapatkan kadar hemiselulosa 10%, Selulosa 75%, lignin 4% dan HWS 10%

Proses delignifikasi secara mekanik atau fisika bertujuan mengurangi ukuran partikel bahan baku. Pengurangan ukuran bahan baku menjadi bagian-bagian kecil merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk meningkatkan aksesibilitas enzim

kebahan lignoselulosa dan dapat meningkatkan aktifitas enzim selulase pada bahan lignoselulosa (Tahezadeh dan karimi, 2008).

Selain delignifikasi secara fisik bisa juga dengan cara kimiawi yaitu dengan pemberian larutan asam atau basa. Metode delignifikasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu larutan basa. Larutan yang digunakan seperti natrium, kalium, kalsium, dan ammonium hidroksida. Pemakaian basa menyebabkan perubahan struktur lignin dengan cara mendegradasi ester dan rantai samping glikosidiknya. Penggunaan basa juga menyebabkan dekrystalisasi parsial selulosa, solvasi parsial hemiselulosa dan mengakibatkan selulosa membesar. Proses ini dilakukan dengan cara merendam biomassa dalam larutan alkali pada suhu dan waktu yang telah ditentukan. Tahap netralisasi perlu dilakukan sebelum masuk tahap hidrolisis enzimatik untuk menghilangkan lignin dan zat inhibitor (misalnya garam, asam fenolik dan aldehid) (Menon dan Rao, 2012).

Dan gambar dibawah ini merupakan mekanisme pemutusan ikatan antara lignin dan selulosa oleh senyawa NaOH.



Gambar 5.2. Pemutusan ikatan antara lignin dan selulosa oleh NaOH

(Fengel dan Wegener,1995)

Mekanisme delignifikasi oleh larutan NaOH dapat dilihat pada Gambar 5.2. disini NaOH akan masuk dan memutuskan ikatan dari struktur dasar lignin dan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat. Garam fenolat ini bersifat polar sehingga mudah larut dalam pelarut polar. Dan pada gambar berikut ini merupakan gambar proses delignifikasi secara kimia pada sampel batang jagung.



Gambar 5.3. Proses delignifikasi secara kimia

Lignin yang terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut lindi hitam (*black liquor*). Lindi hitam tersebut menunjukkan lapisan lignin telah terpisah dari selulosa. Kondisi ini akan meningkatkan produktivitas mikroorganisme dalam memproduksi selulase dan efektivitas hidrolisis menjadi lebih tinggi (Rika, 2011).

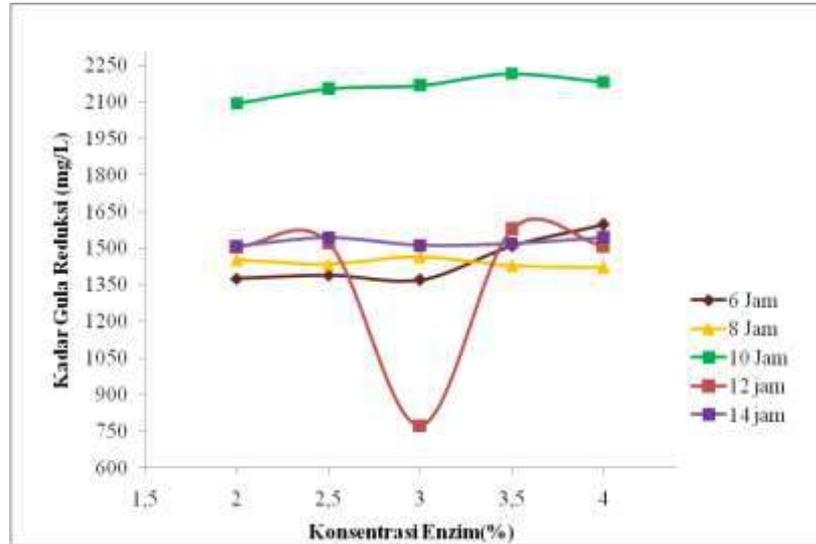
Hemiselulosa terlihat berbeda pada setiap perlakuan. Pada kondisi batang jagung utuh kadar hemiselulosa 10% kemudian setelah dilakukan pengecilan ukuran 60 mesh kadar hemiselulosa meningkat menjadi 20% akan tetapi setelah dilakukan proses delignifikasi kadar hemiselulosa turun menjadi 10%. Kemungkinan hal ini terjadi karena pada proses delignifikasi secara kimia dengan menggunakan senyawa alkali NaOH mengakibatkan hemiselulosa yang terkandung di dalam bahan mengalami degradasi menjadi selulosa. Ini disebabkan karena hemiselulosa dapat larut dalam senyawa alkali.

