



PEMBUATAN PAPER BAG RAMAH LINGKUNGAN SEBAGAI HASIL PEMANFAATAN LIMBAH PELEPAH PISANG DAN KULIT JAGUNG

REALITA APRILIANA PUTRI



**TEKNIK DAN MANAJEMEN LINGKUNGAN
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI LAPORAN AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan akhir dengan judul “Pembuatan *Paper Bag* Ramah Lingkungan sebagai Hasil Pemanfaatan Limbah Pelepah Pisang dan Kulit Jagung” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir laporan akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2025

Realita Apriliana Putri
J0313211185

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

REALITA APRILIANA PUTRI. Pembuatan *Paper Bag* Ramah Lingkungan sebagai Hasil Pemanfaatan Limbah Pelelah Pisang dan Kulit Jagung. Dibimbing oleh NURUL JANNAH.

PT Pertamina Drilling Services Indonesia menjalankan program CSR di Desa Pitu, Kabupaten Ngawi melalui penanaman pohon kayu putih untuk produksi minyak kayu putih, namun belum memiliki kemasan. Limbah pertanian pelelah pisang dan kulit jagung dengan selulosa tinggi belum dimanfaatkan secara optimal. Tujuan penelitian ini adalah menghitung potensi timbulan dan pengurangan limbah, menguji pengaruh komposisi bahan terhadap karakteristik fisik kertas untuk uji beban simulasi, menguji biodegradabilitas, serta menganalisis nilai ekonomi *paper bag*. Metode yang digunakan adalah wawancara, observasi eksperimental, *Variable costing* dan studi pustaka. Hasil menunjukkan timbulan limbah kering sebesar 120 kg/ha/panen pelelah pisang dan 184,4 kg/ha/panen kulit jagung dapat dikurangi 26-100 % tergantung komposisi kertas. Komposisi terbaik untuk *paper bag* adalah 25 % pelelah pisang dan 75 % kulit jagung karena memiliki nilai kuat tarik tinggi (11,18 MPa) dan gramatur rendah (73,15 g/m²) dan hasil uji beban simulasi komposisi terbaik mampu menahan beban sampai isi *paper bag* penuh serta tingkat degradasi tercepat pada uji biodegradabilitas. Harga pokok produksi produk Rp 2.057/lembar dan harga jual dengan margin keuntungan 35 %.

Kata kunci : *paper bag*, limbah pertanian, biodegradabilitas, nilai ekonomi

ABSTRACT

REALITA APRILIANA PUTRI. *Development of Eco-Friendly Paper Bag from Banana Pseudostem and Corn Husk Waste. Supervised by NURUL JANNAH.*

PT Pertamina Drilling Services Indonesia carries out a Corporate Social Responsibility (CSR) program in Desa Pitu, Ngawi Regency, by planting eucalyptus trees for eucalyptus oil production, which currently lacks packaging. Agricultural waste such as banana pseudostem and corn husk, both high in cellulose, has not yet been optimally utilized. This study aims to calculate the potential generation and reduction of waste, examine the effect of material composition on the physical characteristics of paper for load simulation tests, assess biodegradability, and analyze the economic feasibility of paper bags. The methods used include interviews, experimental observation, variable costing, and literature review. The results show that dry waste of 120 kg/ha/crop of banana pseudostem and 184.4 kg/ha/crop of corn husk can be reduced by 26-100% depending on the paper composition. The best composition for paper bags is 25% banana pseudostem and 75% corn husk because it has a high tensile strength (11.18 MPa) and low grammage (73.15 g/m²). The best composition also withstood full load in simulation tests and had the fastest degradation rate in biodegradability tests. The production cost per sheet is Rp 2,057 with a selling price margin of 35%.

Keywords: *paper bag*, agricultural waste, biodegradability, economic value



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah,
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB. Pelimpahan hak cipta atas karya tulis dari penelitian kerjasama dengan pihak luar IPB harus didasarkan pada pelimpahan perjanjian kerja sama yang terkait.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PEMBUATAN PAPER BAG RAMAH LINGKUNGAN SEBAGAI HASIL PEMANFAATAN LIMBAH PELEPAH PISANG DAN KULIT JAGUNG

REALITA APRILIANA PUTRI

Laporan Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada
Program Studi Teknik dan Manajemen Lingkungan

**TEKNIK DAN MANAJEMEN LINGKUNGAN
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

©Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada ujian Laporan Akhir: Miesriany Hidiya S.TP., M.Si



Nama :
NIM :

@Hak cipta milik IPB University

Judul Laporan Akhir : Pembuatan *Paper Bag* Ramah Lingkungan sebagai Hasil
Pemanfaatan Limbah Pelepas Pisang dan Kulit Jagung

: Realita Apriliana Putri
: J0313211185

Disetujui oleh

Pembimbing :

Ir. Nurul Jannah M.M., Ph.D.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Beata Ratnawati S.T., M.Si
NPI. 201811198806252001



Dekan Sekolah Vokasi

Dr. Ir. Aceng Hidayat, M.T.
NIP. 196607171992031003



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan dengan judul “Pembuatan *Paper Bag* Ramah Lingkungan sebagai Hasil Pemanfaatan Limbah Pelepas Pisang dan Kulit Jagung”. Pembuatan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat menyelesaikan studi di Teknik dan Manajemen Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.

Terima kasih penulis ucapkan kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, antara lain kepada :

1. Ir. Nurul Jannah M.M., Ph.D. selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan, motivasi, saran, dan arahan yang telah diberikan kepada penulis.
2. Dr. Beata Ratnawati S.T., M.Si selaku Ketua Program Studi Teknik dan Manajemen Lingkungan Sekolah Vokasi Institut Pertanian Bogor.
3. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik dan Manajemen Lingkungan Sekolah Vokasi Institut Pertanian Bogor.
4. Pembimbing lapang dan seluruh karyawan PT Pertamina Drilling Indonesia yang telah membimbing saya selama magang berlangsung dan membantu dalam proses pengumpulan data untuk tugas akhir.
5. Kedua orang tua dan seluruh keluarga atas segala dukungan moral, materil, dan doa yang selalu diberikan kepada penulis.
6. Teman-teman yang senantiasa memberikan doa, memberikan dukungan, motivasi, serta saran kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan akhir ini tidak lepas dari kekurangan dan kesalahan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan dalam penulisan selanjutnya. Akhir kata penulis berharap tulisan ini dapat berguna bagi penulis maupun semua pihak lain demi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2025

Realita Apriliana Putri



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pelelah Pisang	4
2.2 Kulit Jagung	5
2.3 <i>Pulp</i> Kertas	5
III METODE	6
3.1 Lokasi dan Waktu	6
3.2 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data	6
3.3 Rancangan Penelitian	9
3.4 Prosedur Kerja	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Perhitungan Potensi Pengurangan Limbah	14
4.2 Pengaruh Variasi Komposisi Penyusun Kertas terhadap Ketahanan Fisik <i>Paper Bag</i> dan Identifikasi Komposisi Terbaik untuk Uji Simulasi Beban	17
4.3 Biodegradabilitas	25
4.4 Analisa Nilai Ekonomi <i>Paper Bag</i>	29
V SIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Simpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	37



DAFTAR TABEL

1 Teknik pengumpulan data	6
2 Analisis data timbulan limbah pelelah pisang dan kulit jagung	7
3 Variasi komposisi pembuatan kertas	9
4 Parameter pengujian kualitas kertas	12
5 Metode pengujian biodegradabilitas kertas	13
6 Hasil perhitungan timbulan limbah	14
7 Hasil perhitungan nilai persentase pengurangan limbah	16
8 Hasil pengujian gramatur	17
9 Hasil pengujian kuat tarik kertas	20
10 Perbandingan nilai gramatur dan kuat tarik kertas	22
11 Hasil pengujian beban simulasi	24
12 Hasil pengujian biodegradabilitas kertas dikubur di tanah	26
13 Hasil pengujian biodegradabilitas kertas langsung di atas tanah	28
14 Biaya bahan baku pembuatan 100 buah <i>paper bag</i>	29
15 Biaya <i>overhead</i> pabrik (BOP)	30
16 Perhitungan harga pokok produksi (HPP) <i>paper bag</i>	31
17 Penentuan harga jual produk <i>paper bag</i>	31

DAFTAR GAMBAR

1 Diagram alir prosedur penelitian	10
2 Proses pembuatan kertas	11
3 Paper bag hasil	12
4 Alat pengujian	12
5 (a) Limbah pohon pisang (b) Limbah kulit jagung	15
6 Grafik karakteristik rata-rata gramatur kertas dari limbah pelelah pisang dan kulit jagung	19
7 Grafik karakteristik rata-rata ketahanan kuat tarik kertas dari limbah pelelah pisang dan kulit jagung	21
8 Grafik perbandingan nilai rata-rata gramatur dan kuat tarik kertas dari limbah pelelah pisang dan kulit jagung	23
9 Pengujian simulasi beban menggunakan alat sederhana	24
10 Grafik rata-rata uji biodegradabilitas kertas dari limbah pelelah pisang dan kulit jagung di tanah dengan cara dikubur	26
11 Grafik rata-rata uji biodegradabilitas kertas dari limbah pelelah pisang dan kulit jagung di tanah langsung di permukaan tanah	28



1 Dokumentasi pengambilan data	38
2 Perhitungan timbulan dan persentase pengurangan limbah pelepasan pisang dan kulit jagung di desa pitu ngawi	39
3 Hasil uji laboratorium gramatur dan kuat tarik kertas	43
4 Hasil uji <i>one way</i> ANOVA	45
5 Form pengujian beban simulasi	47
6 Dokumentasi pengujian biodegradabilitas secara dikubur di tanah	48
7 Dokumentasi pengujian biodegradabilitas secara langsung di atas tanah	49
8 Perhitungan harga produksi produk	50

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Pertamina Drilling Services Indonesia (PDSI) merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa pengeboran eksplorasi, eksplorasi, *workover* dan *well services* untuk minyak dan gas, panas bumi dan solusi pengeboran terintegrasi. Sebagai bentuk implementasi dari konsep tata kelola perusahaan yang baik (*Good Corporate Governance*) PT Pertamina Drilling Services Indonesia menerapkan program *Corporate Social Responsibility* (CSR) untuk mendukung pertumbuhan dan keberlanjutan (*sustainability*) perusahaan dengan pendekatan aspek sosial, pendidikan, ekonomi, lingkungan hidup, dan kesehatan.

Satu di antaranya program CSR yang sedang berjalan saat ini adalah “Pemberdayaan Masyarakat melalui Wanaternak dan Penanaman Pohon” yang berlokasi di Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Desa Pitu Kecamatan Pitu Kabupaten Ngawi. Program ini merupakan kegiatan penanaman pohon untuk mengoptimalkan fungsi lahan terhadap serapan karbon dengan tujuan *Net Zero Emission* serta pelestarian biodiversitas hutan dan peternakan terpadu. Tanaman yang ditanam dalam program ini adalah tanaman minyak kayu putih yang hasil panennya akan diolah menjadi produk minyak. Selama ini minyak kayu putih yang dihasilkan belum memiliki kemasan pembungkus sekunder sebagai media distribusi kepada konsumen.

Masyarakat sekitar lokasi program CSR ini berprofesi sebagai petani dan jenis tanaman yang ditanam adalah jagung. Tanaman jagung ini akan berpotensi menimbulkan limbah dalam jumlah cukup besar saat panen seperti limbah kulit jagung sehingga memerlukan pengelolaan lanjutan. Menurut Ginting tahun 2015 menyatakan bahwa 95 % sisa dari tanaman jagung masuk dalam kategori limbah yang tidak termanfaatkan baik berupa batang, daun, kulit maupun tongkol jagung. Selain itu, masyarakat juga menanam tanaman pisang yang juga menimbulkan limbah setelah panen seperti pelepasan pisang. Aktivitas pertanian dari pisang dapat menghasilkan banyak residu, karena setiap pohon hanya menghasilkan satu tandan, apabila sudah panen batang pisang akan dipotong dan ditinggal di permukaan tanah (Irwan *et al.* 2013). Hal ini berpotensi saat musim hujan menjadi tempat berkembang biak serangga dan sumber penyakit.

Limbah pertanian ini menjadi permasalahan tersendiri karena kegiatan pertanian akan terus berjalan tanpa menunggu limbah organik terdekomposisi. Limbah yang menumpuk ini akan membuat permasalahan lingkungan apabila tidak dilakukan pengolahan secara benar. Limbah pertanian memiliki sifat mudah terurai yang dapat menimbulkan bau kurang sedap dan mengganggu kenyamanan serta keindahan lingkungan (Saidah *et al.* 2024). Kandungan selulosa yang tinggi yaitu sebanyak 80 % pada pelepasan pisang menurut Bahri (2015) dan kulit jagung sebesar 36 % menurut Manasikana *et al.* (2019) cocok digunakan sebagai bahan alternatif pembuatan kertas. Kandungan selulosa yang tinggi ini akan membentuk *pulp* kertas dalam bentuk serat sehingga berpotensi sebagai bahan dasar kertas untuk bahan pembuatan *paper bag* seperti bahan dari kayu (Fitrah *et al.* 2020).

Limbah pertanian yang belum termanfaatkan secara optimal ini dapat dijadikan sebagai solusi bahan baku kertas untuk kemasan produk CSR tahun

1.2 Rumusan Masalah

Masyarakat di Desa Pitu Kecamatan Pitu Kabupaten Ngawi sebagian besar berprofesi sebagai petani dan salah satu jenis tanaman yang ditanam adalah pisang dan jagung yang berpotensi menimbulkan limbah berupa pelepas pisang dan kulit jagung saat panen. Limbah pelepas pisang dan kulit jagung yang tidak termanfaatkan ini memiliki potensi sebagai bahan baku untuk *paper bag* karena memiliki kandungan selulosa yang dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku kertas pengganti kayu (Bahri 2015). Kandungan selulosa pada pelepas pisang termasuk dalam kategori tinggi yaitu sebesar 83,3 % dan lignin sebesar 2,97 % menurut Bahri (2015) dan kulit jagung mengandung lignin 9,6 % dan 36 % selulosa menurut Manasikana *et al.* (2019). Kelebihan lain dari pelepas pisang dan kulit jagung ini adalah lebih mudah delignifikasi dan membutuhkan kondisi memasak lebih ringan serta lebih cepat dibandingkan dengan sumber serat kayu.

