

PEMANFAATAN LIMBAH KAYU DENGAN PENDEKATAN

***GREEN ENGINEERING* PADA UD ANDIKA, SIDOTANI**

SKRIPSI

OLEH :

PUTRI NANDA ALFEUS ZEBUA

18 815 0084



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2022

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 21/12/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)21/12/22

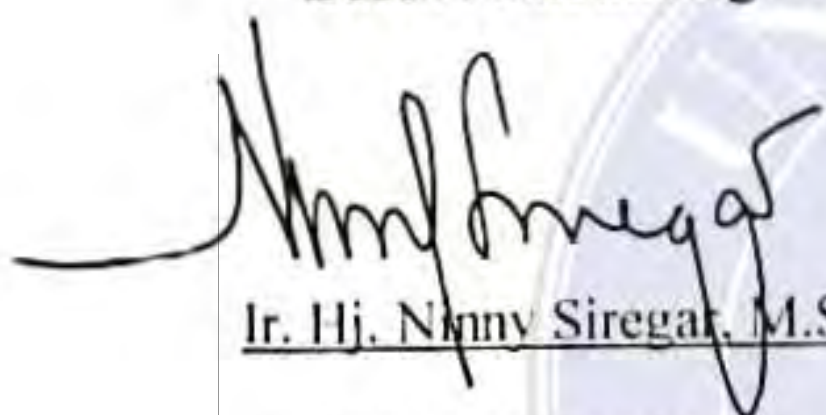
LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Kayu Dengan Pendekatan Green Engineering
Pada UD Andika, Sidotani
Nama : Putri Nanda Alfeus Zebua
NPM : 188150084
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh,
Komisi Pembimbing

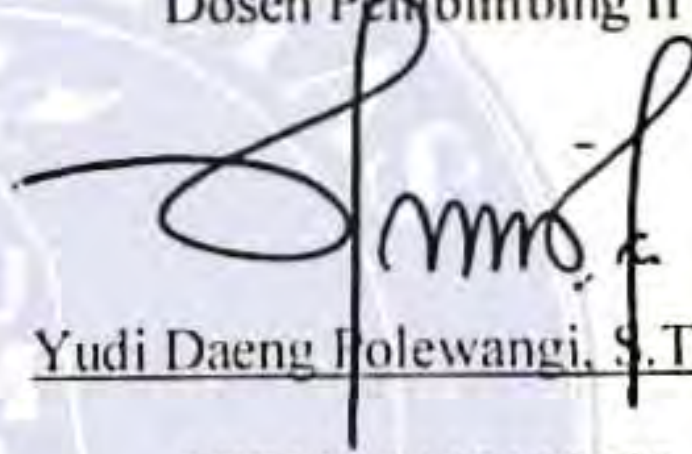
Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. Hj. Niny Siregar, M.Si

NIDN : 0127046201



Yudi Daeng Polewangi, S.T., M.T

NIDN : 0112118503

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi



Dr. Rahmat Syah, S.Kom., M.Kom

NIDN : 0105058804



Nukhe Andri Silviaua, S.T., M.T

NIDN : 27038802

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Tanggal Sidang : 13 September 2022
Document Accepted 21/12/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Putri Nanda Alfeus Zebua

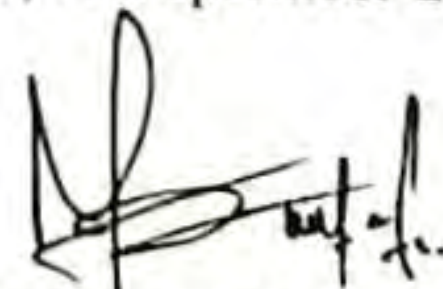
NPM : 188150084

Tempat dan Tanggal Lahir : Nias, 23 Juni 1999

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan Judul: "Pemanfaatan Limbah Kayu Dengan Pendekatan Green Engineering Pada UD Andika, Sidotani ." adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat, serta materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya, termasuk pencabutan gelar Sarjana Teknik yang akan saya dapatkan.

Medan, 13 September 2022



Putri Nanda Alfeus Zebua

188150084

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 21/12/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan
dibawah ini:

Nama : Putri Nanda Alfeus Zebua
NPM : 188150084
Program Studi : INDUSTRI
Fakultas : TEKNIK
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada
Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive-
Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul PEMANFAATAN
LIMBAH KAYU DENGAN PENDEKATAN GREEN ENGINEERING PADA
UD ANDIKA, SIDOTANI

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) Dengan hak bebas Royalti
Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih
media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data atau data base,
merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap
mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak
Cipta

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Medan

Pada tanggal 13 September 2022

UNIVERSITAS MEDAN AREA



© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang (Alfeus Zebua)

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa r
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dala

RINGKASAN

Putri Nanda Alfeus Zebua NPM 188150084. “Pemanfaatan Limbah Kayu Dengan Pendekatan Green Engineering Pada UD Andika, Sidotani”. Dibimbing oleh Ir. Hj. Ninny Siregar, M.Si dan Yudi Daeng Polewangi, ST., MT.

UD Andika, Sidotani merupakan perusahaan yang bergerak dibidang Industri Mebel. Perusahaan ini memproduksi berdasarkan pesanan yang masuk (*make to order*). Selama ini perusahaan kesulitan Mengolah limbah mebel dengan baik, Malahan limbah mebel yang di hasilkan perusahaan hanya menjadi tumpukan sampah di area kerja perusahaan yang dimana akan berpotensi mencemarkan lingkungan. Pengolahan limbah dengan menggunakan metode green engineering atau green productivity akan menghasilkan beberapa alternatif yang nantinya akan di pilih untuk di jadikan solusi dari permasalahan UD Andika. Alternatif yang kemudian dipilih ialah alternatif ke III(Alternatif Pembuatan Gantungan Kunci) yang di mana di lihat dari perhitungan green rasionya alternatif ketiga memiliki peran yang lebih besar dari pada alternatif 1 dan 2 baik peran dari segi Man, Material, Modal, maupun output yang di hasilkan. Dengan mengimplementasikan Alternatif ke III Mekan Limbah pada UD Anang akan berkurang dengan memanfaatkan kembali menjadi produk yang bernilai ekonomis.