Hemiselulosa memiliki bobot molekul yang lebih rendah dibandingkan selulosa dan bersifat tidak tahan perlakuan panas. Tidak seperti selulosa, polisakarida hemiselulosa bersifat *amorf* dan strukturnya kurang bercabang, sehingga potensi kelarutannya sangat berbeda. Hemiselulosa tersebut dapat dipisahkan dari selulosa dengan alkali karena ikatannya lemah sehingga mudah dihidrolisis (Placket, 2011).

Pada penelitian (Fachry, 2013) persentase selulosa yang didapatkan sebesar 30%–50%, hemiselulosa 15%–35% dan lignin 13%–30%.

5.2.2. Kadar Gula Reduksi Hasil Hidrolisis Enzimatis

Hidrolisis merupakan proses pemecahan polisakarida di dalam biomassa lignoselulosa, yaitu selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer gula penyusunnya. Pada hidrolisis sempurna selulosa akan menghasilkan glukosa, sedangkan hemiselulosa menghasilkan beberapa monomer gula pentose (C₅) dan heksosa (C₆). Hidrolisis dapat dilakukan secara kimia (asam) atau enzimatis (Seftian, 2012).



Gambar 5.4. Grafik analisa kadar gula reduksi terhadap Konsentrasi Enzim dan Kadar Gula Reduksi

Pada Gambar 5.4 terlihat di grafik bahwa hasil kadar gula reduksi pada waktu 6 jam berbanding lurus dengan konsentasi enzim, ini dapat dilihat dari grafik yang mengalami terus peningkatan dimana hasil gula reduksi terbaik yaitu pada konsentrasi 4% yakni sebesar 1596,7 mg/L akan tetapi pada konsentrasi enzim 3% hasil gula reduksi mengalami penurunan dibanding konsentrasi enzim sebelumnya (2% dan 2.5%). Menurut (Azis, 2012) Salah satu faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis yaitu pH (Keasaman), seperti protein pada umumnya, struktur ion enzim tergantung pada pH lingkungannya. Enzim dapat membentuk ion positif, ion negatif atau bermuatan (zwitter ion). Dengan demikian perubahan pH lingkungan akan berpengaruh terhadap efektifitas sisi aktif enzim dalam membentuk enzim substrat. pH rendah atau pH tinggi juga dapat menyebabkan terjadinya proses denaturasi yang mengakibatkan menurunnya aktifitas enzim. Oleh karena itu enzim memiliki pH optimum yang berbeda-beda. Sesuai dengan pernyataan tersebut kondisi pada sampel

3% mengalami penurunan kadar gula reduksi karena dipengaruhi oleh kondisi pH lingkungan yang tidak sesuai dengan kondisi pH optimum enzim selulase.

Sedangkan pada waktu 8 jam dan 14 jam grafik terlihat lebih konstan karena dapat dilihat dari masing-masing konsentrasi enzim memiliki kadar gula reduksi yang tidak terlalu jauh berbeda dimana hasil terbaik yaitu pada waktu 8 jam dengan konsentrasi 3% yakni sebesar 1464,43 mg/L, sedangkan untuk waktu 14 jam hasil terbaiknya pada konsentrasi enzim 4 % yaitu sebesar 1544,87 mg/L.