Pemanfaatan yang dilakukan ini memerlukan kajian lebih lanjut dengan menjawab beberapa rumusan masalah sebagai berikut sebagai berikut:

1. Berapa banyak timbulan limbah pelepas pisang dan kulit jagung yang tersedia dan pengurangan limbah menjadi produk *paper bag*?
2. Bagaimana hasil analisis pengaruh variasi komposisi penyusun berdasarkan uji gramatur dan uji tarik kertas terhadap ketahanan kertas dan menentukan komposisi terbaik *paper bag* untuk uji lanjut beban simulasi ?
3. Bagaimana tingkat biodegradabilitas kertas dengan tiga variasi komposisi yang berbeda sesuai hasil pengamatan?
4. Bagaimana rumusan nilai ekonomi pemanfaatan limbah pelepas pisang dan kulit jagung menjadi *paper bag*?

1.3 Tujuan

1. Menghitung potensi timbulan limbah pelepas pisang dan kulit jagung dan pengurangan limbah dalam proses pengolahan limbah menjadi *paper bag*.
2. Menganalisis pengaruh variasi komposisi penyusun berdasarkan uji gramatur dan uji tarik kertas terhadap ketahanan kertas dan menentukan komposisi terbaik *paper bag* untuk uji lanjut beban simulasi.
Menganalisis tingkat biodegradabilitas kertas dengan tiga variasi komposisi yang berbeda sesuai hasil pengamatan.
3. Menentukan nilai ekonomi pemanfaatan limbah pelepas pisang dan kulit jagung menjadi *paper bag*.

1.4 Manfaat

Penelitian ini memiliki manfaat bagi beberapa pihak yang berkaitan langsung maupun tidak langsung yaitu sebagai berikut:

1. Bagi masyarakat, penelitian diharapkan dapat memberikan solusi mengenai menumpuknya limbah organik yang membutuhkan waktu lama untuk terdekomposisi secara alami karena telah dilakukannya pengolahan limbah menjadi produk lain yang dapat bermanfaat bagi masyarakat. Pemanfaatan limbah menjadi *paper bag* juga diharapkan dapat menjadi alternatif lain pengganti kantong plastik bagi masyarakat dan diharapkan agar masyarakat dapat memanfaatkan hasil alam dengan baik sebagai sarana perbaikan lingkungan.
2. Bagi penulis, penelitian diharapkan mampu menjadi sumber dan menambah pengetahuan serta pengalaman baru mengenai pemanfaatan pelepas pisang dan kulit jagung sebagai inovasi baru dalam bahan baku pembuatan *paper bag* yang dapat berpotensi menjadi peluang yang lebih ekonomis. Penelitian juga digunakan sebagai sarana menerapkan ilmu dan mengembangkan potensi diri.
3. Bagi pembaca, penelitian diharapkan dapat menambah pengetahuan dan ilmu baru mengenai pemanfaatan pelepas pisang dan kulit jagung sebagai bahan dasar pembuatan *paper bag* yang lebih ekonomis dan dapat dibuat dengan mudah serta dapat dijadikan salah satu referensi untuk penelitian selanjutnya tentang pemanfaatan pelepas pisang dan kulit jagung





2.1 Pelepas Pisang

Pisang kepok memiliki kulit yang sangat tebal dengan warna kuning kehijauan dan kadang bernoda coklat, serta daging buahnya manis. Ukuran buahnya kecil, panjangnya 10-12 cm dan beratnya 80-120 g. Pisang kepok memiliki warna daging buah putih dan kuning (Nurmin *et al.* 2018). Berdasarkan klasifikasi taksonomi pisang kepok termasuk ke dalam family Musaceae yang berasal dari India Selatan. Klasifikasi pisang kepok (Tjitrosoepomo 2001), adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Division : Magnoliophyta
Class : Liliopsida
Ordo : Zingiberales
Family : Musaceae
Genus : *Musa*
Spesies : *Musa paradisiaca* L

Banyaknya manfaat tanaman pisang mulai dari buah yang sering dikonsumsi masyarakat dan bagian tanaman pisang yang lain, yaitu jantung, batang, kulit buah, dan bonggol pisang. Memiliki sifat yang hanya sekali berbuah membuat pohon pisang yang sudah berbuah akan segera mati setelah panen dan biasanya bagian-bagian pohon pisang seperti daun, jantung pisang dan khususnya pelepas pisang kurang dimanfaatkan. Pelepas pisang (*Musa paradisiaca*) sendiri merupakan salah satu bagian dari batang pisang yang umumnya dibuang dan dibakar dan berakibat menimbulkan penumpukan sampah.

Pelepas pisang biasanya berbentuk kumpulan pelepas yang berdiri tegak dan memiliki serat putih yang sangat kuat sehingga tidak diperlukan pemutihan. Pelepas pisang ini dapat diproduksi setebal 20 gsm dan bagian batang pelepas pisang terdiri dari 2 lapisan yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan berbagai macam produk. Bagian ini juga memiliki sifat lapisan luar berstruktur kasar, kekuatan basah tinggi, sifat *barrier*, dan tidak mudah terbakar karena kandungan air yang banyak. Lapisan dalam pelepas pisang memiliki sifat yang sama namun berstruktur serat dan lebih halus sedikit. Memiliki sifat jaringan selular dengan poropori yang saling berkaitan membuat perubahan bentuk padat apabila ketika dilakukan proses pengeringan (Ridwan *et al.* 2022).

Pelepas pisang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku kertas karena memiliki kandungan selulosa yang dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku kertas pengganti kayu (Bahri 2015). Kandungan selulosa pada pelepas pisang termasuk dalam kategori tinggi yaitu sebesar 83,3 % dan lignin sebesar 2,97 % (Dewi *et al.* 2014). Sesuai dengan penelitian yang dilakukan Ridwan *et al.* (2022) oleh bahwa pelepas pisang yaitu memiliki kandungan selulosa 63-64 %, hemiselulosa 20 %, lignin 5 %, dan kadar air 9-11 %. Kelebihan lain dari pelepas pisang ini adalah lebih mudah delignifikasi dan membutuhkan kondisi memasak lebih ringan serta lebih cepat dibandingkan dengan sumber serat kayu.



2.2 Kulit Jagung

Di Indonesia jagung menjadi salah satu komoditas utama tanaman pangan karena mempunyai fungsi multiguna yang dapat dikonsumsi langsung atau sebagai bahan baku industri pakan maupun pangan. Mudahnya tanaman jagung tumbuh membuat tanaman ini penting dalam strategis dalam pembangunan pertanian dan perekonomian. Tanaman jagung (*Zea Mays*) merupakan jenis tanaman golongan biji-bijian dengan family rumput-rumputan (*Graminiae*) (Fikri dan Murni 2022).

Tanaman jagung sendiri terdiri dari batang, daun, bonggol, kulit, bunga dan biji jagung sendiri. Kulit jagung atau yang sering disebut klobot merupakan bagian tanaman paling luar yang melindungi biji jagung. Struktur morfologi klobot atau kulit jagung memiliki sendiri yaitu permukaan yang kasar dan berwarna hijau muda sampai hijau tua pada saat pohon muda dan warna coklat saat tanaman sudah masuk massa panen (Manasikana *et al.* 2019). Rata-rata kulit jagung dalam satu tongkol berjumlah 12-15 lembar (Fagbemigun *et al.* 2014).

Kandungan serat selulosa yang tinggi membuat kulit jagung dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kertas. Menurut Fagbemigun *et al.* (2014) kulit jagung memiliki komposisi kimia meliputi 15 % lignin; 5,09 % abu; 4,57 % alkohol sikloheksana; dan 44,08 % selulosa. Sesuai dengan Manasikana *et al.* (2019) bahwa kulit jagung mengandung lignin 9,6 %; 1,5 % abu; 41 % alkohol sikloheksana; dan 36 % selulosa.

2.3 Pulp Kertas

Kertas merupakan salah satu barang yang berwujud lembaran dengan bahan dasar kayu. Penggunaan kertas oleh masyarakat seperti membungkus, kerajinan, dan sebagainya dan jenis kertas sendiri meliputi kertas HVS, kertas buram, kertas buffalo, kertas tisu, kertas minyak, dan kertas seni (*art paper*) (Apriani *et al.* 2020). Pembuatan kertas berasal dari proses kompresi serat *pulp* yang telah mengalami proses pengeringan dan melalui proses penambahan bahan sebagai perekat yang mengandung selulosa dan hemiselulosa (Ayunda *et al.* 2013).

Pulp dihasilkan dari pemisahan serat yang berbahan dasar bahan berserat seperti dari bahan kayu, non kayu. Bentuknya sendiri berupa benda setengah cair hingga setengah padat tergantung kebutuhan dalam kondisi cair *pulp* akan berbentuk seperti bubur dengan bahan baku yang terkandung *pulp* yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Ridwan *et al.* 2022).

Bahan baku yang digunakan dalam *pulp* memiliki syarat yaitu harus (1) berserat karena panjang serat yang akan berpengaruh pada kekuatan kertas dan setiap fungsi kertas memiliki panjang serat yang berbeda. (2) Kadar alpha selulosa yang berperan dalam pembentukan struktur kertas dengan komposisi kandungan lebih dari 40 %. (3) kadar lignin kurang dari 16 % karena semakin tinggi lignin akan berpengaruh kurang baik dalam kualitas warna kertas. (4) Kadar air maksimal 10 % dan kadar abu akan menyebabkan menurunnya kualitas *pulp* (Nur Aisyah *et al.* 2021).



3.1 Lokasi dan Waktu

Lokasi penelitian untuk pengambilan data timbulan limbah pelelah pisang dan kulit jagung serta bahan baku *paper bag* adalah di Desa Pitu, Kecamatan Pitu, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur. Pembuatan kertas untuk bahan baku *paper bag* dilakukan di Jl. Citanduy, Tegal Gundil, Kecamatan Bogor Utara, Kota Bogor, Jawa Barat. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium PT. Interstisi Material Maju di Jalan Rawajaha, Situgede, Kecamatan Bogor Barat, Kota Bogor, Jawa Barat pada bulan April sampai dengan Juni 2025.

3.2 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data

3.2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data yang diperlukan untuk penelitian serta sumber yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan. Data yang akan digunakan pada penelitian ini meliputi data primer dan sekunder (Tabel 1).

Tabel 1 Teknik pengumpulan data

No	Jenis data	Sumber data	Metode pengumpulan	Keterangan / contoh data
1.	Data primer	Data langsung dari hasil wawancara	Wawancara	Luas lahan Jumlah tanaman pisang Timbulan pelelah pisang satu pohon Timbulan limbah kulit jagung
		Data langsung dari Hasil Eksperimen	Observasi Eksperimental	Gramatur Kuat Tarik Uji beban simulasi Biodegradabilitas
		Hasil Perhitungan Nilai Ekonomi	<i>Variable costing</i>	Harga produksi produk Harga jual produk
2.	Data sekunder	Data dari regulasi dan penelitian terdahulu	Studi pustaka (buku, jurnal, karya ilmiah)	Mendukung data primer dan memperkuat landasan teori penelitian



3.2.2 Analisis Data

a. Metode Wawancara

Data yang diperoleh dari hasil wawancara dihitung menggunakan rumus sesuai Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2 Analisis data timbulan limbah pelelah pisang dan kulit jagung

Jenis data	Perhitungan	Referensi literatur
Timbulan limbah pelelah pisang	<ol style="list-style-type: none"> Produksi limbah segar pelelah pisang = $JB \times \text{Berat pelelah basah 1 pohon}$ Keterangan : JB : Jumlah pohon pisang (batang) Berat satu pelelah pisang: 1,2 kg Jumlah pelelah pisang satu pohon: 10 pelelah pisang Produksi limbah pelelah pisang kering = $\text{Limbah basah} \times 10\%$ Keterangan: LB : Timbulan limbah pelelah pisang segar Persentase pengurangan kadar air : 90 % Timbulan limbah = $\frac{\text{Satuan timbulan limbah (kg/ha/panen)}}{\text{Luas lahan (ha)}}$ 	(Kaswari 2015)
Timbulan limbah kulit jagung	<ol style="list-style-type: none"> Produksi setiap hektar: $\frac{1 \text{ ha area}}{\text{sampel area}} \times \text{produksi setiap ubin}$ Timbulan limbah kulit jagung kering = $\text{Limbah basah} \times 10\%$ Keterangan: LB : Timbulan limbah pelelah pisang segar Persentase pengurangan kadar air: 90 %. 	(Achadri <i>et al.</i> 2021)
Persentase pengurangan limbah	<ol style="list-style-type: none"> Maksimal lembar kertas yang dapat dibuat = $\frac{\text{Total pulp yang dihasilkan}}{\text{Komposisi penggunaan pulp}}$ Pengurangan limbah = $\frac{\text{Jumlah limbah yang digunakan}}{\text{Jumlah total limbah}} \times 100$ 	(Saputra dan Fauzi 2022)



Awal dari penelitian ini dilakukan wawancara kepada masyarakat terkait jumlah tanaman pisang dalam lahan serta luas lahan yang ditanami pisang dan jagung. Pertanyaan wawancara berupa :

1. Berapa luas lahan Bapak/Ibu yang tanami jagung?
2. Berapa luas lahan Bapak/Ibu yang tanami pisang?
3. Berapa total pohon pisang yang ada pada lahan tersebut?

Data yang diperoleh dari hasil wawancara ini kemudian dilakukan perhitungan awal untuk mendapatkan timbulan limbah pelepasan pisang dengan menimbang berat pelepasan pisang satu pohon untuk perwakilan berat seluruh pohon yang dihitung menggunakan rumus pada Tabel 2 dan untuk mendapatkan data timbulan kulit jagung dilakukan dengan menentukan lokasi pengambilan sampel menggunakan *metode simple random* karena data yang diambil homogen. Pengambilan sampel dilakukan saat musim panen dengan menggunakan teknik bujur sangkar 3m x 3m sebanyak 5 blok untuk mewakili data timbulan limbah 1 ha.

b. Observasi Eksperimental

Data yang diperoleh adalah hasil dari analisis secara kuantitatif kemudian diuraikan secara deskriptif dengan menggunakan diagram, tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh komposisi pembuatan *paper bag* terhadap kualitas. Kemudian dilakukan analisis data ANOVA dengan bantuan aplikasi SPSS dan dilakukan uji lanjutan berupa uji Tukey untuk mengetahui apakah perbedaan variasi komposisi mempengaruhi nilai gramatur, kuat tarik, dan biodegradabilitas.

1. Uji ANOVA

Uji ANOVA yang digunakan yaitu uji *one way* ANOVA dengan menggunakan aplikasi SPSS, dengan hipotesis sebagai berikut:

H_0 = Kelompok memiliki rata-rata nilai yang sama

H_1 = Kelompok memiliki rata-rata nilai yang berbeda

Dasar keputusan uji ANOVA menggunakan taraf Signifikansi (α) : 0,05 yaitu:

- H_0 = jika nilai $Sig > 0,05$, maka H_0 diterima rata-rata sama atau tidak ada perbedaan secara signifikan.
- H_1 = jika nilai $Sig < 0,05$, maka H_0 ditolak rata-rata berbeda atau ada perbedaan secara signifikan.