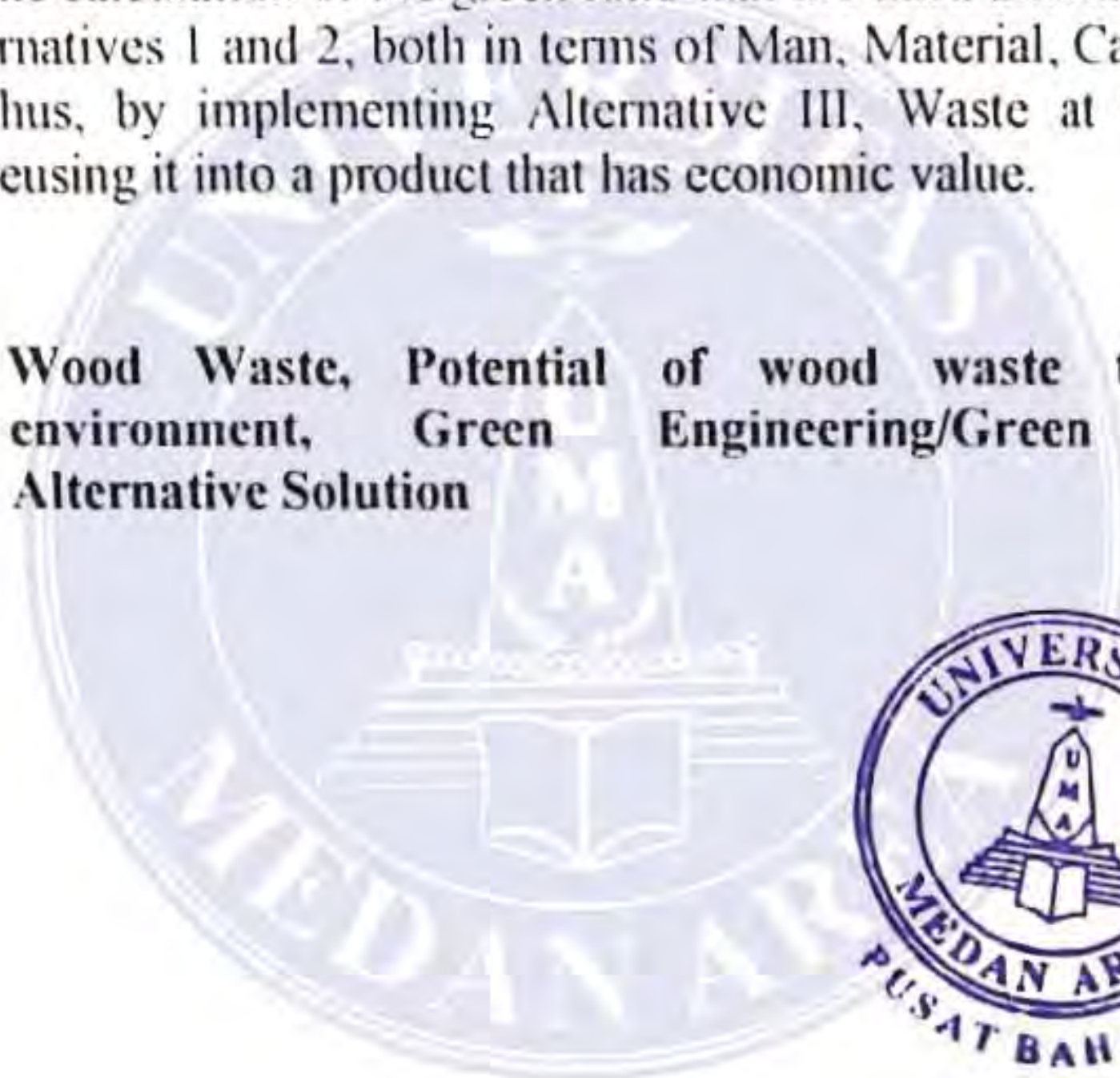
Kata Kunci : Limbah Kayu, Potensi limbah kayu mencemarkan lingkungan, Green Engineering/Green Productivity, Alternatif Solusi

ABSTRACT

Putri Nanda Alfeus Zebua. 188150084. "The Utilization of Wood Waste Using a Green Engineering Approach at UD Andika, Sidotani". Supervised by Ir. Hj. Ninny Siregar, M.Si. and Yudi Daeng Polewangi, S.T., M.T.

UD Andika, Sidotani is a company in the Furniture Industry. This company produces based on incoming orders (make-to-order). So far, the company has had difficulty processing furniture waste well. Moreover, the furniture waste produced by the company only becomes a pile of garbage in the company's work area that potentially pollutes the environment. Waste treatment using green engineering or green productivity methods will produce several alternatives that will later be selected as solutions to the problems of UD Andika. The alternative chosen was alternative III (Alternative for Making Keychains) shown from the calculation of the green ratio that the third alternative has a higher role than alternatives 1 and 2, both in terms of Man, Material, Capital, and output generated. Thus, by implementing Alternative III, Waste at UD Anang will decrease by reusing it into a product that has economic value.

Keywords: Wood Waste, Potential of wood waste to pollute the environment, Green Engineering/Green Productivity, Alternative Solution



6/10 2022

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 21/12/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Esa berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Pemanfaatan Limbah Kayu Dengan Pendekatan Green Engineering pada UD Andika, Sidotani”**. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Strata-I Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan skripsi ini bermanfaat bagi banyak pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

- 1 Kedua orang tua saya, yang tak henti hentinya memberikan dukungan dan doa yang begitu luar biasa sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyelesaian tugas skripsi ini adalah wujud rasa hormat, cinta dan terimakasih penulis kepada kedua orang tua
- 2 Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
- 3 Bapak Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area
- 4 Ibu Nukhe Andri Silviana, ST, MT Selaku Ketua Prodi Teknik Industri Universitas Medan Area
- 5 Ibu Ir. Hj. Ninny Siregar, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I
- 6 Bapak Yudi Daeng Polewangi, ST, MT., Selaku Dosen Pembimbing II

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN	
RINGKASAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Batasan Masalah	5
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	6
1.6. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Sistem Lingkungan Industri.....	8
2.2. Pengertian Limbah dan Limbah Kayu	8
2.2.1. Pengertian Kayu	9
2.2.2. Sifat Kayu	9
2.3. Berbagai Macam Limbah Kayu.....	11
2.4. Alternatif Pemanfaatan	12

2.5. Pengolahan Limbah Kayu.....	16
2.6. Industri Penghasil Limbah Kayu.....	17
2.7. Keberadaan Industri Kayu dalam Industri	18
2.8. Pengukuran dan Evaluasi Produktivitas	19
2.9. Green Productivity	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	32
3.2. Objek Penelitian.....	32
3.3. Variabel Penelitian.....	32
3.3.1. Variabel Bebas (<i>Independen Variabel</i>)	32
3.3.2. Variabel Terikat (<i>Dependen Variabel</i>)	32
3.4. Kerangka Berfikir	33
3.5. Pengumpulan Data.....	34
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	36
4.1. Pengumpulan Data.....	36
4.1.1. Data Biaya Input	36
4.1.2. Data Output	37
4.1.3. Data Limbah Mebel	38
4.1.4. Bahan Proses Produksi.....	39
4.2. Proses Produksi Mebel.....	40
4.3. Pemanfaatan Limbah Kayu dengan Metode GP	42
4.3.1. <i>Getting Started</i>	42
4.3.1.1. Informasi Awal	42