Pada waktu hidrolisis 10 jam kadar gula reduksinya memiliki konsentrasi tertinggi. Tetapi untuk waktu 10 dengan konsentrasi 3,5% mempunyai nilai tertinggi untuk kadar gula reduksinya yakni sebesar 2214,9 mg/L dan hasil tersebut merupakan hasil paling optimal dari beberapa variable yang di uji cobakan. Dan hasil ini mempunyai kesesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh (Arif dkk, 2016) yang mendapatkan hasil kadar gula reduksi optimum dengan konsentrasi enzim 3% sebesar 3,3458% pada waktu 8 jam. Dan pada penelitian (Rika, 2011) dengan menggunakan campuran selulase *Tricoderma reesei* dan *aspergillus niger* dengan variasi perbandingan 2:1 dengan waktu 8 jam menghasilkan kadar gula reduksi paling tinggi yaitu sebesar 30,884 mg/L .

Untuk waktu 12 jam terjadi penurunan kadar gula reduksi yang signifikan pada konsentrasi enzim 3 %, apabila dilihat dari kecenderungan konsentrasi enzim 3,5% dan 4 % yang lebih tinggi maka penurunan tersebut terjadi akibat ketidaksesuaian pH dengan kondisi optimum untuk kinerja enzim selulase.

Maka secara umum yang dapat disimpulkan dari penelitian ini semakin lama waktu hidrolisis, maka semakin tinggi pula hasil kadar gula reduksinya. Dan pada penelitian ini di dapat hasil terbaik pada variabel waktu hidrolisis 10 jam dan konsentrasi enzim 3,5 % dengan kadar gula reduksi sebesar 2214,9 mg/L.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan yang telah kami lakukan selama penelitian maka dapat ditarik suatu kesimpulan

- Setelah limbah batang jagung mengalami treatment fisik dan kimia dengan menggunakan NaOH 10% maka terdapat penurunan kadar lignin dari 12% menjadi 4% dan terdapat kenaikan kadar selulosa dari 40% menjadi 75%.
- Penggunaan konsentrasi 3.5% pada proses hidrolisis dengan menggunakan enzim selulase lebih optimal dibanding konsentrasi 2%, 2.5%, 3%, 4% dengan hasil kadar gula reduksi 2214,900 mg/L.
- Lama waktu hidrolisis menghasilkan Gula Reduksi tertinggi yaitu sebesar 2214,900 mg/L, dibandingkan dengan lama waktu 6, 8, 12 dan 14 jam.

6.2. Saran

Pada penelitian selanjutnya lebih memperhatikan faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis enzim. Menggunakan pH meter untuk mengukur keasaman lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini Luciasih, Efiyanti Lisna. 2015. *Pengaruh Perlakuan Delignifikasi Terhadap Hidrolisis Selulosa Dan Produksi Etanol Dari Limbah Berlignoselulosa*. ISSN: 0216-4329.
- Arif Dian, Anggorowati Dwi, Jelfano Noranda. 2016. *Pemanfaatan Limbah Hasil Panen Jagung Untuk Pembuatan Energi Alternatif Yang Ramah Lingkungan*. Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri (Seniati) 2016. ISSN: 2058-4218.
- Arma Makmur Jaya, Fermin Uli, Sabaruddin Laode. 2013. *Pertumbuhan Dan Produksi Jagung (*Zea Mays L.*) Dan Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea L.*) Melalui Pemberian Nutrisi Organik Dan Waktu Tanam Dalam Sistem Tumpangsari*. Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Haluoleo: Kendari.
- Aziz, P. 2012. Enzim dan factor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi enzim. *Addition material for FIK Biochemical Experiment Class*.
- Dian Arif, Noranda Jelfano, Dwi Ana A, 2016, Pemanfaatan Limbah Hasil Panen jagung untuk pembuatan energi alternatif yang ramah lingkungan, Prosiding Seminar Nasional (SENIATI) , ISSN : 2085-4218
- Evandani Nice. 2012. *Sintesis Nanoselulosa dari Tongkol Jagung dengan Perlakuan Hidrolisis Kimia dan Homogenisasi*. Fakultas pertanian Bogor: Bogor
- Fachry Rasyidi Ahmad, Astuti Puji. 2013. *Pembuatan Bietanol dari LimbahTongkol Jagung dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida Dan Waktu Fermentasi*. Kimia Fakultas Teknik: Universitas Sriwijaya
- Fengel, D. dan Wegener G. 1995. *Kayu: Kimia, ultra struktur dan reaksi-reaksi*. Gajah mada press. Yogyakarta.
- Fitriani, Bahri Syaiful, Nurhaeni. 2009. *Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea Mays*) dari Proses Delignifikasi*. Lab. PenelitianJurusan Teknik Kimia Fakultas MIPA: Universitas Tadulako. ISSN: 2338-0950.
- Hidayat Mohammad Rusdi. 2013. *Teknologi Pretreatment Bahan Lignoselulosa Dalam Proses Produksi Bioetanol*. Baristand Industri:Pontianak.
- Irawati Rosyida. 2016. *Karakteristik pH suhu dan Konsentrasi substrat pada enzim selulase kasar yang diproduksi*. Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Maliki Ibrahim; Malang