Jika hasil analisis data dengan menggunakan uji ANOVA satu arah didapatkan hasil adanya perbedaan nyata dari perbedaan komposisi terhadap kualitas kertas maka untuk mengetahui dimana perbedaan signifikan terjadi perlu dilakukan uji lanjutan yaitu berupa uji Tukey dengan taraf signifikansi (α) : 0,05.

2. Uji Tukey

Selanjutnya, dilakukan uji Tukey atau disebut uji beda nyata jujur. Uji Tukey digunakan untuk membandingkan seluruh pasangan rata-rata perlakuan setelah uji analisis ANOVA dilakukan. Pengujian dengan uji Tukey dilakukan dengan cara membandingkan data dua kelompok sampel yang jumlahnya sama, dengan taraf 5 %. Uji Tukey akan menunjukkan di mana perbedaan tersebut terjadi, apakah antara dua atau lebih kelompok yang digunakan sebagai petunjuk rekomendasi dan kesimpulan spesifik berdasarkan hasil penelitian.

c. Penentuan Nilai Ekonomi Produk

Metode yang digunakan dalam perhitungan nilai harga produksi produk (HPP) menggunakan metode *variabel costing* dimana menghitung biaya yang terlibat langsung saat proses produksi berupa biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, dan biaya *overhead* pabrik. Nilai HPP yang diperoleh ini kemudian dihitung berapa harga jual dengan margin sebesar 35 %.

3.3 Rancangan Penelitian

Pembuatan kertas untuk *paper bag* menggunakan rancangan acak lengkap dengan tiga sampel dan tiga ulangan seperti ditampilkan pada Tabel 3. Perlakuan yang diberikan pada sampel adalah berupa perbedaan variasi komposisi penyusun kertas. Perbedaan ini digunakan untuk mengetahui pengaruh perbedaan komposisi terhadap karakteristik ketahanan kertas berupa gramatur dan tarik kertas yang dihasilkan serta seberapa cepat kertas terdegradasi oleh tanah.

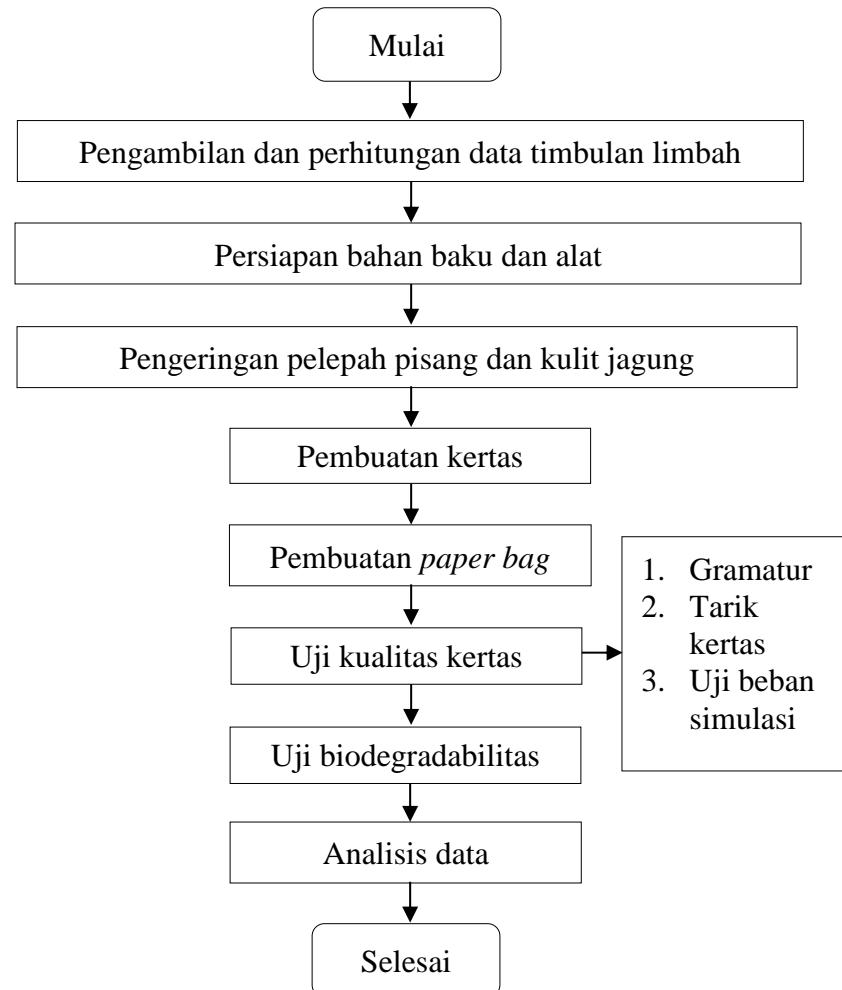
Tabel 3 Variasi komposisi pembuatan kertas

Perlakuan	Pelepah Pisang (%)	Kulit Jagung (%)
A1.1	50	50
A1.2	50	50
A1.3	50	50
A2.1	75	25
A2.2	75	25
A2.3	75	25
A3.1	25	75
A3.2	25	75
A3.3	25	75



3.4 Prosedur Kerja

Prosedur kerja yang dilakukan pada penelitian ini secara skematik disajikan pada diagram alir di Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1 Diagram alir prosedur penelitian

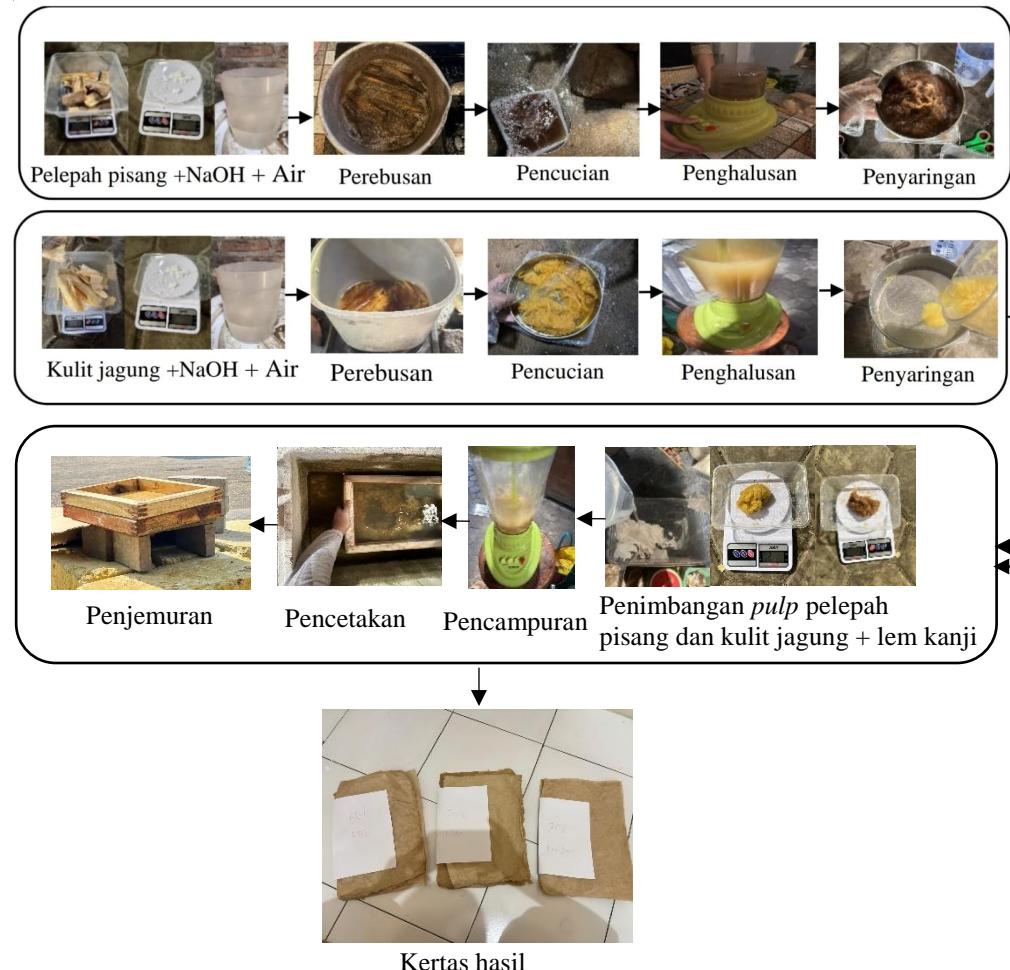
3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah pH meter, blender, alat pencetak kertas yang terbuat dari kayu, pisau, gunting, alat untuk merebus (panci), saringan, ember kotak, dan meja landasan. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu NaOH (soda api), tepung tapioka (kanji), air, pelelah pisang, dan kulit jagung.

3.4.2 Pembuatan Kertas

Tahapan pengolahan *paper bag* ini dimulai dengan pembuatan kertas dari pelelah pisang dan kulit jagung menggunakan proses soda. Proses soda adalah pengolahan dengan menggunakan metode proses basa dengan memanfaatkan NaOH untuk melarutkan lignin saat proses pembuburan (*pulping*) agar proses pemisahan dan pemutusan serat berjalan cepat. Langkah pertama dalam pembuatan kertas ini adalah melakukan pengeringan bahan baku sampai

pengurangan kadar air 90 % dan dilanjut dengan pembuatan kertas seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Proses pembuatan kertas

Penimbangan pelelah pisang dan kulit jagung yang digunakan dan penimbangan NaOH/soda api sebesar 20 % dari berat limbah kering yang digunakan, setelah ditimbang masing-masing limbah dimasukkan ke dalam panci yang berbeda dan ditambahkan NaOH yang telah ditimbang serta air lalu diaduk. Setelah homogen dilakukan perebusan selama 120 menit dengan api kecil. Kemudian dilanjutkan dengan pencucian menggunakan air mengalir hingga pH netral. Proses penghalusan menggunakan blender hingga menghasilkan serat yang terlihat halus. Serat yang telah halus kemudian disaring dan ditimbang berdasarkan perbandingan sesuai Tabel 3 dan ditambahkan dengan lem kanji dengan perbandingan 1:10 untuk lem kanji dan serat. Kemudian dicampur menggunakan blender hingga merata lalu dicetak dan dikeringkan. Pembuatan lem kanji menggunakan campuran air dan tepung kanji dengan perbandingan 4:1 (Karyati *et al.* (2013). Prosedur pembuatan kertas ini berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fitrah *et al.* (2019).

Setelah kering akan terbentuk lembaran kertas yang siap dijadikan *paper bag*. Proses pengeringan ini dipengaruhi oleh cuaca apabila musim hujan kertas akan cenderung lebih lama untuk kering. Pembentukan menjadi *paper bag*

dilakukan menggunakan teknik origami sederhana dengan hasil akhir seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Paper bag hasil

3.4.3 Pengujian Kualitas Kertas

Pengujian kertas ini akan dilakukan pengujian dengan landasan *American Standard Testing and Material* (ASTM) dan berdasarkan penelitian Galingging dan Peggy (2023) untuk pengujian simulasi beban. Parameter yang diuji hanya fokus pada karakteristik ketahanan kertas yang dibuat yaitu, gramatur, kuat tarik, dan beban simulasi untuk komposisi terbaik berdasarkan uji gramatur dan kuat tarik. Penjelasan pengujian sebagai berikut.

Tabel 4 Parameter pengujian kualitas kertas

Pengujian	Perhitungan	Standar	Rentang referensi literatur
Gramatur kertas (Mufridayati 2013)	Gramatur = Massa (g)/ Luas (m^2)	ASTM D646	SNI 8218:2024 (Badan Standarisasi Nasional)
Kuat tarik kertas (Pratama 2024)	Stres atau tegangan = Beban Gaya (N) / Luas Penampang (m^2)	ASTM D828	(Burdah <i>et al.</i> 2025) (Manasikana <i>et al.</i> 2019)
Pengujian beban simulasi	Mengisi paper bag kualitas terbaik dengan beban simulasi dan dibawa selama 8 jam. Jika tetap kuat, muatan ditambah dan dibawa kembali selama 8 jam, hingga terjadi kerusakan atau robek dengan alat yang terbuat dari kayu dengan tinggi 60 cm (Gambar 4).	(Galingging dan Peggy 2023)	(Galingging dan Peggy 2023)



Gambar 4 Alat pengujian



3.4.4 Uji Biodegradabilitas Kertas

Uji biodegradabilitas dilakukan mengacu pada Maytana (2019) dengan menggunakan dua perlakuan, yaitu penguburan di tanah dan langsung diletakkan di atas tanah untuk menguji seberapa efektif kertas dapat terdegradasi di tanah dengan perlakuan sesuai Tabel 5.

Tabel 5 Metode pengujian biodegradabilitas kertas

Metode	Perlakuan	Keterangan
<i>Soil burial test</i> (Penguburan di tanah)	Menggunakan media tanah sebagai media untuk pengamatan dengan bantuan penambahan larutan EM4, tetes tebu dan air dengan perbandingan (1:1:50) yang didiamkan selama 24 jam. Tanah dan larutan yang dibuat kemudian dicampur dan didiamkan selama 1 hari.	Pengujian dilakukan mengacu pada SNI 7818:2014 tentang kantong biodegradabilitas dengan menggunakan bantuan EM4 dalam pengujian ini memerlukan tanah yang terkondisikan untuk membantu proses terdegradasinya kertas. EM 4 sebagai agen starter untuk mengaktifkan mikroorganisme di dalam tanah dan molase digunakan sebagai sumber karbon dan energi untuk mikroorganisme (Maytana 2019).
Langsung di atas tanah (sebagai data pendukung)	Tanpa menggunakan bantuan EM4 sebagai tanggapan apabila kertas langsung dibuang di tanah.	Sebagai pembanding untuk proses biodegradabilitas kertas apabila dibuang langsung ke tanah tanpa perlakuan apapun (Lidya <i>et al.</i> 2023).

Biodegradabilitas dihitung dari besar pengurangan massa dari sampel setelah ditimbun dalam medium tanah selama waktu tertentu. Pengujian dilakukan selama 4 minggu dan pengambilan data dilakukan setiap 7 hari di mana dilakukan pengukuran pada panjang kertas (Maytana 2019).



4.1 Perhitungan Potensi Pengurangan Limbah

Pemanfaatan limbah pertanian menjadi bahan baku pembuatan produk ramah lingkungan dapat menjadi solusi inovasi yang berpotensi menggantikan penggunaan kantong kertas berbahan dasar kayu. Pada awal penelitian ini dilakukan identifikasi dan analisis terhadap jumlah timbulan limbah yang dihasilkan dari kegiatan pertanian dengan jenis tanaman yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat sekitar program CSR yaitu pisang dan jagung. Selanjutnya limbah yang terkumpul ini diolah menjadi produk kantong kertas untuk mengetahui tingkat pengurangan limbah dalam kontribusinya dalam mengurangi timbulan limbah di lapangan.