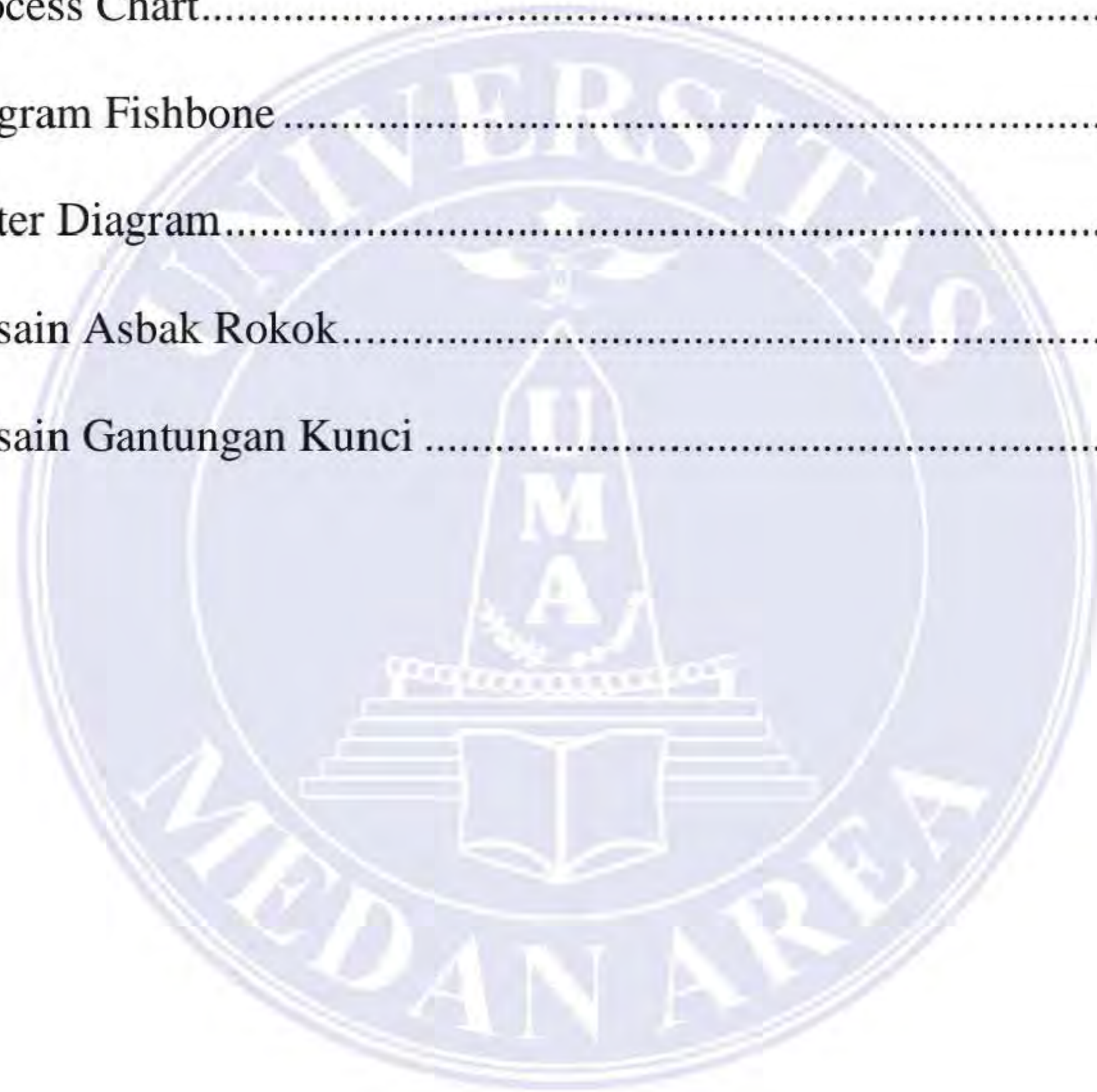
4.3.1.2. Process Chart.....	43
4.3.1.3. Material Balance	44
4.3.2. <i>Planing</i>	45
4.3.3. <i>Generation and Evaluation</i>	48
4.3.4. Estimasi Kontribusi Waste Setiap Alternatif	60
4.3.5. Kontribusi Alternatif Terhadap Pendapatan Masyarakat	61
4.3.6. Green Productivity Index.....	62
4.3.7. Memilih Alternatif Terpilih	63
4.3.8. <i>Implementation Of GP Options</i>	63
4.3.9. <i>Monitoring and Review</i>	65
4.3.10. <i>Sustaining Green Productivity</i>	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1. Kesimpulan	71
5.2. Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73

DAFTAR TABEL

TABEL	HALAMAN
1.1. Limbah Kayu 2021	3
4.1.Data Biaya Material	36
4.2.Data Biaya Tenaga Kerja	37
4.3. Data Jumlah Output	38
4.4.Data Limbah Mebel	38
4.5.Identifikasi Penyebab Timbulnya Limbah(Scrap)	46
4.6.Usulan Alternatif Penyelesaian	50
4.7.Data Perhitungan Estimasi Biaya Alternatif I.....	52
4.8.Perhitungan GP Alternatif I	53
4.9.Data Perhitungan Estimasi Biaya Alternatif II.....	53
4.10.Perhitungan GP Alternatif II	56
4.11.Data Perhitungan Estimasi Biaya Alternatif III	59
4.12. Perhitungan GP Alternatif III.....	59
4.13. Kontribusi Terhadap Aspek Pendapatan Masyarakat	62
4.14. Green Productivity ratio dan Green Productivity Index	62
4.15. Besar Kontribusi Masing-masing Alternatif	63

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	HALAMAN
1.1. Limbah Kayu.....	2
3.1. Kerangka Berfikir	33
3.2. Diagram Alur Penelitian	35
4.1. Process Chart.....	44
4.3. Diagram Fishbone	47
4.4. Scater Diagram.....	51
4.5. Desain Asbak Rokok.....	57
4.6. Desain Gantungan Kunci	60



BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Di era globalisasi ini, seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, industri dan ilmu pengetahuan, maka kebutuhan akan kayu semakin meningkat dari tahun ke tahun. Dengan meningkatnya jumlah limbah kayu, penggundulan hutan menjadi semakin parah. sebagai apresiasi atas peringatan global juga kebutuhan manusia yang terus meningkat. Limbah biasanya dari industri pengolahan kayu dibuang atau dibakar karena dianggap tidak memiliki nilai jual ekonomis. Potongan sisa kayu tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran biasanya menumpuk dan membandingkan proporsional dengan produksi industri mebel. Tidak jarang di satu tempat perusahaan mebel menemukan limbah kayu yang bertumpuk di sudut ruangan belum dibakar atau dibawa pergi penduduk sekitar seperti kayu bakar. Untuk tujuan ini kayu dituntut untuk dapat efisien, salah satu cara untuk menggunakan kayu yang efisien adalah dengan menggunakan limbah kayu yang tidak terpakai menjadi produk lebih berguna.

Industri mebel adalah salah satu bentuk industri yang bergerak di bidang perkayuan. Aspek produksi yang dilakukan oleh pengerajin tersebut adalah membuat perabotan rumah tangga dari kayu. Perabotan ini meliputi meja, kursi, lemari dan lain sebagainya. Dimana dalam hal ini pasti juga akan menghasilkan berbagai jenis limbah dalam pengolahannya, Limbah yang dihasilkan pun ada dua yaitu limbah potongan kayu dan serbuk kayu.