- Menon V dan Rao M. 2012. *Trends In Bioconversion Of Lignocellulose: Biofuels, Platform Chemicals Dan Biorefinery Concept*. Progress in energy and combustion science 8(4): 522-550.
- Muniroh Lailatul, Luthfi Khiqmiawati. F. 2011. *Produk Bioetanol Dari Limbah Batang Jagung dengan Menggunakan Proses Hidrolisa Enzim dan Fermentasi*. Presentasi Tugas Akhir, Surabaya: ITS.
- Mushlihah Siti, Trihadiningrum Yulinah. 2013. *Produksi Bioetanol Dari Limbah Tongkol Jagung Sebagai Energi Alternatif Terbarukan*. Program Studi MMT-ITS: Surabaya.
- Plackett David. 2011. *Biopolymer: New Materials For Sustainable Films And Coating*. United kingdom: Willey Publisher.
- Seftian Diky, Antonius Ferdinand dan Faizal M. 2012. *Pembuatan Etanol Dari Kulit Pisang Menggunakan Metode Hidrolisis Enzimatik Dan Fermentasi*. Teknik Kimia Universitas Sriwijaya: Palembang
- Sutarno Rika Julfana, Zahara Titin Anita, Idiawati Nora. 2011. *Hidrolisis Enzimatik Selulosa Dari Ampas Sagu Menggunakan Campuran Selulase Dari Trichoderma Reesei Dan Aspergillus Niger*. Program Studi Kimia Fakultas MIPA: Universitas Tanjungpura. ISSN 2303-1007
- Suwandi, Leli Nurhayati, Budi Waryanto, dkk. 2016. *Outlook Komoditas Pertanian Sub Sektor Tanaman Pangan*. Pusat Data Dan System Informasi Pertanian: Kementrian Pertanian ISSN:1907–1507.
- Taherzadeh MJ dan Karimi K. 2008. *Pretreatment Of Lignocellulic Wastes To Improve Ethanol And Biogas Production: A Review*. Int. J. Mol. Sci. 9: 1621-1651
- Yonas Ikkal. M, Isa Ishak, Ibayu Hendri. 2013 *Pembuatan Bioetanol Berbasis Sampah Organik Batang Jagung*. Pendidikan Kimia Fakultas Matematika dan IPA: Univeritas Negeri Gorontalo.

LAMPIRAN



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

KAMPUS I : Jl. Bendungan sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting). Fax (0341) 553015 Malang 65145
KAMPUS II : Jl. Raya Karanglo Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

SURAT PERJANJIAN PENUGASAN
DALAM RANGKA PELAKSANAAN PENELITIAN
TAHUN ANGGARAN 2018

Nomor: ITN.03.154.009/I.LPPM/2018

Pada hari ini, **senin** tanggal **sembilan belas** bulan **maret** tahun **duaribu delapanbelas**, kami yang bertandatangan di bawah ini:

1. **Fourry Handoko, ST., SS., MT., Ph.D**
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Institut Teknologi Nasional Malang, untuk selanjutnya disebut sebagai **PIHAK PERTAMA**.
2. **Dwi Ana Anggorowati, ST, MT**
Tenaga Fungsional Akademik Institut Teknologi Nasional Malang, selaku Ketua Pelaksana Penelitian, untuk selanjutnya disebut sebagai **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA** secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Perjanjian Penugasan Dalam Rangka Pelaksanaan Penelitian Periode Tahun Anggaran 2018 dengan ketentuan dan syarat-syarat yang diatur dalam pasal-pasal sebagai berikut:

PASAL 1
PENUGASAN DAN TANGGUNGJAWAB

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberi tugas pada **PIHAK KEDUA**, dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk bertindak sebagai Ketua/Penanggung Jawab Program Penelitian yang berjudul: **Proses Hidrolisa Enzimatis Limbah Batang Jagung Dengan Perlakuan Awal Menggunakan Larutan Basa Sebagai Upaya Peningkatan Kadar Gula Reduksi**.
- (2) **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab penuh atas pelaksanaan, administrasi dan keuangan atas kegiatan seperti dimaksud pada pasal 1 ayat (1) serta berkewajiban membuat laporan penelitian dan laporan keuangan lengkap dengan bukti-bukti pengeluaran.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menindaklanjuti serta mengupayakan hasil penelitian yang telah dilakukan untuk memperoleh paten atau publikasi ilmiah dalam jurnal nasional/internasional atau teknologi tepat guna atau rekayasa sosial dan atau buku ajar sebagaimana yang telah dijanjikan oleh pengusul dalam proposal.

Page 1 of 4



PASAL 2
PENDANAAN DAN PEMBAYARAN

- (1) Pelaksanaan penugasan Penelitian **Periode Tahun Anggaran 2018** sebagaimana dimaksud pada pasal 1 ayat (1), dengan biaya dibebankan pada Anggaran Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat ITN Malang Tahun Anggaran 2018.
- (2) **PIHAK PERTAMA** memberikan bantuan dana untuk kegiatan penelitian sebagaimana disebutkan pada pasal 1, sebesar Rp. 10.000.000,00 (*Sepuluhjuta Rupiah*), yang dibebankan pada Anggaran Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat ITN Malang Tahun Anggaran 2018.
- (3) Dana penugasan penelitian sebagaimana dimaksud pada pasal 2 ayat (1) dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap melalui Biro Keuangan ITN Malang dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a) Pembayaran tahap pertama bulan Maret sebesar 25% yaitu Rp. 2.500.000,00 (*Duajuta Limaratus Ribu Rupiah*), dibayarkan setelah surat perjanjian ini ditandatangani oleh kedua belah pihak. Dan **PIHAK KEDUA** telah memenuhi persyaratan dari reviewer proposal penelitian.
 - b) Pembayaran tahap kedua bulan April sebesar 25% yaitu Rp. 2.500.000,00 (*Duajuta Limaratus Ribu Rupiah*).
 - c) Pembayaran tahap ketiga bulan Mei sebesar 20% yaitu Rp. 2.000.000,00 (*Duajuta Rupiah*).
 - d) Pembayaran tahap keempat sebesar 30% yaitu Rp. 3.000.000,00 (*Tigajuta Rupiah*), dibayarkan setelah **PIHAK KEDUA** menyerahkan Laporan Hasil Kegiatan Penelitian lengkap dengan laporan penggunaan anggaran beserta bukti-bukti lainnya kepada **PIHAK PERTAMA**.
 - e) **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab mutlak dalam penggunaan anggaran sebagaimana disebutkan pada pasal 2 ayat (1) sesuai dengan rencana anggaran biaya pada proposal dan rincian biaya yang telah diseleksi serta mempertanggungjawabkan seluruh pembelanjaan dana tersebut kepada **PIHAK PERTAMA**.
 - f) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengembalikan sisa dana yang tidak dibelanjakan dan wajib dikembalikan ke kas ITN Malang.
 - g) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggungjawab atas tidak terbayar/dicairkan dana 30% tahap kedua sebagaimana dimaksud pasal 2 ayat (2) butir (b) yang disebabkan oleh kelalaian atau kesalahan **PIHAK KEDUA**.

PASAL 3
PERUBAHAN PELAKSANAAN PENELITIAN

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA**, karena sesuatu hal bermaksud mengubah pelaksana/lokasi/jadwal penelitian yang telah disepakati, **PIHAK KEDUA** harus mengajukan permohonan perubahan tersebut kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Perubahan pelaksanaan penelitian hanya dibenarkan bila telah mendapat persetujuan lebih dahulu dari **PIHAK PERTAMA**.