4.1.1 Timbulan Limbah Pelelah Pisang dan Kulit Jagung

Timbulan limbah didefinisikan sebagai jumlah sampah yang ditimbulkan dari suatu kegiatan masyarakat dalam satuan volume maupun berat per kapita per hari, atau per luas bangunan atau perpanjang jalan (Aulia dan Hadju 2024). Data timbulan diperoleh dari hasil wawancara dengan petani dan penimbangan secara langsung di lapangan kulit jagung dan pelelah pisang, tepatnya di Desa Pitu, Ngawi, yang menjadi wilayah pelaksanaan program CSR. Limbah pelelah pisang dan kulit jagung ditimbang limbah secara langsung menggunakan timbangan untuk memperoleh data berat limbah segar dan dilakukan pengeringan sampai kadar air sekitar 10 %. Persentase pengurangan kadar air ini diukur dengan menimbang berat akhir limbah setelah dilakukan pengeringan. Data limbah kering yang diperoleh dihitung menggunakan rumus timbulan yaitu timbulan sampah (kg/ha/panen) dibagi dengan luas lahan dalam skala hektar (ha) (Lampiran 2) dengan data hasil perhitungan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil perhitungan timbulan limbah

No	Komponen	Nilai (kg/ha/panen)
1	Total limbah pelelah pisang yang dihasilkan	120
2	Total limbah kulit jagung yang dihasilkan	184,4

Sumber: data primer hasil perhitungan

Data total timbulan limbah pelelah pisang pada Tabel 6 didapat dari hasil perhitungan asumsi dengan berat satu pelelah pisang 1,2 kg untuk ukuran pisang sedang dan setiap pohon rata-rata memiliki 10 pelelah, memperoleh satu pohon pisang berukuran sedang menghasilkan limbah pelelah pisang sebanyak 12 kg. Jumlah tanaman pisang pada lahan 5 hektar sekitar 500 pohon dengan ukuran sedang. Data ini digunakan untuk perhitungan timbulan limbah basah pelelah pisang dengan total 6000 kg dan dikeringkan sampai kadar air sekitar 10 % yang kemudian dibagi dengan luas lahan total untuk mendapatkan data timbulan limbah 1 hektar dengan hasil 120 kg/panen/ha (Tabel 6). Masyarakat cenderung hanya mengambil hasil panen berupa buahnya dan tidak dilakukan pemanfaatan limbah dari pohon pisang ini (Gambar 5). Pohon pisang memiliki sifat satu pohon hanya mengalami produktivitas satu kali menjadi pemicu banyaknya

timbulan limbah yang ada. Sesuai dengan penjelasan Alzate A *et al.* (2021) bahwa pohon pisang memiliki limbah sebesar 70 % dengan komposisi limbah pisang terbesar adalah batang pisang sebesar 60 %, dan sisanya 10% daun dari total produksi.

Timbulan limbah kulit jagung diperoleh dari penimbangan secara langsung menggunakan metode *metode simple random*. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan total lahan yang ditanami jagung adalah 2 hektar. Hasil penimbangan limbah kulit jagung pada setiap titik sampel diperoleh rata-rata berat limbah kulit jagung 1,66 kg limbah basah dengan total titik sampel 5 dalam 1 hektar dan dikeringkan sampai kadar air 10 % memperoleh angka sebesar 184,4 kg/ha/panen (Tabel 6). Menurut Ginting (2015) hasil panen tanaman jagung dalam bidang pangan hanya dimanfaatkan berupa bulir jagung dan sisanya masuk kedalam kategori limbah alami yaitu batang, daun, kulit dan tongkol jagung.



Gambar 5 (a) Limbah pohon pisang (b) Limbah kulit jagung yang dibakar

Banyaknya timbulan limbah pelepasan pisang dan kulit jagung yang dihasilkan (Tabel 6) mencerminkan bahwa jumlah tersebut merupakan timbulan limbah yang dihasilkan saat masa panen berlangsung. Limbah pelepasan pisang dan kulit jagung (klobot) pada lahan ini belum ada pemanfaatan dari petani, dan dibuang begitu saja. Berdasarkan hasil pengamatan langsung di lapangan limbah yang ditimbulkan ini cenderung dibiarkan menumpuk dan dibakar (Gambar 5). Pembakaran ini dapat menimbulkan permasalahan baru yaitu polusi dan pencemaran lingkungan (Sari *et al.* 2024).

Estimasi timbulan total limbah yang dapat dihasilkan dari sekali panen dalam skala lahan (Tabel 6) digunakan sebagai dasar memperkirakan timbulan limbah yang ada di lapangan. Data timbulan limbah ini penting untuk dilakukan analisa agar diperoleh gambaran mengenai rentang nilai potensi limbah yang dapat diolah lebih lanjut. Identifikasi nilai ini juga dapat digunakan sebagai dasar perancangan pengelolaan limbah yang mungkin dikebangkitkan (Mulyani *et al.* 2023). Nilai timbulan limbah pada Tabel 6 mengindikasikan bahwa adanya bahan baku untuk pembuatan kertas *paper bag* yang berkelanjutan berupa limbah pelepasan pisang dan kulit jagung. Mengingat banyaknya tumbuhan pisang dan masa panen yang lebih singkat sekitar 8 bulan menurut Fuadi *et al.* (2024) serta tanaman jagung yang dapat panen setiap 3 bulan sekali (Komariyah *et al.* 2020).

4.1.2 Persentase Pengurangan Limbah menjadi Produk Paper Bag

Nilai timbulan di atas menjadi dasar penentuan seberapa besar limbah yang dapat direduksi sehingga memperoleh nilai pengurangan limbah melalui pemanfaatan menjadi kertas untuk *paper bag*. Pemanfaatan limbah kulit jagung dan pelelah pisang menjadi *paper bag* dengan ukuran kertas A4 (21 x 29,7 cm) dalam satu lembarnya membutuhkan 100 g *pulp* setiap sampel. Dalam pembuatan bahan baku *pulp* kulit jagung 65 g membutuhkan berat kering kulit jagung 20 g berat kering dari kulit jagung dengan rasio pengolahan 3,25. Berat *pulp* yang dihasilkan dari 20 g pelelah pisang menghasilkan 130 g *pulp* menghasilkan rasio pengolahan 6,5. Total timbulan limbah kering pelelah pisang 120 kg menghasilkan *pulp* sebanyak 780 kg sedangkan kulit jagung 184,4 kg menghasilkan *pulp* sebanyak 599,3 kg.

Tabel 7 Hasil perhitungan nilai persentase pengurangan limbah

Komposisi Pulp		Limbah Kering Digunakan (kg)	Pulp (kg)	Persentase Pengurangan Limbah
Kode	%			
A1	50	92,2	599,3	77 %
	50	184,4	599,3	100 %
A2	75	120	780	100 %
	25	80	260	43%
A3	25	30	199,7	26 %
	75	184,4	599,3	100 %

Sumber: data primer hasil perhitungan

Keterangan: A1 = 50 % pelelah pisang dan 50 % kulit jagung; A2 = 75 % pelelah pisang dan 25 % kulit jagung; A3 = 25 % pelelah pisang dan 75 % kulit jagung.

Berdasarkan hasil perhitungan (Lampiran 2) yang dilakukan menghasilkan data sesuai Tabel 7. Diketahui bahwa komposisi kertas di atas memberikan pengaruh terhadap nilai limbah yang dapat terolah dan persentase pengurangan sesuai Tabel 7. Nilai pengurang akan meningkat dan menurun seiring dengan banyaknya pulp yang digunakan. Penentuan komposisi akan berpengaruh pada seberapa besar limbah yang dapat tereduksi.

Rendahnya nilai efektivitas pengolahan dari komposisi A3 (25% pelelah pisang dan 75% kulit jagung) karena komposisi paling banyak tersusun oleh kulit jagung yang menghasilkan pulp cenderung lebih sedikit daripada pelelah pisang. Sesuai dengan penelitian Manasikana (2019) kulit jagung memiliki struktur serat yang lebih pendek dan komposisi lignin serta selulosa lebih rendah sehingga membuat pulp yang dihasilkan lebih sedikit. Hal ini juga menjadi alasan mengapa pada setiap komposisi pembuatan kertas timbulan kulit jagung dapat diolah lebih banyak.

Timbulan limbah yang dapat direduksi paling banyak adalah A1 (50% pelelah pisang dan 50% kulit jagung) karena pelelah pisang cenderung menghasilkan pulp lebih banyak dari pada kulit jagung. Menurut Apriani et al. (2020), pelelah pisang memiliki kandungan lignin dan selulosa yang cukup tinggi, yang membuat pulp yang dihasilkan juga lebih banyak. Komposisi seimbang ini akan membuat penggunaan pelelah pisang dan kulit jagung sama sehingga membuat efektivitas pengolahan menjadi tinggi.

Banyaknya limbah yang dapat teroleh pada komposisi A1 (50% pelepas pisang dan 50% kulit jagung) menjadi komposisi paling efektif karena mampu mengolah limbah lebih banyak daripada komposisi lainnya. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Fitrah et al. (2022), pemanfaatan limbah pertanian seperti pelepas pisang dan limbah organik lainnya menjadi produk kertas untuk pembuatan *paper bag* dapat memberi nilai tambah bagi produk dan berkontribusi dalam pengurangan volume limbah organik khususnya pertanian. Pemanfaatan limbah kulit jagung dan pelepas pisang dapat mengurangi timbulan limbah dalam pengaplikasian secara luas dan berkelanjutan akan membuat potensi reduksi limbah organik menjadi signifikan.

4.2 Pengaruh Variasi Komposisi Penyusun Kertas terhadap Ketahanan Fisik *Paper Bag* dan Identifikasi Komposisi Terbaik untuk Uji Simulasi Beban

Pemanfaatan limbah pelepas pisang dan kulit jagung menjadi produk kertas yang nantinya akan digunakan sebagai *paper bag* perlu dilakukan pengujian terkait ketahanan fisik *paper bag*. Ketahanan *paper bag* yang diuji hanya fokus pada kekuatan dari *paper bag* yaitu gramatur dan kuat tarik kertas. Hasil pengujian paling efektif dilakukan dengan pengujian lanjutan berupa simulasi beban pada *paper bag*. Pengujian gramatur dan uji tarik ini dilakukan dengan menguji seluruh sampel yang dibuat yaitu tiga sample dengan tiga kali ulangan.

4.2.1 Gramatur

Gramatur merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui nilai massa kertas per satuan luas. Tujuan pengukuran gramatur untuk menjamin bahwa kertas yang digunakan sebagai *paper bag* layak digunakan dalam segi ketebalan dan kekuatan fisik kertas. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM D646 tentang *Standard Test Method for Grammage of Paper and Paperboard* dengan satuan gram per meter persegi atau gram per square meter (gsm).

Tabel 8 Hasil pengujian gramatur

Sampel		Gramatur			Interpretasi	Parameter
Pelepas pisang (%)	Kulit jagung (%)	g/m ²	Rata-rata (g/m ²)			
50	50	68,75				SNI 8218:2024 tentang Kertas dan Karton Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kemasan Primer untuk Pangan
50	50	101,56	78,12	Memenuhi		kategori kertas gramatur rendah dengan nilai < 220 g/m ² .
50	50	64,06				
75	25	132,81				
75	25	118,75	117,19	Memenuhi		
75	25	100,00				
25	75	88,89				
25	75	88,89	73,15	Memenuhi		
25	75	41,64				

Sumber: data primer hasil pengujian menggunakan ASTM D646

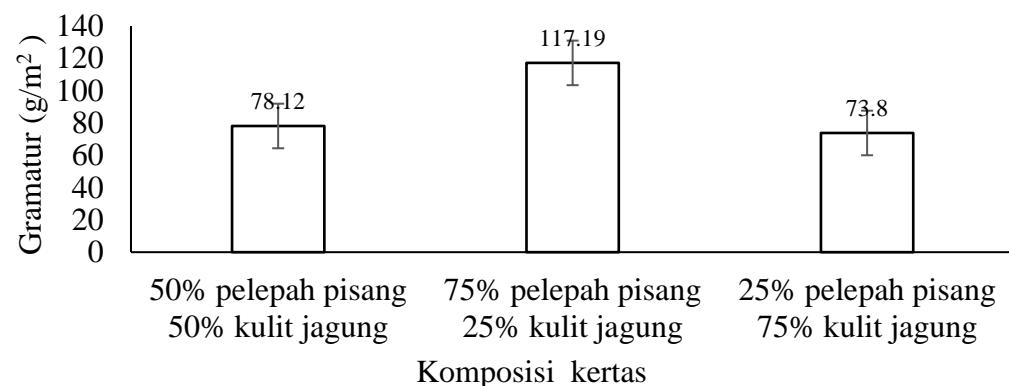
Variasi komposisi dalam pembuatan kertas sebagai bahan untuk *paper bag* memberi pengaruh terhadap nilai gramatur. Tabel 8 menunjukkan nilai hasil pengujian gramatur pada setiap perlakuan dan ulangan memiliki variasi nilai yang berbeda. Perbedaan nilai yang dihasilkan ini dapat dikaitkan dengan perbedaan massa pada masing-masing komponen penyusun kertas dan karakteristik fisik dari masing-masing bahan penyusun, dan dalam penelitian ini menggunakan pelelah pisang dan kulit jagung. Kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada setiap komponen juga menjadi pengaruh terhadap nilai gramatur yang dihasilkan. Tingginya kandungan selulosa pada bahan penyusun kertas berkontribusi terhadap pembentukan struktur serat yang lebih padat dan kuat, sehingga berdampak pada peningkatan nilai gramatur (Manasikana, 2019).

Berdasarkan Tabel 8 nilai gramatur paling tinggi rata-rata dari komposisi penyusun 75 % pelelah pisang dan 25 % kulit jagung berdasarkan nilai rata-rata yang diperoleh. Menandakan bahwa dominasi pelelah pisang dalam komposisi memberi pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan massa kertas per satuan luas. Tingginya kandungan serat selulosa pada pelelah pisang dan serta struktur seratnya yang panjang serta kokoh, akan membuat lembaran kertas yang terbentuk lebih padat dan berat saat dikeringkan (Apriani *et al.* 2020).

Sesuai dengan hasil pengujian nilai gramatur pada komposisi 50 % pelelah jagung dan 50 % kulit jagung yang menghasilkan nilai tidak lebih tinggi dari komposisi dominan pelelah pisang dan tidak lebih rendah dari komposisi dominan kulit jagung. Rata-rata nilai dari tiga ulangan yang dilakukan diperoleh $78,12 \text{ g/m}^2$. Hal ini disebabkan karena komposisi yang digunakan memiliki takaran yang sama tanpa ada salah satu komposisi yang unggul. Perpaduan komposisi ini juga tidak membuat salah satu komposisi dominan terhadap kandungan selulosa atau panjang serat yang secara signifikan dapat meningkatkan massa kertas per satuan luas.