UD Andika Sidotani yang merupakan industri yang bergerak dibidang mebel yang berlokasi di Desa Sidotani, Kabupaten Simalungun, Kecamatan Bandar. Produk mebel yang dihasilkan UD Andika seperti pintu, jendela, meja dan kursi. Kualitas mebel yang dihasilkan oleh pengerajin di UD Andika ini cukup baik sehingga pesanan yang diterima juga cukup banyak. Semakin banyak pesanan yang diterima oleh pengerajin maka semakin banyak juga limbah yang dihasilkan . limbah yang dimaksud adalah potongan-potongan kayu sisa produksi yang ukurannya tidak terlalu besar sehingga tidak bisa lagi digunakan sebagai bahan mebel atau prabot rumah tangga. Berikut adalah gambar limbah pada UD Andika Sidotani.



Gambar 1.1. Limbah Kayu UD Andika Sidotani

Bagi pengerajin UD Andika, limbah hasil produksi mebel dianggap benda yang tidak memiliki manfaat dan tidak memiliki nilai jual. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pemahaman pengerajin dalam pengolahan limbah mebel tersebut. Kesalahan dalam mengolah limbah akan menyebabkan kerusakan pada lingkungan dan menjadi sumber penyakit bagi pengerajin maupun masyarakat sekitar. Contohnya ialah pencemaran pada lingkungan yaitu pencemaran pada air, seperti menumpuknya limbah kayu di saluran air yang pada akhirnya menyebabkan banjir disaat musim penghujan tiba. Berikut adalah jumlah limbah kayu pada Tahun 2022 dapat dilihat pada Tabel 1.1

Tabel 1.1. Limbah Kayu Tahun 2021

PERIODE (2021)	Data Jumlah Limbah
JANUARI	250 Kg
FEBRUARI	250 Kg
MARET	255 Kg
APRIL	250 Kg
MEI	255 Kg
JUNI	250 Kg
JULI	255 Kg
AGUSTUS	255 Kg
SEPTEMBER	255 Kg
OKTOBER	250 Kg
NOVEMBER	250 Kg
DESEMBER	250Kg

Sumber:UD. Andika Sidotani

Dari tabel limbah kayu diatas dapat disimpulkan bahwa limbah kayu yang dihasilkan UD Andika Sidotani tiap bulannya cukup terbilang banyak, jika limbah mebel tersebut tidak terolah dengan baik maka akan merugikan UD Andika baik dari segi ekonomi maupun lingkungan. Oleh karena itu saya sebagai penulis ingin menciptakan alternatif solusi yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomis dari permasalahan UD Andika Sidotani dengan menggunakan metode Green Engineering/ green productivity . langkah awalnya ialah menggumpulkan data-data dari pembuatan limbah mebel seperti Man, Material, Modal, dan Waste. Setelah data tersebut telah terkumpul maka dilakukan pengolahan data dengan menggunakan metode Green Productivity. Tujuan Green Productivity ialah untuk mengurangi limbah mebel, mengurangi pencemaran lingkungan, manajemen material serta peningkatan produk. Pada proses pengolahan data akan dicari Green Productivity dari masing-masing alternatif yang dimana ada 3 alternatif usulan yang akan dipertimbangkan yaitu alternatif I sebagai alternatif pembanding, alternatif II pembuatan asbak rokok dan alternatif ke III pembuatan gantungan kunci. Jika GP masing masing alternatif telah didapat maka akan dilakukan pemilihan alternatif dengan memilih alternatif yang kontribusi GPnya (Green Productivity) lebih besar dari alternatif lainnya, setelah pemilihan alternatif maka akan didapat alternatif solusi dari permasalahan UD Andika Sidotani.

Green Productivity adalah strategi peningkatan produktivitas bisnis dan kinerja lingkungan secara bersamaan, untuk keseluruhan pembangunan sosial dan ekonomi. Pendekatan metode ini diharapkan dapat mengevaluasi dan memberikan

alternatif-alternatif solusi perbaikan untuk peningkatan produktivitas dan kinerja lingkungan .

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang dikaji dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara mengurangi limbah mebel yang berupa potongan-potongan kayu menjadi alternatif yang ramah lingkungan.?
2. Bagaimana cara pemanfaatan limbah mebel agar bernilai ekonomis.?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini agar terfokus pada pemecahan masalah yang telah dirumuskan, yaitu :

1. Dalam penelitian ini limbah yang digunakan adalah limbah industri mebel yang berupa potongan-potongan kayu dalam bentuk balok dan papan.
2. Penelitian ini mencakup alternatif yang diusulkan dengan menggunakan metode Green Productivity dan bukan merupakan produk.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dituliskan sebelumnya, adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui cara pengurangan limbah mebel yang berupa potongan-potongan kayu menjadi alternatif yang ramah lingkungan.
2. Mengetahui cara pemanfaatan limbah mebel agar bernilai ekonomis.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Peneliti

Hasil penelitian ini dapat mendewasakan pikiran mahasiswa untuk melaksanakan setiap perolehan dan pemecahan masalah yang ada di masyarakat dan lingkungan kampus. Penelitian ini digunakan sebagai implementasi dari penerapan teori-teori yang sebelumnya telah didapat selama kegiatan perkuliahan.

2. Bagi UKM Pembuatan Mebel

Melalui penelitian ini diharapkan mampu mengurangi limbah sisa produksi sekaligus untuk meningkatkan nilai ekonomis industri mebel terutama pada UD Andika.

1.6. Sistematika Penulisan

1. Bab I Pendahuluan, meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, kerangka konseptual serta sistematika penulisan.
2. Bab II Tinjauan pustaka meliputi landasan teori yang berisikan hal-hal mengenai pengendalian mutu, statistik dan analisisnya.
3. Bab III Metodologi Penelitian meliputi waktu dan lokasi penelitian, bahan dan alat penelitian, jenis dan sumber data, metode pengumpulan data, metode data, analisis kemampuan proses, kerangka berpikir.

4. Bab IV Pengumpulan Dan Pengolahan Data Dalam bab ini berisikan data awal yang selanjutnya diolah menjadi informasi yang akan dibahas pada bagian analisis
5. Bab VI Kesimpulan Dan Saran Bab ini berisikan kesimpulan berisikan jawaban dari perumusan masalah dan tujuan penelitian serta diberikan juga saran, yang berisikan tentang perbaikan penelitian dimasa yang akan datang.
6. Daftar Pustaka berisikan tentang sumber sumber yang digunakan dalam penelitian ini, baik jurnal, buku, ataupun kutipan dari internet ataupun sumber-sumber lainnya.
7. Lampiran berisikan kelengkapan alat dan hal lain yang perlu untuk dilampirkan sehingga memperjelas uraian penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Lingkungan Industri

Sistem adalah bagian dari alam semesta yang diamati. Jika dikaitkan dengan materi termokimia, sesuatu yang menjadi pusat perhatian atau pusat pengamatan yang kita pelajari perubahan energinya, yaitu suatu reaksi kimia. Lingkungan adalah suatu yang mengelilingi atau berada di luar sistem.