PASAL 4

BATAS AKHIR DAN LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN

- (1) Kegiatan Program Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Periode Tahun Anggaran 2018 di lingkungan ITN Malang, berakhir sampai dengan bulan Oktober 2018 dan pelaporan pada bulan November 2018.
- (2) **PIHAK KEDUA** wajib menyelesaikan seluruh kegiatan dan menyerahkan laporan hasil penelitian sebagaimana yang dimaksud dalam pasal 1 ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA**, tidak lebih dari batas waktu yang telah ditetapkan yaitu sebagaimana yang disebutkan dalam pasal 4 ayat (1), dan apabila melewati batas waktu tersebut, maka pencairan dana 30% tahap kedua dianggap **GUGUR** dan **PIHAK KEDUA** diwajibkan mengembalikan dana yang telah diterima ke kas ITN Malang.
- (3) Kelalaian atas kewajiban **PIHAK KEDUA** dalam hal ini tidak menyerahkan laporan hasil kegiatan penelitian kepada **PIHAK PERTAMA**, mengakibatkan gugurnya hak untuk memperoleh dana bantuan penelitian atau pengabdian kepada masyarakat periode tahun berikutnya.
- (4) **PIHAK KEDUA** harus melakukan diseminasi penelitian.
- (5) Hasil Penelitian berupa:
 - a. Laporan akhir, disusun sesuai dengan format pada Buku Panduan Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Tahun 2016.
 - b. Bukti Diseminasi/luaran sesuai kategori penelitian yang dipilih dalam Buku Panduan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat ITN Malang, halaman 14 (**Gambar 2 Skema Litabmas ITN Malang**).
 - c. Membuat luaran tambahan penelitian berupa HKI, prototype, TTG (apabila memungkinkan).
 - d. Laporan Keuangan beserta bukti-bukti pengeluaran disimpan dalam bentuk *softcopy*.
- (6) Laporan Akhir diserahkan dalam bentuk *softcopy* dan diunggah di e-litabmas ITN (point 5a-5c).
- (7) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas sebagaimana dimaksud dalam pasal 1, maka diwajibkan mengembalikan semua dana yang telah diterima ke kas ITN Malang.

PASAL 5 PLAGIAT

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa judul penelitian sebagaimana dimaksud dalam pasal 1, dijumpai adanya indikasi duplikasi dengan kegiatan penelitian lain dan/atau diperoleh indikasi ketidakjujuran/itikad kurang baik yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah, maka surat perjanjian ini dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan semua dana yang telah diterima, ke kas ITN Malang.

PASAL 6
MONITORING DAN EVALUASI SERTA SEMINAR HASIL

- (1) Pihak kedua diwajibkan mengikuti kegiatan monitoring dan evaluasi serta seminar hasil yang diselenggarakan oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat ITN Malang, sesuai jadwal yang telah ditentukan.
- (2) Hal-hal yang belum diatur dalam perjanjian ini akan ditentukan oleh kedua belah pihak secara musyawarah.

PASAL 7
PENYELESAIAN PERSELISIHAN

- (1) Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah.
- (2) Hal-hal yang belum diatur dalam perjanjian ini akan ditentukan oleh kedua belah pihak secara musyawarah.

PASAL 8
PENUTUP

Surat Perjanjian Penugasan Penelitian ini dibuat rangkap 2 (dua) bermeterai yang mempunyai kekuatan hukum sama sesuai dengan ketentuan yang berlaku, dan biaya meterai dibebankan kepada **PIHAK KEDUA**.



Fourry Handoko, ST., SS., MT., Ph.D.
NIP. P. 1030100359

PIHAK KEDUA

Handwritten signature of Dwi Ana Anggorowati in blue ink.

Dwi Ana Anggorowati, ST, MT
NIP. 197009282005012001

Mengetahui,
Rektor ITN Malang

Handwritten signature of Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT in blue ink, over a circular official stamp of the ITN Malang Rector.

Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT
NIP. Y. 1018700153