Nilai minimum pada Tabel 8 menunjukkan komposisi paling banyak adalah kulit jagung 75 % dan pelelah pisang 25 %. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ginting (2015) bahwa kulit jagung akan menghasilkan gramatur yang cenderung lebih rendah karena strukturnya yang lebih ringan dan tingginya kandungan lignin yang membuat terhambatnya proses pembentukan *pulp* yang optimal. Nilai rata-rata dari tiga ulangan yang dilakukan adalah $73,15 \text{ g/m}^2$ dengan nilai gramatur paling rendah pada ulangan ketiga yaitu $41,64 \text{ g/m}^2$.

Rendahnya nilai gramatur ini dikarenakan adanya kesalahan teknis (*human error*) pada saat proses pembuatan sampel, yang menyebabkan *pulp* yang dibuat tidak dapat homogen dan berpengaruh pada distribusi serat dalam cetakan kertas, sehingga membentuk lapisan yang tidak merata dan berdampak langsung pada berat serta ketebalan akhir lembaran kertas. Menurut Manasikana (2019), homogenitas *pulp* menjadi salah satu faktor keberhasilan dalam pembuatan kertas karena distribusi serat yang merata akan meningkatkan struktur kertas menjadi lebih menyatu dan berat kertas. Sebaliknya, apabila *pulp* tidak merata akan cenderung membentuk lembaran tipis dan tidak padat, sehingga nilai gramatur yang dihasilkan akan lebih rendah.



Gambar 6 Grafik karakteristik rata-rata gramatur kertas dari limbah pelepas pisang dan kulit jagung

Perbedaan variasi proporsi komposisi bahan dalam pembuatan kertas mempengaruhi total massa lembaran kertas dalam satuan luasnya, dan berimplikasi pada karakteristik mekanis dan ketahanan produk akhir. Nilai rata-rata pada Gambar 6 bahwa setiap komposisi berpengaruh terhadap besar gramatur yang dihasilkan. Berdasarkan hasil uji menggunakan *one way* ANOVA (Lampiran 4) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata yang signifikan rata-rata antara besar gramatur kertas dari ketiga komposisi sampel yang dibuat. Nilai signifikansi gramatur kertas yang dihasilkan dari kertas dengan komposisi pelepas pisang dan kulit jagung adalah 0,098 ($p > 0,05$).

Berdasarkan persyaratan mutu kertas sesuai standar SNI 8218:2024 tentang Kertas dan Karton sebagai Bahan Baku Pembuatan Kemasan Primer untuk Pangan dengan nilai mutu gramatur kertas kurang dari 220 g/m² masuk kedalam kategori gramatur rendah. Ketiga variasi komposisi masih memenuhi kriteria kertas dengan nilai gramatur rendah yaitu kurang dari 220 g/m². Komposisi paling efektif berdasarkan rata-rata garamatur paling tinggi tersusun dari komposisi 75 % pelepas pisang dan 25 % kulit jagung. Kertas yang memiliki nilai gramatur tinggi memiliki ketebalan kertas yang semakin tebal (Apriani dan Kurniasari 2018). Semakin tinggi kandungan selulosa pada suatu limbah akan menghasilkan nilai gramatur yang cenderung lebih tinggi karena lebih berat dan kompak ketika dikeringkan seperti pelepas pisang (Fitrah *et al.* 2022).

4.2.2 Kuat Tarik

Kuat tarik atau sering disebut dengan kekuatan regang putus (*tensile strength*) merupakan daya tahan lembaran kertas tidak robek atau putus terhadap gaya tarik maksimal (Manasikana *et al.* 2019). Pengukuran kuat tarik ini untuk mengetahui seberapa besar gaya tarik maksimal kertas dalam satuan luas saat direnggangkan. Kedua ujung kertas akan dijepit dan ditarik dengan arah berlawanan hingga kertas robek atau putus. Metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah ASTM D828 tentang *Standard Test Method for Tensile Properties of Paper and Paperboard Using Constant-Rate-of-Elongation Apparatus*. Data hasil uji tarik kertas sesuai pada Tabel 9 dan diagram uji tarik kertas dari limbah pelepas pisang dan kulit jagung terlihat pada Gambar 7.

Tabel 9 Hasil pengujian kuat tarik kertas

Sampel		Kuat Tarik		Interpretasi	Situs terkait
Pelepah Pisang (%)	Kulit Jagung (%)	Mpa	Rata-rata (Mpa)		
50	50	9,46			8,9 MPa - 10,6 MPa (Burdah <i>et al.</i> 2025)
50	50	9,40	9,82	Memenuhi	
50	50	10,60			
75	25	7,96			5,8 Mpa - 14,8 Mpa (Manasikana <i>et al.</i> 2019)
75	25	4,69	6,00	Memenuhi	
75	25	5,36			
25	75	11,67			
25	75	8,36	11,18	Memenuhi	
25	75	13,51			

Sumber: data primer pengujian kuat tarik menggunakan ASTM D828

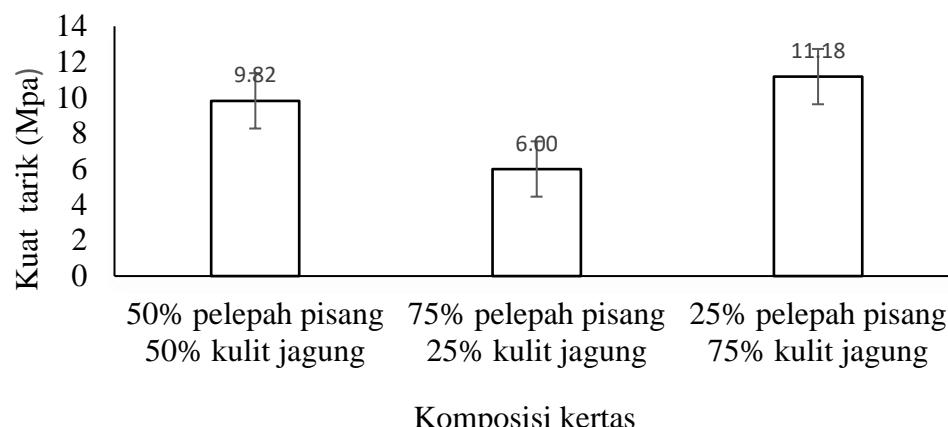
Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan rata – rata nilai uji kuat tarik tertinggi dari tiga jenis komposisi yang digunakan adalah 25 % pelelah pisang dan 75 % kulit jagung yaitu sebesar 11,18 Mpa pada Tabel 9. Tingginya nilai pengujian ini karena kulit jagung memiliki tekstur lebih halus dan mudah dihaluskan saat proses pembuatan kertas dan memungkinkan tingkat homogenitas pada saat proses pencetakan juga lebih mudah, sehingga serat ini dapat membentuk ikatan yang lebih padat. Ikatan yang padat ini akan membuat kekuatan tarik pada setiap ikatan menjadi kuat dan membuat nilai kuat tarik menjadi tinggi.

Kandungan lignoselulosa pada kulit jagung relatif panjang dan fleksibel, khususnya serat selulosa yang berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan mekanik kertas (Ginting 2015). Serat yang panjang ini akan membuat jaringan antar serat akan saling mengikat dengan kuat, sehingga memberikan daya tahan terhadap gaya tarik yang besar. Hal ini sejalan dengan temuan Siala *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa bahan non-kayu yang memiliki serat panjang akan cenderung meningkatkan kekuatan tarik kertas yang disebabkan oleh kemampuannya dalam menciptakan jaringan serat yang kuat dan kohesif. Tekstur yang halus akan mendukung proses pencetakan yang lebih merata, sehingga mampu meminimalisir terjadinya cacat atau ketidakteraturan struktur internal kertas yang dapat melemahkan kekuatan tarik (Wibisono 2018).

Nilai rata-rata minimum pada Tabel 9 terdiri dari komposisi 75 % pelelah pisang dan 25 % kulit jagung. Nilai minimum yang dihasilkan masih tergolong cukup baik untuk aplikasi kemasan. Rendahnya nilai kuat tarik ini juga dipengaruhi oleh panjang dan kualitas serat penyusun kertas, dimana serat pelelah pisang relatif lebih pendek dan cenderung memiliki struktur yang lebih kasar dan kaku (Ridwan *et al.* 2022). Selama proses pembuatan kertas dengan komposisi dominan pelelah pisang ini juga cenderung lebih sulit karena *pulp* yang dihasilkan tidak mudah halus. *Pulp* yang tidak halus mampu menghambat homogenitas dan kohesi antar-serat sehingga dapat berpengaruh terhadap kekuatan tarik akhir kertas (Manasikana *et al.* 2019). Oleh karena itu, peningkatan komposisi pelelah pisang cenderung menurunkan nilai kuat tarik.

Proses penggilingan *pulp* memiliki pengaruh terhadap tingkat homogenitas yang berpengaruh terhadap nilai kuat tarik kertas. Homogenitas antara *pulp* yang dihasilkan dan lem kanji akan membuat ikatan antar serat semakin baik. Tinggi dan rendahnya nilai ketahanan tarik kertas dipengaruhi oleh persentase selulosa, jumlah ikatan antar serat, panjang serat, dan homogenitas (Manasikana *et al.* 2019). Panjang serat kulit jagung cenderung lebih panjang daripada pelepasan pisang yang membuat nilai kuat tarik dari sampel dominan kulit jagung lebih tinggi (Dina *et al.* 2021). Mudahnya proses penggilingan *pulp* jagung menjadi *pulp* yang halus membuat *pulp* ini lebih mudah homogen daripada pelepasan pisang.

Penggunaan persentase bahan kimia NaOH juga dapat berpengaruh terhadap ketahanan tarik kertas. Tingginya penggunaan bahan kimia (NaOH) dalam pembuatan kertas dapat menyebabkan selulosa ikut terdegradasi (Nasir *et al.* 2024). Penggunaan NaOH bertujuan untuk melarutkan lignin sehingga serat yang dihasilkan dapat membentuk ikatan antar serat satu sama lain dengan mudah. Keberadaan lignin yang tinggi akan membuat terhambatnya ikatan antar serat sehingga perlu dikurangi.



Gambar 7 Grafik karakteristik rata-rata ketahanan kuat tarik kertas dari limbah pelepasan pisang dan kulit jagung

Diagram pada Gambar 7 menunjukkan perbedaan tinggi batang pada setiap komposisi memiliki arti variasi komposisi memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tarik dari kertas. Berdasarkan hasil uji menggunakan *one way* ANOVA (Lampiran 4) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata yang signifikan rata-rata antara karakteristik ketahanan tarik kertas dari ketiga sampel yang dibuat. Nilai signifikansi ketahanan tarik kertas yang dihasilkan dari kertas dengan komposisi pelepasan pisang dan kulit jagung adalah 0,033 ($p > 0,05$).

Komposisi dominan kulit jagung (25 % pelepasan pisang dan 75 % kulit jagung) menunjukkan nilai ketahanan tarik paling optimum dibandingkan dua komposisi lainnya, mengindikasikan bahwa serat dari kulit jagung memberikan pengaruh besar terhadap pembentukan jaringan serat yang kuat, padat, dan homogen pada lembaran kertas. Berdasarkan penelitian Burdah *et al.* (2025) dan Manasikana *et al.* (2019) ketiga variasi komposisi ini masih berada antara batas minimum dan maksimum nilai kuat tarik yang diuji pada penelitian tersebut. Hal ini, menggambarkan bahwa kertas yang dibuat masih dalam kategori baik untuk digunakan sebagai *paper bag* berdasarkan penelitian tersebut.

4.2.3 Identifikasi Komposisi Terbaik untuk *Paper Bag*

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada variasi sampel dengan tiga kali ulangan masing-masing sampel diperoleh data pada Tabel 10. Nilai gramatur dan kuat tarik yang dihasilkan pada masing-masing komposisi sampel terdapat perbedaan. Hal ini menggambarkan bahwa formulasi komposisi bahan penyusun kertas memiliki pengaruh terhadap karakteristik fisik dan mekanik kertas yang dihasilkan seperti pada Tabel 10.

Tabel 10 Perbandingan nilai gramatur dan kuat tarik kertas

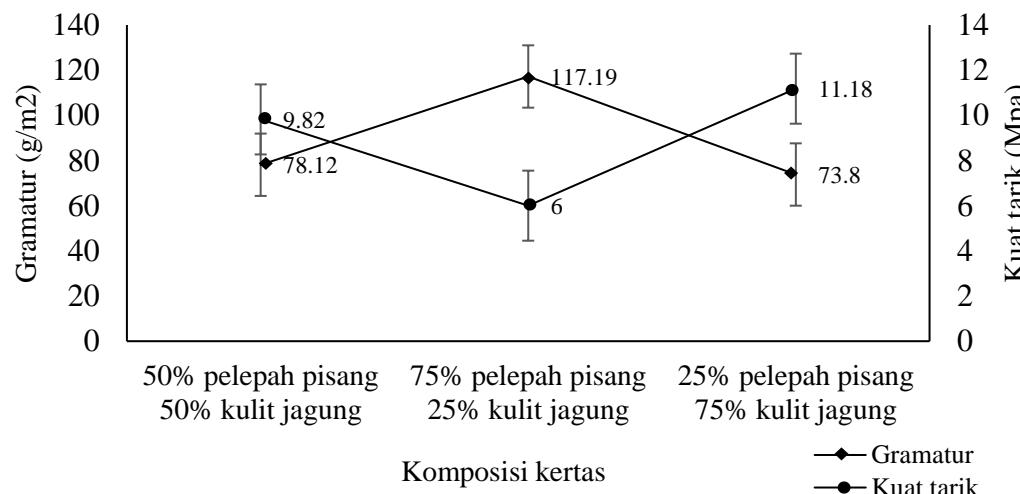
Sampel		Gramatur		Kuat tarik	
Peleleh pisang (%)	Kulit jagung (%)	g/m ²	Rata-rata (g/m ²)	Mpa	Rata-rata (Mpa)
50	50	68,75		9,46	
50	50	101,56	78,12	9,40	9,82
50	50	64,06		10,60	
75	25	132,81		7,96	
75	25	118,75	117,19	4,69	6,00
75	25	100,00		5,36	
25	75	88,89		11,67	
25	75	90,89	73,80	8,36	11,18
25	75	41,64		13,51	

Sumber: data primer berdasarkan pengujian gramatur dan kuat tarik

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 10 di atas, diketahui bahwa nilai tertinggi karakteristik fisik yaitu gramatur berdasarkan SNI 8218:2024 adalah komposisi 75 % peleleh pisang dan 25 % kulit jagung serta nilai terendah 25 % peleleh pisang dan 75 % kulit jagung. Tingginya nilai gramatur pada kertas akan membuat kertas menjadi tebal dan bagus (Apriani dan Kurniasari 2018). Komposisi dominan peleleh pisang memberi pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan massa kertas per satuan luas karena memiliki kandungan serat selulosa yang tinggi dan struktur seratnya yang panjang serta kokoh, membuat lembaran kertas yang terbentuk lebih padat dan berat saat dikeringkan (Apriani *et al.* 2020). Kulit jagung memiliki strukturnya yang lebih ringan dan kandungan lignin yang tinggi yang membuat terhambatnya proses pembentukan *pulp* yang optimal sehingga komposisi dominan kulit jagung menghasilkan nilai gramatur rendah (Ginting 2015).