Menurut Hitt, et.al (2001), Lingkungan Industri adalah serangkaian faktor-faktor ancaman dari pelaku bisnis baru, supplier, pembeli, produk pengganti, dan intensitas persaingan diantara para pesaing yang secara langsung mempengaruhi perusahaan dan tindakan serta tanggapan kompetitifnya

2.2. Pengertian Limbah dan Limbah Kayu

Berdasarkan Undang-Undang Pokok Lingkungan Hidup (UUPLH) RI No. 23 Tahun 1997, yang dimaksud dengan limbah adalah : sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Sementara itu pengertian limbah kayu adalah : kayu sisa potongan dalam berbagai bentuk dan ukuran yang terpaksa harus dikorbankan dalam proses produksinya karena tidak dapat menghasilkan produk (output) yang bernilai tinggi dari segi ekonomi dengan tingkat teknologi pengolahan tertentu yang digunakan (DEPTAN, 1970). Sunarso dan Simarmata (1980) dalam Iriawan (1993) menjelaskan bahwa limbah kayu adalah : sisa-sisa kayu atau bagian kayu yang dianggap tidak bernilai ekonomi lagi dalam proses tertentu, pada waktu tertentudan tempat tertentu yang mungkin masih dimanfaatkan pada proses dan waktu yang berbeda.

2.2.1. Pengertian Kayu

Kayu adalah bahan yang terdiri dari sel-sel. Struktur yang terdiri atas sel tersebut memberikan kayu banyak sifat-sifat dan ciri-ciri yang unik. Kerapatan adalah perbandingan antara massa atau berat benda terhadap volumenya. Kerapatan kayu berhubungan langsung dengan porositasnya, yaitu proporsi volume rongga kosong. (Koch, 1964). Dewasa ini industri perkayuan di Indonesia semakin diminati oleh negara lain, akan tetapi karakteristik kayu yang dikehendaki lebih spesifik, diantaranya kadar air yang sesuai dengan iklim pada masing-masing negara. Kadar air yang dikehendaki mencapai hingga dibawah 10 %. Keadaan tersebut tidak dapat dicapai jika pengeringan dilakukan secara alamiah, karena itu di perlukan pengeringan buatan (Budianto, 1996).

2.2.2. Sifat Kayu

Kayu merupakan salah satu material yang banyak dipergunakan sebagai bahan konstruksi bangunan dan bahan baku meubel. Berbagai keunggulan kayu menyebabkan kayu masih banyak diminati para penggunanya walaupun sekarang ini telah banyak material lain seperti baja, beton, plastik, dll yang notabeneanya juga dapat dipergunakan sebagai bahan konstruksi dan mebel. Sebagai produk alam yang tersusun atas karbon (46% C), hydrogen (6%H), oksigen (44%O) serta mineral (1%). Panshin, et.al, (1964) mengemukakan bahwa kayu memiliki sifat higroskopis dimana keberadaan sifat ini menyebabkan kayu dapat menyerap (absorpsi) dan melepaskan (desorpsi) air untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungannya. Kemampuan absorpsi dan desorpsi kayu ini berakibat pada besarnya kadar air yang selalu berubah tergantung pada suhu dan kelembaban lingkungan sekitarnya.

Kadar air merupakan banyaknya air yang dikandung kayu yang dinyatakan dalam persen terhadap berat kering tanurnya (Brown, et al, 1952). Tsoumis (1991) mengemukakan bahwa besarnya kadar air dalam pohon hidup bervariasi antara 30-300% tergantung dari spesies pohon, (hardwood atau softwood), posisi dalam batang (vertical dan horizontal serta musim (salju, semi, panas dan gugur).

Dalam sel, keberadaan air dikelompokkan menjadi dua yaitu air bebas yang terletak pada rongga, memberikan pengaruh berat pada kayu serta air terikat yang terletak pada dinding sel dan mikrofoid yang memberikan pengaruh berat dan dimensi pada kayu. Jumlah air bebas tergantung porositas dan volume kayu (Siau-1971). Pengaruh perubahan dimensi yang disebabkan karena absorpsi atau desorpsi air terikat terjadi pada kondisi kadar air dibawah titik jenuh serat (TJS). Peristiwa ini dikenal dengan pengembangan dan penyusutan kayu. Penyusutan kayu selain dipengaruhi oleh kadar air juga dipengaruhi oleh berat jenis kayu. Berat jenis memberikan pengaruh hubungan yang linier positif terhadap penyusutan kayu, semakin tinggi berat jenis suatu kayu maka penyusutan kayu akan semakin tinggi (Tsoumis, 1991).

Berdasarkan strukturnya pada kayu, sel merupakan komponen terkecil penyusunan tanaman. Satu unit sel terdiri atas rongga dan dinding sel, dimana ukuran rongga dan ketebalan dinding sel untuk jenis pohon akan berbeda. Perbedaan inilah yang berakibat terhadap bervariasinya sifat fisis dari suatu jenis. Dengan mengetahui sifat fisis pada kayu diharapkan akan sangat berguna dalam rangka memanfaatkan kayu secara optimum baik ditinjau dari segi kekuatan, keindahan ataupun lamanya penggunaan.

Skar (1989) mengemukakan bahwa kayu sebagaimana bahan berlignoselulosa lainnya memiliki sifat higroskopis yaitu dapat menyerap atau melepas air dari lingkungannya. Tsoumis (1991) menambahkan bahwa air yang diserap dapat berupa uap air atau air dalam bentuk air cair.

2.3. Berbagai Macam Limbah Kayu

Berdasarkan asalnya limbah kayu dapat digolongkan sebagai berikut :

- a. Limbah kayu yang berasal dari daerah pembukaan lahan untuk pertanian dan perkebunan antara lain berupa kayu yang tidak terbakar, akar, tunggak, dahan dan ranting.
- b. Limbah kayu yang berasal dari daerah penebangan pada areal HPH dan IPK antara lain potongan kayu dengan berbagai bentuk dan ukuran, tunggak, kulit, ranting pohon yang berdiameter kecil dan tajuk dari pohon yang ditebang.
- c. Limbah hasil dari proses industri kayu lapis dan penggergajian berupa serbuk kayu, potongan pinggir, serbuk pengamplasan, log end (hati kayu) dan veneer(lembaran triplek).

Simarmata dan Haryono (1986) dalam Iriawan (1993) menyatakan bahwa limbah kayu dapat dibedakan menjadi 2 golongan yaitu :

- a. Limbah kayu yang terjadi pada kegiatan eksploitasi hutan berupa pohon yang ditebang terdiri dari batang sampai bebas cabang, tunggak dan bagian diatas cabang pertama.

- b. Limbah kayu yang berasal dari industri pengolahan kayu antara lain berupa lembaran veneer rusak, log end atau kayu penghara yang tidak berkualitas, sisa kupasan, potongan log, potongan lembaran veneer, serbuk gergajian, serbuk pengamplasan, sebetan, potongan ujung dari kayu gergajian dan kulit.