Hasil pengujian karakteristik kuat tarik menunjukkan nilai yang berbanding terbalik dengan hasil uji karakteristik gramatur pada kertas. Kekuatan tarik tertinggi pada komposisi 25 % peleleh pisang dan 75 % kulit jagung dan nilai paling rendah dari komposisi 75 % peleleh pisang dan 25 % kulit jagung sesuai Tabel 10. Tinggi dan rendahnya nilai ketahanan tarik kertas dipengaruhi oleh persentase selulosa, jumlah ikatan antar serat, panjang serat, dan homogenitas (Manasikana *et al.* 2019). Komposisi dominan kulit jagung membuat nilai kuat tarik tinggi karena mudahnya serat ini halus yang membuat

tingkat homogen tinggi sehingga membuat daya tarik antar serat menjadi besar (Manasikana *et al.* 2019).



Gambar 8 Grafik perbandingan nilai rata-rata gramatur dan kuat tarik kertas dari limbah peleleh pisang dan kulit jagung

Semakin tinggi nilai gramatur pada kertas akan membuat nilai tarik kertas menjadi lebih rendah berdasarkan Gambar 8. Tingginya nilai gramatur pada kertas yang dibuat cenderung memiliki sifat kaku dan tidak mudah dibentuk yang membuat kertas memiliki kuat tarik rendah dan kurang bagus. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Fenny *et al.* 2015 bahwa kertas akan tergolong bagus apabila kuat tarik tinggi dan gramatur rendah. Kertas dengan gramatur rendah akan membuat nilai kuat tarik yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan kertas dengan gramatur tinggi, selama kepadatan dan ikatan seratnya optimal (Koray Gülsöy dan Şimşir 2017). Hal ini dikarenakan pada gramatur tinggi, struktur kertas menjadi lebih kaku dan mudah terdapat titik lemah atau cacat di dalam lembaran, sehingga kekuatan tariknya menurun.

Komposisi terbaik berdasarkan tingginya nilai kuat tarik dan nilai gramatur rendah adalah komposisi 25 % peleleh pisang dan 75 % kulit jagung. Peleleh pisang dan kulit jagung memiliki molekul selulosa linier dan mempunyai kecenderungan lebih kuat membentuk ikatan-ikatan hidrogen, baik dalam satu rantai polimer selulosa sejenis atau antar rantai polimer yang berdampingan. Serat yang linier dan lebih panjang akan meningkatkan kekuatan fisik kertas, memberikan ketahanan sobek, kekuatan tarik, retak, dan lipat yang tinggi. Panjangnya serat ini akan titik tangkap menjadi luas kepada gaya-gaya yang mengenainya membuat kertas mampu menahan gaya yang lebih besar (Fenny *et al.* 2015).

4.2.4 Pengujian Beban Simulasi pada Komposisi Terbaik

Pengujian simulasi beban ini digunakan untuk mengetahui dan menganalisis apakah *paper bag* yang dibuat tahan dalam menanggung beban selayaknya *paper bag* pada umumnya. Pengujian dilakukan berdasarkan durasi ketahanan *paper bag* menanggung beban terhadap beberapa variasi massa beban

yang telah ditentukan. Alat uji termasuk ke dalam golongan alat uji sederhana dengan kerangka berbahan dasar kayu dan beban yang digunakan adalah benda yg beratnya disesuaikan dengan volume minyak kayu putih.

Pengujian ini dilakukan sebagai uji lanjut untuk memastikan bahwa *paper bag* dapat menanggung beban yang diinginkan. *Paper bag* yang dipilih pada pengujian ini adalah komposisi terbaik berdasarkan analisa komposisi terbaik dari hasil pengujian gramatur dan kuat tarik adalah 25 % pelelah pisang dan 75 % kulit jagung. Setiap penambahan beban *paper bag* akan dibiarkan menggantung dengan beban tersebut selama 8 jam untuk mengetahui pengaruh daya tahan jangka pendek terhadap tekanan vertikal. Alasan menggunakan waktu 8 jam karena diasumsikan sesuai dengan durasi maksimal pengiriman *same day* di aplikasi pengantaran online (Galingging dan Laras 2024).



Gambar 9 Pengujian simulasi beban menggunakan alat sederhana

Perlakuan yang diberikan sesuai pada Gambar 9. Tahap pertama dalam pengujian ini adalah mencari titik beban terberat *paper bag* yang dimulai dari 126 g atau setara dengan 1 botol minyak kayu putih ukuran 120 ml sampai dengan beban terberat dengan penambahan 126 g per uji. Perlakuan yang diberikan yaitu *paper bag* diletakkan dalam posisi tegak di atas permukaan datar, kemudian diisi dengan beban botol berisi cairan dan digantung pada alat yang terbuat dari kayu dan di bagian atasnya ditahan oleh beban. Pengukuran dilakukan dengan mengamati kondisi fisik *paper bag* setiap satu jam sekali selama 8 jam dan menchecklist pada kertas pengujian (Lampiran 5).

Tabel 11 Hasil pengujian beban simulasi

Ulangan	Komposisi	Berat (Gram)				
		8 jam per-				
		1	2	3	4	5
1	25 % pelelah pisang	126	252	378	378	378
2	75 % kulit jagung	126	252	378	378	378
3		126	252	378	378	378

Sumber: data primer hasil pengujian beban simulasi menggunakan pengujian Galingging dan Laras (2024)

Keterangan: C1.1 ulangan 1; C2.2 ulangan 2; C3.3 ulangan



Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan diperoleh data seperti Tabel 11 yang menunjukkan semua ulangan mampu mengakut beban maksimal isi yang dapat masuk di *paper bag* tanpa kerusakan. Kapasitas maksimal yang dapat masuk ke dalam *paper bag* ukuran A3 adalah 3 botol minyak kayu putih berukuran 120 ml atau setara dengan 126 g/ botol. Untuk memastikan bahwa *paper bag* ini mampu menahan dengan kapasitas isi maksimal maka dilakukan pengujian selama 8 jam selama tiga kali sebagai waktu simulasi penggunaan *paper bag* dalam 24 jam.

Paper bag yang dibuat dengan komposisi 25 % pelepas pisang dan 75 % kulit jagung memenuhi kriteria kekuatan mekanik yang diperlukan untuk kemasan sekunder untuk produk minyak kayu putih. *Paper bag* yang dibuat ini mampu menahan beban sesuai kapasitas isi tanpa mengalami kerusakan struktural. Menurut Manasikana (2019) menunjukkan bahwa karakteristik mekanik kemasan dengan bahan baku limbah pertanian dapat ditingkatkan melalui pemilihan komposisi dan rasio serat yang sesuai, di mana dominasi serat berpori pada kulit jagung dan mudahnya kulit jagung homogen saat pembuatan membuat tekanan yang lebih merata saat digunakan untuk membawa beban.

4.3 Biodegradabilitas

Biodegradabilitas merupakan kemampuan suatu bahan dapat terurai secara alami akibat dari aktivitas mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan enzim biologis tanpa meninggalkan residu berbahaya bagi lingkungan. Proses ini akan berlangsung secara alami di lingkungan tergantung bagaimana jenis bahan dan kondisi lingkungannya. Pengujian biodegradabilitas pada kertas yang dibuat bertujuan untuk mengetahui bagaimana kemampuan kertas dapat terurai di tanah oleh mikroba yang ada di tanah. Selain itu, pengujian ini juga menjadi indikator penting dalam menilai apakah kertas untuk *paper bag* termasuk produk ramah lingkungan atau tidak.

Biodegradabilitas ini dipengaruhi oleh sifat fisik tanah seperti suhu, kelembaban dan sifat lainnya. Keadaan lingkungan yang tidak seimbang akan membuat proses biodegradabilitas kertas ini membutuhkan waktu lebih lama untuk terurai. Uji biodegradabilitas dilakukan menggunakan bantuan medium tanah sebagai gambaran salah satu kondisi lingkungan dimana biasanya limbah kertas dibuang. Pengukuran dilakukan dengan menghitung luas awal kertas sebelum dan sesudah kertas terdegradasi. Uji biodegradabilitas dilakukan dengan mempertimbangkan dua kondisi yaitu dikubur di tanah dan langsung di atas tanah.

4.3.1 Biodegradabilitas secara Penguburan di Tanah

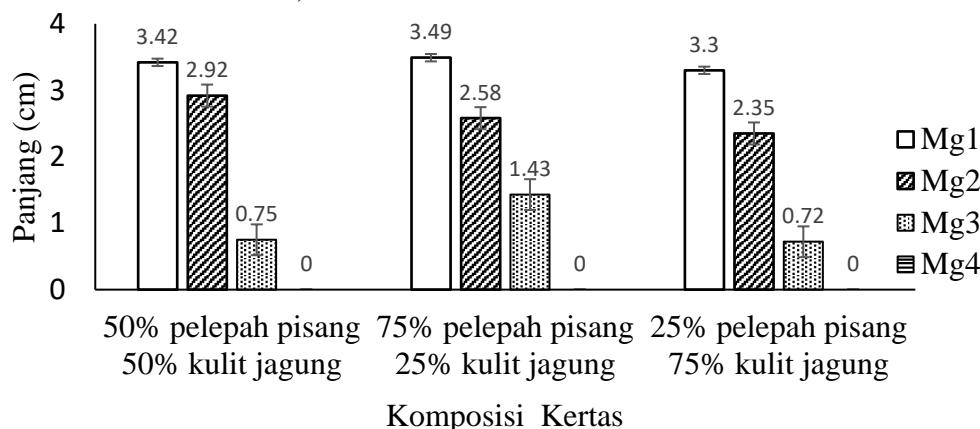
Pengujian secara dikubur di tanah dilakukan dalam tempat tertutup dengan medium yang telah dikondisikan untuk membantu berkembangnya mikroba yang akan membantu proses uji biodegradabilitas. Data hasil uji biodegradabilitas semua komposisi dapat dilihat pada Tabel 12 dan diagram uji biodegradabilitas kertas dari limbah pelepas pisang dan kulit jagung terlihat pada Gambar 10.

Tabel 12 Hasil pengujian biodegradabilitas kertas dikubur di tanah

Sampel		Panjang (cm)			
Pelelepah pisang (%)	Kulit jagung (%)	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4
50	50	1,8 x 1,9	1,5 x 1,5	1,0 x 1,5	
50	50	1,8 x 1,8	1,7 x 1,7	1,0 x 0,5	
50	50	1,8 x 2,0	1,8 x 2,0	0,5 x 0,5	
75	25	2,0 x 1,9	1,5 x 1,5	1,5 x 1,2	Terurai
75	25	1,8 x 1,8	1,5 x 1,5	1,5 x 1,0	Sempurna
75	25	1,9 x 1,8	1,8 x 1,8	1,0 x 1,0	
25	75	1,8 x 1,8	1,5 x 1,5	1,0 x 1,0	
25	75	1,9 x 1,8	1,7 x 1,5	0,3 x 0,5	
25	75	1,8 x 1,8	1,5 x 1,5	1,0 x 1,5	

Sumber: data primer hasil pengujian biodegradabilitas menggunakan pengujian Maytana (2019)

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dengan mengubur kertas di tanah yang telah terkondisikan bahwa pada minggu keempat kertas telah terurai secara sempurna tanpa meninggalkan residu yang tampak dapat dilihat pada Lampiran 6. Banyaknya kertas yang terdegradasi tidak konsisten pengurangannya pada setiap minggu kemungkinan disebabkan kondisi lingkungan yang tidak homogen. Kondisi lingkungan sangat berpengaruh terhadap kinerja mikroba yang ada di dalam tanah seperti keadaan suhu dan kelembaban yang berubah (Manasikana *et al.* 2019).



Gambar 10 Grafik rata-rata uji biodegradabilitas kertas dari limbah pelepah pisang dan kulit jagung di tanah dengan cara dikubur

Gambar 10 menunjukkan bahwa banyaknya panjang kertas yang terdegradasi sejalan dengan waktu penimbunan komposit dimana semua sampel dapat terdegradasi dan meningkat setiap pekannya. Penggunaan larutan EM4 pada proses ini dapat mempengaruhi pendekrasi dari suatu sampel, EM4 disini berperan sebagai agen mikroorganisme yang membantu proses pendekrasi kertas di dalam tanah karena semakin banyak mikroorganisme akan mempercepat proses penguraian. Selain itu, jumlah komposisi yang digunakan dalam pembuatan kertas, dengan perbedaan persentase kandungan lignin dan selulosa masing-masing bahan juga dapat berpengaruh terhadap kinerja mikroorganisme untuk melakukan dekomposisi.

Kandungan selulosa yang tinggi (sekitar 38-42 %) pada kulit jagung dan lignin yang relatif sedang (di bawah 7 %) serta panjang serat yang lebih panjang dan kuat tapi tidak sepadat dan sekasar serat pelelah pisang membuat proses penguraian pada komposisi dominan jagung lebih cepat daripada pelelah pisang (Sari 2024). Struktur serat yang kurang padat pada kulit jagung juga dapat membuat kertas yang dihasilkan lebih mudah diurai oleh mikroorganisme tanah. Sejalan dengan penelitian Malachovskiené *et al.* (2023) kertas yang memiliki kepadatan struktur kertas dapat menjadi pengaruh terhadap efisiensi biodegradasi dalam lingkungan terkontrol.