2.4. Alternatif Pemanfaatan

Limbah kayu khususnya dari industri kayu lapis telah dimanfaatkan sebagai papan blok, papan partikel (particle board) maupun sebagai bahan bakar pemanasketel uap. Adapun limbah dari industri penggergajian kayu pemanfaatannya belum optimal. Alternatif yang bisa dikembangkan untuk pemanfaatan limbah industri penggergajian kayu sebagai berikut :

a. Arang Serbuk dan Arang Bongkah

Khusus untuk pembuatan arang dari serbuk gergajian kayu, teknologi yang digunakan berbeda dengan cara pembuatan arang sistem timbun dan klin bata. Teknologi yang digunakan dengan konstruksi yang dibuat dari plat besi siku yang dapat dibongkar pasang (knock down) dan ditutup dengan seng lembar. Dalam 1 hari (9 jam) dapat mengarangkan serbuk sebanyak 150 – 200 kgyang menghasilkan rendemen arang antara 20-24%. Arang serbuk gergajian yang dihasilkan dapat dibuat atau diolah lebih lanjut menjadi briket arang, arang aktif dan sebagai media semai tanaman.

b. Arang Aktif

Arang aktif adalah arang yang diolah lebih lanjut pada suhu tinggi sehingga pori-porinya terbuka dan dapat digunakan sebagai bahan adsorben. Proses

pembuatannya dengan cara oksidasi gas pada suhu tinggi dan kombinasi antara cara kimia dengan menggunakan H_3PO_4 sebagai bahan pengaktif dan oksidasi gas. Hasil penelitian Pari (1996) menyimpulkan bahwa arang aktif dari serbuk gergajian sengon yang dibuat secara kimia dapat digunakan untuk menarik logam Zn, Fe, Mn, Cl, PO_4 dan SO_4 yang terdapat dalam air sumur yang terkontaminasi dan juga dapat digunakan untuk menjernihkan air limbah industri pulp/kertas. Arang aktif yang diaktivasi dengan bahan pengaktif NH_4HCO_3 menghasilkan arang aktif yang memenuhi standar Jepang dengan daya serap yodium lebih dari 1050 mg/g dan rendemen arang aktifnya sebesar 38,5% (Pari.1999).

c. Energi

Jenis limbah yang digunakan sebagai sumber energi dapat berupa potongan ujung, sisa pemotongan kupasan, serutan dan serbuk gergajian kayu yang kesemuanya digunakan untuk memanaskan ketel uap. Pada industri kayu lapis keperluan pemakaian bahan bakar untuk ketel uap sebesar 19,7% atau 40%. Dari total limbah yang dihasilkan. Untuk industri pengeringan papan skalakecil proses pengeringan dilakukan secara langsung dengan membakar limbah sebetan atau potongan ujung, panas yang dihasilkan dengan bantuan blower dialirkan kedalam suatu ruangan yang berisi papan yang akan dikeringkan. Hasil penelitian Nurhayati (1991) menyimpulkan bahwa untuk mengeringkan papan sengon sebanyak 10260 kg berat basah pada kadar air 161,04% menjadi 5220kg papan pada kadar air 6,58% selama 6 hari menghabiskan limbah sebanyak 3433kg. Teknologi lainnya adalah proses

konversi kayu menjadi bahan bakar melalui proses glasifikasi fluidized bed yang menghasilkan nilai kalor gas sebesar 7,106 MJ/m³ dengan komposisi gas H₂ = 5,6%, CO = 11,77%, CH₄ = 4,34%, C₂H₆ = 0,21%, N₂ = 57,69 %, O₂ = 0,40% dan CO₂ = 15,71%

d. Soil Conditioning

Penggunaan arang baik yang berasal dari limbah eksploitasi maupun yang berasal dari industri pengolahan kayu untuk soil conditioning merupakan salah satu alternatif pemanfaatan arang selain sebagai sumber energi. Secara morfologis arang memiliki pori-pori yang efektif untuk mengikat dan menyimpan hara tanah. Oleh sebab itu aplikasi arang pada lahan-lahan terutama lahan miskin hara dapat membangun dan meningkatkan kesuburan tanah, karena dapat menambah beberapa fungsi antara lain : sirkulasi udara dan air tanah, pH tanah, merangsang pembentukan spora endo dan ekto mikoriza dan menyerap kelebihan CO₂ tanah, sehingga dapat meningkatkan produktifitas lahan dan hutan tanaman.

e. Kompos dan Arang

Kompos Serbuk gergaji merupakan salah satu limbah industri pengolahan kayu gergajian. Alternatif pemanfaatan dapat dijadikan kompos untuk pupuk tanaman. Hasil penelitian Komarayati (1996) menunjukkan bahwa pembuatan kompos serbuk gergaji kayu tusam (*Pinus merkusii*) dan serbuk gergaji kayu karet (*Havea braziliensis*) dengan menggunakan activator EM4 dan pupuk kandang menghasilkan kompos dengan nisbah C/N 19,94 dan rendemen 85% dalam waktu 4 bulan. Selain itu Pasaribu (1987) juga

memanfaatkan serbuk gergaji sengon (*Paraserianthes falcataria*) sebagai bahan baku kompos. Kompos yang dihasilkan mempunyai nisbah C/N 46,91 dengan rendemen 90% dalam waktu 35 hari.

f. Briket Arang

Briket arang adalah arang aktif hasil dari proses karbonisasi yang diolah lebih lanjut menjadi bentuk briket. Berdasarkan hasil penelitian Hartoyo et al (1978) menyimpulkan bahwa kualitas briket arang yang dihasilkan setaraf dengan briket arang buatan Inggris dan memenuhi persyaratan yang berlaku di Jepang karena menghasilkan kadar abu dan zat mudah menguap yang rendah serta tingginya kadar karbon terikat dan nilai kalor. Briket arang dari serbuk gergajian ini dapat digunakan sebagai salah satu sumber energi alternatif sebagai pengganti minyak tanah dan kayu bakar, dengan sendirinya Indonesia akan terselamatkan CO₂ sebanyak 3,5 juta ton sedangkan untuk dunia karena kebutuhan kayu bakar dan arang untuk tahun 2000 saja diperkirakan sebanyak $1,70 \times 10^9$ m³ maka jumlah CO₂ yang dapat dicegah pelepasannya sebanyak $6,07 \times 10^9$ ton CO₂/th (Moriera, 1997).

2.5. Pengolahan Limbah Kayu

Limbah kayu adalah sisa-sisa kayu atau bagian kayu yang dianggap tidak bernilai ekonomi lagi dalam proses tertentu, pada waktu tertentu dan tempat tertentu yang mungkin masih dimanfaatkan pada proses dan waktu yang berbeda. Yang umumnya terdiri atas: sisa gergajian, sisa potongan panjang dan pendek, dan kulit kayu. Dalam penelitian ini hanya memanfaatkan limbah hadil potongan memanjang

dan hasil potongan memendek, yang pada umumnya tidak dapat digunakan sebagai komponen kayu. Menurut wawancara dengan Cv Aditya (Bapak Gede), limbah yang dihasilkan dari industri kayu dapat mencapai 25%-30% dari volume bahan kayu gelondongan. Kayu-kayu limbah yang ada di industri pengolahannya terdiri dari jenis kayu jati, kamper, besi, dan kayu lokal. Pemanfaatan limbah tidak terlepas dari kebutuhan manusia akan produk desain.