Nilai rata-rata panjang kertas yang dapat terurai secara optimum setiap minggunya dicapai oleh komposisi 25 % pelelah pisang dan 75 % kulit jagung dan nilai penguraian terendah tersusun dari komposisi 75 % pelelah pisang dan 25 % kulit jagung. Hal ini karena pada pelelah pisang kandungan selulosa lebih tinggi dibandingkan kulit jagung yaitu sekitar 80 % dan lignin yang relatif rendah yaitu kurang dari 7 % (Dewi *et al.* 2019). Nilai persentase kandungan ini seharusnya membuat kertas dominan pelelah pisang lebih mudah terurai namun struktur serat yang lebih kasar, kaku, dan cenderung membentuk *pulp* sulit homogen membuat kertas yang hasilkan lebih padat dan bertekstur kasar, sehingga membuat proses penguraian relatif lebih lambat. Nilai rata-rata yang dihasilkan dilakukan analisis lanjut menggunakan uji *one way* ANOVA (Lampiran 4) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan rata-rata antara variasi komposisi berpengaruh terhadap proses biodegradabilitas pada tanah dengan nilai 0,890 ($P > 0,05$).

4.3.2 Biodegradabilitas secara Langsung di Atas Tanah

Pengujian secara langsung di atas tanah dilakukan pada tanah tanpa perlakuan apapun dan kertas yang diuji tidak dikubur dalam tanah yang akan digunakan sebagai data pendukung. Kertas ini akan dibiarkan terurai sendiri diatas tanah dan diamati setiap satu minggu sekali selama empat minggu. Data hasil uji biodegradabilitas secara langsung di atas tanah semua komposisi pada Tabel 13 dan diagram uji biodegradabilitas kertas dari limbah pelelah pisang dan kulit jagung terlihat pada Gambar 11.

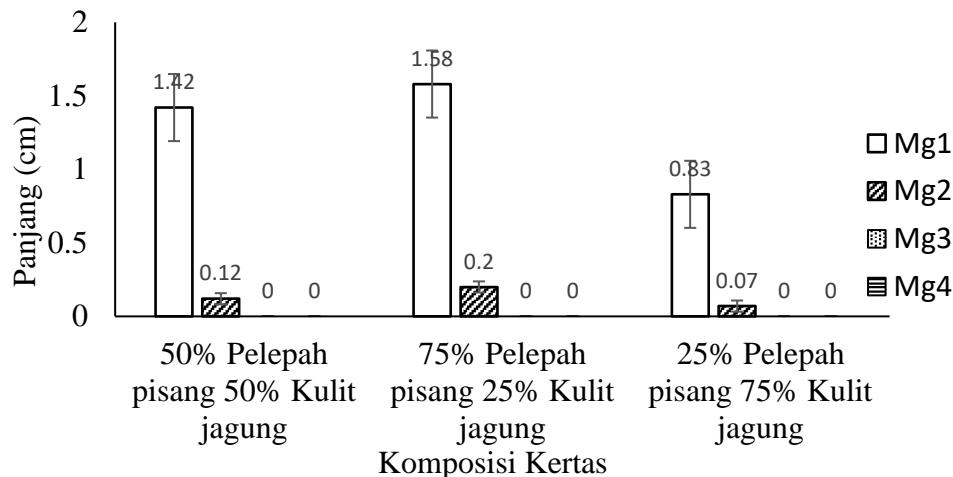
Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan bahwa setiap minggunya kertas dapat terdegradasi meskipun dengan kondisi yang tidak terkontrol seperti pada Lampiran 7. Laju degradasi paling cepat terdiri dari komposisi dominan kulit jagung hal ini karena kulit jagung memiliki selulosa yang cukup tinggi dan lignin yang relatif sedang serta panjang serat yang lebih panjang dan kuat tapi tidak sepadat dan sekasar serat pelelah pisang membuat proses penguraian pada komposisi dominan jagung lebih cepat daripada pelelah pisang (Sari 2024). Memiliki struktur serat yang kurang padat pada kulit jagung juga dapat membuat kertas yang dihasilkan lebih mudah diurai oleh mikroorganisme tanah. Sejalan dengan penelitian Malachovskiené *et al.* (2023) kertas yang memiliki kepadatan struktur kertas dapat menjadi pengaruh terhadap efisiensi biodegradasi dalam lingkungan terkontrol.

Tabel 13 Hasil pengujian biodegradabilitas kertas langsung di atas tanah

Sampel		Panjang (cm)			
Pelepah pisang (%)	Kulit jagung (%)	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4
50	50	1,0 x 1,0	0,5 x 0,5		
50	50	1,5 x 1,5	Terurai Sempurna		
50	50	1,0 x 1,0	0,2 x 0,5		
75	25	1,5 x 1,0	0,5 x 0,5		
75	25	1,5 x 1,5	0,5 x 0,5	Terurai Sempurna	Terurai Sempurna
75	25	1,0 x 1,0	0,2 x 0,5		
25	75	1,0 x 1,0	0,5 x 0,5		
25	75	0,5 x 1,0	Terurai Sempurna		
25	75	1,0 x 1,0	0,5 x 0,2		

Sumber: data primer hasil pengujian biodegradabilitas menggunakan pengujian Lidya et al. (2023)

Hasil rata-rata pengurangan kertas pada Gambar 11 menunjukkan bahwa perbedaan setiap komposisi memberi pengaruh terhadap tingkat pendegradasi dari kertas yang dibuat. Pengurangan panjang kertas cukup banyak pada minggu ke dua dan masing komposisi menunjukkan pengurangan yang relatif sama. Hasil uji *one way* ANOVA (Lampiran 4) menunjukkan tidak terdapat perbedaan secara signifikan rata-rata antara variasi komposisi yang berpengaruh terhadap proses biodegradabilitas pada tanah dengan nilai 0,679 ($P > 0,05$).



Gambar 11 Grafik rata-rata uji biodegradabilitas kertas dari limbah pelepasan pisang dan kulit jagung di tanah langsung dipermukaan tanah

Pengaruh lingkungan seperti curah hujan juga berpengaruh terhadap lama waktu pendegradasi kertas. Memiliki curah hujan yang cukup tinggi membuat kertas juga akan mudah terdegradasi karena kertas akan mengalami proses pelunakan struktur serat yang akan mempermudah aktivitas mikroorganisme pengurai yang ada di tanah. Pengujian ini dilakukan di Kota Bogor yang memiliki kondisi lingkungan yang lembab dan basah. Pengujian dilakukan pada bulan Juni dengan tingkat curah hujan cukup tinggi sebesar 310,7 mm/bulan



(BPS Kota Bogor, 2023).

Kondisi ini akan menciptakan lingkungan yang cocok bakteri dan jamur tanah untuk mempercepat reaksi enzimatik terhadap senyawa lignoselulosa dalam kertas berbasis limbah organik. Proses terdekomposisinya bahan organik meningkat signifikan seiring dengan tingginya curah hujan karena kelembaban dan suhu tanah yang optimal dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme pengurai (Trisnawati dan Tjahjanigrum 2017). Kondisi lingkungan dengan kelembaban tinggi dan beriklim tropis akan membuat mikroorganisme pengurai dapat bekerja lebih efisien (Ziliwu dan Lase 2025).

Hasil pengujian secara langsung di atas tanah ini juga sejalan dengan hasil komposisi dominasi kulit jagung memiliki tingkat penguraian lebih cepat dibandingkan komposisi dominasi pelepasan pisang. Menurut penelitian Maytana (2016) proses degradasi kertas juga dapat dipengaruhi oleh bahan perekat kertas. Kertas yang dibuat dengan perekat bahan alami akan lebih mudah terurai daripada menggunakan perekat kimia. Pengujian gramatur dan kuat tarik yang dilakukan juga memiliki pengaruh terhadap proses degradasi kertas. Hal ini disebabkan sampel dengan dominan kulit jagung memiliki nilai gramatur rendah dan kuat tarik tinggi menjadi penyebab proses degradasinya juga lebih tinggi artinya semakin mudah terdegradasi. Kualitas kertas akan semakin baik apabila nilai gramatur yang dihasilkan rendah dan indeks tarik besar (Fenny *et al.* 2015).

4.4 Analisa Nilai Ekonomi *Paper Bag*

Proses perhitungan nilai ekonomi ini berguna untuk memberi gambaran terkait biaya-biaya yang digunakan dalam pembuatan *paper bag* bagi masyarakat atau pemilik-pemilik perusahaan kecil yang bergerak dalam bidang produksi. Nilai yang didapat ini akan menjadi dasar untuk menetapkan harga jual produk yang tepat dengan keuntungan yang ingin diperoleh, sehingga masyarakat atau usaha mikro tersebut dapat bersaing dengan perusahaan lain yang memproduksi produk sejenis.

4.4.1 Biaya Bahan Baku

Bahan baku dalam pembuatan kertas untuk bahan dasar *paper bag* ini sebagian besar tersusun dari limbah pertanian. Perhitungan bahan baku yang tercantum pada Tabel 14 ada komposisi paling efektif yang didapat dari hasil pengujian kualitas *paper bag* yaitu 25 % pelepasan pisang dan 75 % kulit jagung dengan sekali produksi berjumlah 100 lembar berukuran A4 sebagai berikut:

Tabel 14 Biaya bahan baku pembuatan 100 buah *paper bag*

Nama bahan	Harga (Rp)/Satuan	Kuantitas	Biaya (Rp)
Limbah pelepasan pisang	-	0,385 kg	-
Limbah kulit jagung	-	2,308 kg	-
NaOH (soda api)	34.000/kg	0,538 kg	18.292
Tepung tapioka (kanji)	12.000/kg	0,200 kg	2.4000
Total			20.692

Sumber: data primer berdasarkan perhitungan bahan baku yang digunakan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran 8 pembuatan satu lembar kertas berukuran A4 (21 cm x 29.7 cm) membutuhkan 100 g pulp. Kertas yang dibuat menggunakan komposisi 25 % pelelah pisang setara dengan 25 g pulp pelelah pisang dan 75 % kulit jagung setara dengan 75 g *pulp* kulit jagung. Pengolahan yang dilakukan 20 g limbah kering pelelah pisang menghasilkan 130 pulp dan 20 g kulit jagung menghasilkan 65 pulp setengah dari pulp yang dihasilkan oleh pelelah pisang. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan dalam pembuatan 100 lembar kertas untuk *paper bag* membutuhkan limbah kering sesuai Tabel 14.

Proses pemasakan limbah kering menjadi pulp membutuhkan bantuan NaOH (soda api) dengan komposisi 20 % dari berat limbah kering masing-masing bahan. Hasil perhitungan yang dilakukan dalam pembuatan kertas berdasarkan limbah yang teroleh membutuhkan NaOH (soda api), sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 14.. Komposisi lem kanji dalam pembuatan ini kertas ini menggunakan perbandingan lem kanji dan pulp adalah 1:10 dengan kondisi lem kanji cair. Komposisi pembuatan lem kanji perbandingan 1:4 untuk kanji dan air. Diperoleh bahwa 1 lembar kertas dengan berat pulp 100 g membutuhkan lem kanji sebanyak 2 g. Perhitungan dalam sekali produksi yaitu 100 lembar sesuai data pada Tabel 14.

4.4.3 Biaya *Overhead* Pabrik

Biaya *overhead* pabrik menurut Satriani dan Kusuma (2020) adalah keseluruhan biaya yang digunakan untuk membuat produk selain biaya material langsung, biaya *overhead* pabrik yang digunakan untuk produksi kertas diantaranya pada Tabel 15 dengan alat yang digunakan sesuai pada Lampiran 8.

Tabel 15 Biaya *overhead* pabrik (BOP)

BOP	Biaya (Rp)
Listrik	20.000
Air	10.000
Biaya LPG 3 kg	25.000
Biaya penyusutan alat	30.000
Total	85.000

Sumber: data primer hasil perhitungan *overhead* pabrik (BOP)

4.4.4 Harga Pokok Produksi (HPP)

Proses produksi produk hingga jadi pihak produsen akan mengeluarkan biaya atau modal awal untuk membuat produk. Pengeluaran biaya ini dihitung dalam bentuk perhitungan harga pokok (HPP). Adapun biaya yang akan dikeluarkan oleh pihak produsen dalam pembuatan produk *paper bag* ini diantaranya pada Tabel 16.

Tabel 16 Perhitungan harga pokok produksi (HPP) *paper bag*

Jenis biaya	Total biaya (Rp)
Biaya bahan baku	20.692
Biaya tenaga kerja	100.000
Biaya <i>overhead</i>	85.000
Total biaya produksi	205.692
Jumlah produksi (lembar)	100
Harga pokok produksi/lembar	2.057

Sumber: data primer hasil perhitungan harga pokok produksi (HPP) *paper bag*

Penentuan harga pokok produksi pada Tabel 16 menggunakan metode *variable costing* dimana dalam perhitungannya hanya memperhitungkan biaya produksi yang berkaitan langsung dengan proses produksi. Menurut Kiay DS *et al.* (2021) penggunaan variabel costing dalam penentuan harga produk produksi menelusuri biaya-biaya yang berkaitan langsung dengan proses produksi yang sifatnya variabel atau berubah seiring dengan perubahan volume kegiatan produksi. Kelebihan lain dalam penggunaan metode ini adalah dapat digunakan untuk melakukan efisiensi dan dapat digunakan untuk penetapan harga jual sesuai dengan keuntungan yang diharapkan.

Berdasarkan hasil perhitungan harga produk produksi dengan sekali produksi 100 lembar menghasilkan harga pokok setiap lembarnya Rp 2.057. Harga ini relatif lebih mahal dikarenakan pada bagian *overhead* pabrik dianalisis dalam 1 bulan pembuatan dan kapasitas kertas yang diproduksi belum optimal. Kapasitas produksi yang belum optimal membuat mahalnya biaya produksi per kertas menjadi lebih mahal. Menurut AR (2018) semakin kecil volume produksi suatu perusahaan akan membuat proporsi biaya *overhead* per unit produk semakin tinggi, sehingga harga pokok menjadi kurang kompetitif dibandingkan produksi skala besar.

4.4.5 Harga Jual Produk

Harga penjualan produk *paper bag* diperoleh dari harga produk produksi pada Tabel 16 dan ditambah keuntungan yang ingin diperoleh dengan perhitungan sesuai Tabel 17.

Tabel 17 Penentuan harga jual produk *paper bag*

Jenis biaya	Total biaya (Rp)
Biaya bahan baku	20.692
Biaya tenaga kerja	100.000
Biaya <i>overhead</i>	85.000
Jumlah produksi (lembar)	100
Harga pokok produksi/lembar	2.057
Laba	35 %
Margin	720
Harga jual	2.777

Sumber: data primer hasil perhitungan harga jual produk



Keuntungan yang ingin didapatkan sebesar 35 % dari harga produksi per satuan lebar karena diasumsikan sudah cukup untuk menutup risiko usaha untuk kelangsungan proses produksi, dan memberikan insentif bagi pelaku usaha untuk meningkatkan kapasitas serta kualitas produk. Berdasarkan hasil perhitungan harga jual produk diperoleh Rp 2.777 yang dibulatkan menjadi Rp 3000 untuk mempermudah proses perhitungan transaksi apabila konsumen membeli dalam bentuk per biji. Selain itu, pembulatan ini juga dapat digunakan untuk solusi naik turunnya harga bahan baku dari bulan ke bulan atau adanya ketidakpastian harga bahan baku atau harga berfluktuatif (Dian *et al.* 2019)

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Berdasarkan hasil perhitungan, potensi timbulan limbah pelelah pisang dan kulit jagung di Desa Pitu, Kecamatan Pitu, Kabupaten Ngawi, menunjukkan adanya ketersediaan bahan baku yang cukup dan layak untuk dimanfaatkan. Penilaian terhadap proses pengolahan limbah menjadi *paper bag* menunjukkan bahwa limbah tersebut dapat diolah secara efektif menjadi produk kertas dan mampu mengurangi potensi timbulan limbah.
2. Hasil analisis dan pengujian terhadap variasi komposisi menunjukkan bahwa komposisi bahan penyusun memiliki pengaruh terhadap karakteristik gramatur dan tahan tarik kertas. Komposisi terbaik tersusun dari 25 % pelelah pisang dan 75 % kulit jagung dengan nilai gramatur optimal dan daya tarik tertinggi. Pengujian lanjutan beban simulasi pada *paper bag* dengan komposisi terbaik menunjukkan bahwa *paper bag* mampu menahan beban sampai kapasitas isi *paper bag* penuh dengan berat 378 g sehingga layak digunakan sebagai produk ramah lingkungan yang fungsional.
3. Berdasarkan hasil pengamatan kertas mampu terdegradasi dengan baik dalam waktu tiga minggu dalam kondisi tanah yang terkondisikan dan dua minggu tanpa perlakuan khusus atau hanya diletakkan di atas tanah. Komposisi yang mengalami degradasi paling cepat adalah kertas dengan 25 % pelelah pisang dan 75 % kulit jagung, yang ditandai oleh pelunakan struktur serta berkurangnya ukuran kertas.
4. Berdasarkan hasil perhitungan nilai ekonomi diperoleh harga produksi prosuk Rp 2.057/lembar dan diperoleh harga jual produk dengan keuntungan 35 % sebesar Rp 2.777/lembar dibulatkan menjadi Rp 3000/lembar untuk menghadapi ketidakpastian harga bahan baku.

5.2 Saran

1. Dalam proses pembuatan kertas berbasis limbah non kayu seperti pelelah pisang dan kulit jagung, disarankan agar dalam penggunaan larutan NaOH perlu adanya kajian lebih lanjut bertujuan untuk memastikan bahwa proses delignifikasi berlangsung optimal tanpa merusak struktur selulosa yang berperan penting dalam kekuatan mekanik kertas.
2. Selain itu, pada tahap penghalusan *pulp* perlu diperhatikan tingkat kehalusan yang dicapai sebelum proses pencetakan. *Pulp* yang terlalu kasar dapat menghambat proses pembentukan lembaran dan menyebabkan distribusi serat yang tidak merata, yang pada akhirnya berdampak pada kekuatan, kerapatan, dan tampilan permukaan kertas. Oleh karena itu, proses penghalusan sebaiknya dilakukan secara bertahap hingga diperoleh *pulp* yang halus, homogen, dan siap dicetak.



DAFTAR PUSTAKA

- Achadri Y, Hosang E yulianes, Matitaputty PR, Sendow CJB. 2021. Potensi limbah jagung hibrida (*zea mays l*) sebagai pakan ternak di daerah dataran kering provinsi nusa tenggara timur. *J Ilmu Nutr dan Teknol Pakan*. 19(2):42–48. doi:10.29244/jintp.19.2.42-48.
- Alzate Acevedo S, Díaz Carrillo ÁJ, Flórez-López E, Grande-Tovar CD. 2021. Recovery of Banana Waste-Loss from Production and Processing: A Contribution to a Circular Economy. *Molecules*. 26(17):1–30. doi:10.3390/molecules26175282.
- Apriani R, Susilo NA, Ferdinand F, Majita I, Mahardhika E, Wardhan EK, Venrian A. 2020. Kulit jagung untuk pembuatan kertas kemasan dengan proses hidrotermal dengan metode soda. *J Vokasi Teknol Ind*. 2(1). doi:10.36870/jvti.v2i1.170.
- Ati RCL. 2018. Pengaruh biaya overhead pabrik terhadap efisiensi biaya produksi pada pt. Asian nanjung sejahtera ati. *J Wawasan dan Ris Akunt*. 6(1):55–63. <https://jurnal.unigal.ac.id/index.php/jawara/article/view/1584>.
- Aulia U, Hadju VA. 2024. Analisis faktor yang berpengaruh terhadap angka timbulan sampah analysis of factors influencing waste generation rates artikel penelitian. *J Kolaboratif Sains*. 7(6):2239–2245. doi:10.56338/jks.v7i6.5535.
- Ayunda V. 2013. Pembuatan dan karakterisasi kertas dari daun nanas dan eceng gondok. *Saintia Fisika*. 2(1): 221257.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2023. Kota Bogor
- Bahri S. 2015. Pembuatan *pulp* dari batang pisang. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 4(2): 36-50.
- Burdah AP, Manhargo D, Cristoper M, Marchel T. 2025. Analisis uji tarik kertas limbah kulit buah jeruk dan durian pontianak. 7(1):1–12.
- Dewi IA, Ihwah A, Setyawan HY, Kurniasari AAN dan Ulfah A. 2019. Optimasi proses delignifikasi pelepasan pisang untuk bahan baku pembuatan kertas seni. *Sebatik*. 23(2): 447-454.
- Dian P, Wawo A, Saiful M. 2019. Harga pokok produksi dalam menentukan harga jual melalui metode cost plus pricing dengan pendekatan full costing. *J Akunt dan Keuang*. 10(1):111–132.
- Dina SF, Indriati L, Elyani N, Zamzami MA. 2021. Paper bag berbasis pulp tandan kosong sawit sebagai alternatif pengganti polybag pada pre-nursery perkebunan sawit. *J Selulosa*. 11(01):9. doi:10.25269/jsel.v11i01.330.
- Fagbemigun TK, Fagbemi OD, Otitoju O, Mgbachiuor E, Igwe CC. 2014. Pulp and paper-making potential of corn husk. *Int J AgriScience*. 4(44):209–213.
- Fuadi A, Yuwantari ZM, Yanti NF, Wati NMA. 2024. Potensi pengolahan limbah pelepasan pisang dengan memanfaatkan alfa selulosa sebagai pengganti serat kayu. *Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian*. 7(1): 400–404.
- Fenny FO, Farma W, Fitriyano G. 2015. Pengaruh rasio berat kulit pisang dengan kertas koran dan batang jagung dengan kertas koran terhadap indeks tarik dan indeks sobek kertas recycle. *Pros Semin Nas Sains dan Teknol*. 11(1):1–7.
- Fikri R, Yuniwati M. 2022. Pemanfaatan kulit jagung dan tongkol jagung (*zea mays*) sebagai bahan dasar pembuatan kertas seni dengan penambahan natrium hidroksida (NaOH) (variabel konsentrasi naoh dengan waktu pemasakan). *Jurnal Inovasi Proses*. 7(2): 75-81.



- Fitrah CN, Azis A, Hasyim H, Mambela F. 2019. Pemanfaatan Limbah Pertanian sebagai Alternatif Kantong Plastik di Dusun Mappasaile Kabupaten Maros. *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*. 6(1):8–14. doi:10.29244/agrokreatif.6.1.8-14.
- Galingging R, Laras P. 2024. Uji ketahanan paper bag terhadap daya angkut dengan pendekatan metode trial and error. *Nusant J Multidiscip Sci*. 1(7):577–584.
- Ginting A. 2015. Pemanfaatan limbah kulit jagung untuk produk modular dengan teknik pilin (cornhusk industrial waste for modular product with twisting technique). *J Din Kerajinan dan Batik*. 32(1):51–62.
- Irwan, Surahman S, Santosa D. 2013. Kajian pemanfaatan limbah batang pisang sebagai bahan baku papan partikel. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*. 11(1): 41–47.
- Karyati S, Herawati L, Ganefati SP. 2013. Pengaruh penambahan limbah pelepas pisang sebagai komponen daur ulang kertas. *J Kesehat Lingkung*. 5(1):8–15.
- Kaswari T. 2015. Potensi Pisang Hutan (*Musa salaccensis Zoll*) sebagai Sumber Pakan Ternak Ruminansia. *Semin Nas LppmUnjaAcId*, siap terbit.
- Kiay DS, Jenny M, Winston P. 2021. Analisis perhitungan harga pokok produksi menggunakan metode variable costing pada pt. Celebes minapratama bitung. *Jurnal Riset Akuntansi*. 8(14): 139-149. <https://doi.org/10.32400/gc.8.4.25132.2013>.
- Komariyah I, Suwandi YW, Krisnadi L, Hafid H. 2020. Pemanfaatan limbah kulit jagung sebagai upaya pengembangan usaha ikm pembuat kertas seni. *J Pengabdi Tri Bhakti*. 2(2):156–164. doi:10.36555/tribhakti.v2i2.1538.
- Koray Gülsoy S, Şimşir S. 2017. The effect of handsheet grammage on strength properties of test liner papers. *J Bartın Fac For Geliş*. 19(1):117–122. doi:10.24011/barofd.295319.
- Lidya D, Syakdani A, Purnamasari I, Salsabilah SR. 2023. Pembuatan bioplastik dengan memanfaatkan limbah nasi menggunakan variasi kitosan dan plasticizer gliserol. *Jedchem (Journal Educ Chem)*. 5(2):116–123. doi:10.36378/jedchem.v5i2.3474.
- Malachovskienė E, Bridžiuvienė D, Ostrauskaitė J, Vaičekauskaitė J, Žalūdienė G. 2023. A comparative investigation of the biodegradation behaviour of linseed oil-based cross-linked composites filled with industrial waste materials in two different soils. *Journal of Renewable Materials*. 11(3):1255–1269. doi:10.32604/jrm.2022.023574.
- Manasikana OA, Mayasari AAfN. 2019. Pemanfaatan limbah kulit jagung dan ampas tebu sebagai kertas kemasan ramah lingkungan utilization of corn and baggase skin waste as a packaging paper environmentally friendly. *J Zarah*. 7(2):79–85.
- Maytana R, Khairuddin, Candra Purnawan. 2019. Karakterisasi kemasan kertas berbasis komposit ramah lingkungan dari campuran polyvinyl alcohol (pva) dan kanji. *Jurnal UNS*
- Mufridayati, Syahrul Humaidi, Tua Raja Simbolon. 2013. Pembuatan dan karakterisasi kertas dari campuran serat jambul nanas dan serat jerami padi. *Saintia Fisika*. 2(1).
- Mulyani D, Akbar S, Jati S. 2023. Identifikasi timbulan dan nilai ekonomi limbah elektronik (e-waste) rumah tangga di Kota Pontianak. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*. 19(1): 15–26.



- Nasir, Sahrial, Arisandi M. 2024. Pengaruh natrium hidroksida (naoh) dan polyvinyl acetate (pvac) terhadap kualitas kertas dari pelelah pinang (areca catechu 1 .) The effect of sodium hydroxide (naoh) and polyvinyl acetate (pvac) on the quality of paper from areca palm fronds. *Program studi teknologi industri pertanian, univ jambi.*8(4)
- Nur AS, Marlinda. 2021. Ketahanan sobek kertas dari pulp campuran sabut kelapa (cocos nucifera) dan pelelah pisang kepok (*musa paradisiaca linn*). *Jurnal Teknik Kimia Vokasional.* 1(2):65–70. doi:10.46964/jimsi.v1i2.867.
- Nurmin N, Sabang SM, Said I. 2018. Penentuan kadar natrium (na) dan kalium (k) dalam buah pisang kepok (*musa paradisiaca l.*) Berdasarkan Tingkat Kematangannya. *Jurnal Akademika Kimia.* 7(3): 115.
- Pratama NR. 2025. Pengaruh natrium hidroksida (naoh) terhadap mutu fisik kemasan kertas dari limbah kulit kopi (*coffea arabica l*). *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia.* 8(4).
- Ridwan, Fitri, Ariani H. 2022. Pembuatan bahan baku pulp dari pelelah pisang. *Saintis.* 3(2):28–36.
- [SNI] Badan Standarisasi Nasional. 2024. Kertas dan Karton sebagai Bahan Baku Pembuatan Kemasan Primer untuk Pangan. SNI 8218:2024.
- Saidah H, Sideman IA, Budianto MB, Widiyanty D, Karyawan DM, Seniari NM. 2024. Sosialisasi pengolahan sampah organik menjadi pupuk kompos di desa jelantik kabupaten lombok tengah. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA.* 7(2): 466-473.
- Saputra AZ, Fauzi AS. 2022. Pengolahan sampah kertas menjadi bahan baku industri kertas bisa mengurangi sampah di indonesia. *J Mesin Nusant.* 5(1):41–52. doi:10.29407/jmn.v5i1.17522
- Sari SA, Prastowo P, Muslim M. 2024. Peningkatan pengetahuan petani jagung Pakpak Bharat dalam mengolah limbah pangkal jagung menjadi pupuk organik ramah lingkungan. *Sarwahita : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat.* 21(3): 316-330.
- Sari. 2024. Uji kemepuan membran selulosa-na2edta dari limbah kulit jagung dalam mengikat ion logam pb2+ pada larutan pb(no3)2 capability. *Media Farm Indones.* 11(1): 982-992.
- Satriani D, Kusuma VV. 2020. Perhitungan harga pokok produksi dan harga pokok penjualan terhadap laba penjualan. *J Ilm MEA (Manajemen, Ekon dan Akuntansi).* 4(2):438. <https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jtin/article/view/645>.
- Siala M, Faradilla R, Oleo J. 2020. Potential natural materials for paper packaging: a review. *J Sains dan Teknol Pangan.* 5(4):3135–3142.Satriani D, Kusuma VV. 2020. Perhitungan harga pokok produksi dan harga pokok penjualan terhadap laba penjualan. *J Ilm MEA (Manajemen, Ekon dan Akuntansi).*
- Trisnawati OKAI, Tjahjanigrum ITD. 2017. Studi Laju Dekomposisi Serasah Pada Hutan Pinus di Kawasan Wisata Taman Safari Indonesia II Jawa Timur. *J SAINS DAN SENI ITS.* 6(2).
- Wibisono. 2018. Kekuatan Tarik dan Kekuatan Sobek Kertas dari Alang-Alang Melalui Proses Organosolv dengan Pelarut Etanol dan Lama Pemasakan yang Berbeda. *Semin Nas Pendidik Biol Dan Saintek III.*(2018):99–107.
- Ziliwu YM, Lase NK. 2025. Peran Mikroorganisme dalam Proses Degradasi Bahan Organik. 2(1):132–141.