Menurut Sinulingga (2008), akibat perkembangan pendidikan dan peningkatan intensitas interaksi sosial/ budaya antar individu dan antar kelompok masyarakat menuntut adanya perubahan-perubahan produk baru. Dari berbagai bentuk baru manusia akan merasa terpuaskan. Bentuk dapat dihasilkan dari kreatifitas. Menurut Munandar (1985), kreatifitas adalah kemampuan untuk membuat kombinasi baru, berdasarkan data, informasi atau unsur-unsur yang ada. Kreativitas merupakan kualitas suatu produk atau respons yang dinilai kreatif oleh pengamat yang ahli, tegas Amabile dalam Dedi Supriadi (1994) Definisi ini sering digunakan dalam bidang keilmuan dan kesenian, baik yang menyangkut produk, orang, proses maupun lingkungan tempat orang-orang kreatif mengembangkan kreatifitasnya..

2.6. Industri Penghasil Limbah Kayu

Di Indonesia ada tiga macam industri kayu yang secara dominan mengkonsumsi kayu dalam jumlah relatif besar, yaitu penggergajian, vinir/kayu lapis dan pulp/kertas. Yang menimbulkan masalah adalah limbah penggergajian yang kenyataannya dilapangan masih ada yang di tumpuk sebagian dibuang ke aliran sungai (pencemaran air), atau dibakar secara langsung (ikut menambah emisi

karbon di atmosfer). Produksi total kayu gergajian Indonesia mencapai 2.6 juta m³ per tahun (Forestry Statistics of Indonesia 1997/1998).

Dengan asumsi bahwa jumlah limbah yang terbentuk 54.24 persen dari produksi total maka dihasilkan limbah penggergajian sebanyak 1.4 juta m³ per tahun; angka ini cukup besar karena mencapai sekitar separuh dari produksi kayu gergajian. Adanya limbah yang dimaksud menimbulkan masalah penanganannya yang selama ini dibiarkan membusuk, ditumpuk dan dibakar yang kesemuanya berdampak negatif terhadap lingkungan sehingga penanggulangannya perlu dipikirkan. Salah satu jalan yang dapat ditempuh adalah memanfaatkannya menjadi produk yang bernilai tambah dengan teknologi terapan dan kerakyatan sehingga hasilnya mudah disosialisasikan kepada masyarakat. Hasil evaluasi menunjukkan beberapa hal berpeluang positif sebagai contoh teknologi terapan dimaksud dapat diterapkan secara memuaskan dalam mengkonversi limbah industri pengolahan kayu menjadi arang serbuk, briket arang, arang aktif, arang kompos dan soil conditioning.

2.7. Keberadaan Industri Kayu dalam industri

Keberadaan dan peran industri hasil hutan utamanya kayu di Indonesia dewasa ini menghadapi tantangan yang cukup berat berkaitan dengan adanya ketimpangan antara kebutuhan bahan baku industri dengan kemampuan produksi kayu secara lestari. Bila memperhatikan kondisi hutan alam yang makin menurun

berarti makin langkanya bahan baku kayu, serta besarnya tantangan berbagai aspek khususnya di sektor kehutanan (lingkungan, ekolabel, perdagangan karbon) maka perlu dilakukan perubahan mendasar dalam kebijakan pembangunan kehutanan, salah satunya dengan mengedepankan peran inovasi teknologi yang lebih berpihak kepada masyarakat khususnya industri kecil, meningkatkan efisiensi pengolahan hasil hutan serta memaksimalkan pemanfaatan kayu dan limbah biomassa yang mengarah kepada zero limbah.

Limbah utama dari industri kayu dibedakan menjadi beberapa jenis, di antaranya kulit kayu, potongan-potongan kecil dan serpihan-serpihan kayu hasil penggergajian dan pemotongan, serta serbuk kayu dan debu. Limbah tersebut sangat sulit dikurangi. Saat ini, kebanyakan produsen hanya dapat memanfaatkan limbah mereka seoptimal mungkin menjadi barang lain yang memiliki nilai ekonomis, seperti kulit kayu untuk bahan kerajinan, potongan kayu untuk dijadikan arang, serbuk kayu yang diolah menjadi briket, dan lain sebagainya. Limbah kayu inilah yang kemudian dapat di daur ulang dan dimanfaatkan untuk berbagai macam hal dan kerajinan lainnya.

Dalam rangka efisiensi penggunaan kayu perlu diupayakan pemanfaatan limbah kayu menjadi produk yang lebih bermanfaat. Namun mereka yang mengerjakan home industri kayu itu rata-rata adalah pengusaha kecil dan menengah. Meski sudah dipasarkan hingga ke luar kota, para perajin mengaku belum mampu melakukan ekspor. Hambatannya adalah kualitas dan pengetahuan yang masih minim. Beribu lembar kayu irisan dengan ukuran standar itu ternyata setiap pabrik menghasilkan juga limbah kayu yang ukurannya tidak standar. Limbah

itu ada yang besar, lebar, sempir, panjang dan pendek sesuai dengan sisa gergajian dari kayu asli yang masuk ke dalam mesin-mesin gergajian otomatis yang merajai pabrik kayu olahan yang ada di beberapa tempat di Pontianak di Kalimantan Barat. Kayu-kayu limbah sisa ini hampir tidak ada harganya. Limbah ini dibuang begitu saja oleh pabrik pengolah, bahkan kadangkadang bisa menjadi limbah yang berbahaya karena tidak ada yang memanfaatkannya, tertumpuk liar di tempat pembuangan limbah di sekitar pabrik atau di tempat-tempat pembuangan limbah yang makin sarat dengan limbah serupa. Dengan adanya sentuhan seni seperti yang dikerjakan oleh pengrajin di Bali, mungkin bisa merubah limbah kayu itu menjadi benda seni yang laku dijual.

2.8. Pengukuran dan Evaluasi Produktivitas

Pengukuran adalah sebuah langkah awal yang bersifat normatif dalam melakukan suatu perencanaan baik untuk tujuan perbaikan atau peningkatan maupun tujuan pengembangan. Sumanth mengembangkan model pengukuran produktivitas dengan memperhatikan pengaruh utama semua faktor input terhadap output yang sifatnya tangible. Berdasarkan faktor yang terlibat, Sumanth mengelompokkan pengukuran produktivitas menjadi 3 jenis yaitu Partial Productivity, Total Factor Productivity, dan Total Productivity. Partial Productivity, merupakan rasio dari output dengan salah satu jenis input saja. Misalnya produktivitas tenaga kerja (rasio output dengan input tenaga kerja).

Total Factor Productivity, merupakan rasio dari output bersih dengan jumlah tenaga kerjadan modal. Output bersih memiliki pengertian yaitu selisih antara output total dengan material dan jasa. Total Productivity, merupakan rasio

antara output total dengan jumlahan semua input. Input yang dimaksud disini adalah material, tenaga kerja, modal, energy, dan input lainnya. Secara garis besar produktivitas total diformulasikan sebagai berikut. Total Productivity sama dengan total output dibagi dengan total input

Evaluasi adalah fase berikutnya setelah pengukuran produktivitas dilakukan. Tujuan evaluasi adalah mendapatkan informasi yang akurat tentang tingkat kemajuan perusahaan saat ini relatif terhadap kemajuan yang dicapai dalam periode sebelumnya ditinjau dari sudut capaian produktivitas. Evaluasi produktivitas pada dasarnya dilakukan untuk mendapatkan kepastian jawaban dimana posisi perusahaan saat ini (where the company is standing now). Untuk lebih membantu dalam evaluasi hasil pengukuran produktivitas tersebut maka beberapa alat bantu yang umum digunakan adalah:

1. Pembuatan scatter diagram/trend pengukuran produktivitas baik untuk produktivitas total. Pembuatan scatter diagram dengan jelas menggambarkan trend dan fluktuasi capaian produktivitas dari periode ke periode.
2. Pembuatan tabel deviasi yang menunjukkan plus – minus produktivitas masing-masing produk relative terhadap periode sebelumnya. Sumanth (1985), mengembangkan serangkaian alternative perbaikan produktivitas dengan pendekatan output dan input yang disebutnya pola evaluasi produktivitas atau productivity Evaluation Tree (PET).

Menurut Sumanth, estimasi produktivitas disebut sebagai budgeted Productivity dapat ditetapkan dengan dua metode. Estimaasi produktivitas total

dihitung dengan menggunakan bilangan deviasi dari capaian produktivitas total periode yang lalu. Indeks i dan t dan periode ke t . Estimasi produktivitas total dihitung sebagai berikut:

Metode 1: Exponential Smoothing Pada akhir periode awal ($t=0$), estimasi produktivitas total untuk periode berikutnya ($t=1$) yaitu bulan februari dapat dilihat pada persamaan 2.1

$$PT'_i = \alpha PT_{i0} + (1-\alpha)PT'_{i0}$$

(2.1) Dimana :

PT'_i = Aktual Produktivitas total produk i untuk periode t .

α = Parameter dimana $0 \leq \alpha \leq 1$

$$\alpha = \frac{2}{M+1}$$

Variasi produktivitas total dengan estimasi produktivitas total dapat dihitung dengan rumus pada persamaan 2.2.

$$VPT^l_{it} = PT_{i1} - PT'_{i1}$$

Metode 2 : Metode PET (Productivity Evaluation Tree) Untuk metode dua terdapat produktivitas asumsi yang telah ditetapkan oleh manajemen perusahaan sebagai target terbaik dari produktivitas total perusahaan. Rumus yang digunakan pada persamaan 2.3

$$PT^*_i = \frac{O_{it}}{I_{it}}$$

2.9. Green Productivity

Green Productivity merupakan bagian dari program peningkatan produktivitas yang ramah lingkungan dalam menjawab isu global tentang

pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*). Green Productivity adalah salah satu konsep peningkatan produktivitas yang berorientasi kepada perlindungan lingkungan yang didasarkan atas keseimbangan antara peningkatan produktivitas dan pembangunan berkelanjutan. Konsep Green Productivity diambil dari penggabungan dua hal penting dalam strategi pembangunan, yaitu :

1. Perlindungan lingkungan.
2. Peningkatan Produktivitas.

Green Engineering atau Green Productivity mempunyai empat tujuan umum dalam rangka meningkatkan kualitas lingkungan dan ekonomi produksi ketika diimplementasikan pada rantai produksi, yaitu:

1. Pengurangan Limbah (Waste Reduction).
2. Manajemen Material (Material Management).
3. Pencegahan Polusi (Pollution Prevention).
4. Peningkatan Nilai Produk (Product Enhancement).

Green engineering adalah suatu konsep sejenis yang memberikan kerangka untuk rancangan material, produk, proses, dan sistem baru yang baik untuk kesehatan manusia dan lingkungan. Green engineering dapat digunakan untuk setiap sektor industri yang terlibat dalam rancangan dan manufaktur. Prinsip Green Engineering sebagai berikut :

1. Perancang perlu untuk memastikan semua input dan output material dan energi yang terlibat setidak berbahaya mungkin.
2. Sebaiknya mencegah terjadinya waste dibandingkan untuk memperbaiki waste setelah terbentuk.

3. Operasi pemisahan dan pemurnian harus dirancang untuk menggunakan energi dan material seminimal mungkin.
4. Produk, proses, dan sistem harus dirancang untuk memaksimalkan massa, energi, ruang, dan efisiensi waktu.
5. Ketahanan target, harus menjadi suatu tujuan.
6. Rancangan untuk pemecahan ketidakpastian kapasitas atau kapabilitas harus dilihat dari kesalahan rancangan.
7. Keragaman material dalam produk multikomponen harus dikurangi untuk membantupembongkaran dan nilainya.
8. Integrasikan material lokal dan aliran energi dalam proses rancangan.
9. Kinerja produk, proses, dan sistem harus dirancang untuk penggunaan setelahnya
10. Input material dan energi harus dapat diperbaharui.

Adapun langkah-langkah dalam Green Productivity adalah sebagai berikut:

1. Getting started

Langkah awal dalam GP adalah mulai membentuk tim GP untuk mengkoordinasikan pelaksanaan GP. Kemudian tim ini melakukan pencarian informasi dengan melakukan walk through survey. Pada tahap ini harus sudah menentukan Flow Chart/Process Chart, dan material balance. Kemudian tim GP

harus mengetahui operasi-operasi yang menghasilkan waste termasuk estimasi atau perkiraan mengenai waste yang dihasilkan dari tiap-tiap proses berbeda. Berikut ini adalah tool yang digunakan beserta jenis data yang diperlukan adalah :

a. Flow Chart/Process Chart.

Merupakan diagram yang menjelaskan tentang aktivitas yang berkelanjutan seperti pengumpulan informasi, analisis, operasi. Dalam kerangka GP Flow Chart digunakan untuk mengidentifikasi proses produksi mulai bahan jadi sampai siap untuk dipasarkan. Informasi-informasi yang diperlukan untuk analisis setiap komponen pembentuk suatu produk lengkap dengan lebih terperinci dapat diperoleh melalui Peta Aliran Proses.

b. Material Balance

Berfungsi untuk proses evaluasi kuantitatif terhadap material input dan output. Material balance adalah tool persediaan paling dasar, yang memberikan penilaian kuantitatif pada input dan output material. Pengembangan material balance untuk program manajemen lingkungan berdasar pada proses adalah Process Flow Diagram. Input dalam suatu proses atau unit operasi dapat termasuk bahan baku, kimia, air, udara, dan energi. Output termasuk produk primer, by-product, reject, waste cair, waste gas. Limbah perlu disimpan dalam pembuangan atau untuk penggunaan kembali. Material dan energy balance sejalan, karena material balance yang dipakai untuk mengkaji energi disebut energy balance.

2. Planning

Pada tahap planning, berdasarkan pada informasi yang telah dikumpulkan, tim GP melakukan 2 tahapan yaitu identifikasi permasalahan serta penyebabnya dengan menggunakan tool antara lain diagram sebab akibat dan brainstorming. Setelah mengidentifikasi permasalahan tersebut, maka perlu ditentukan tujuan dan target yang akan dicapai sebagai petunjuk tim GP untuk memilih alternatif solusi.

Diagram Ishikawa ini disebut juga diagram tulang ikan (fishbone diagram) dan berguna untuk memperlihatkan faktor-faktor utama yang berpengaruh pada kualitas dan mempunyai akibat pada masalah yang dipelajari, selain itu juga dapat dilihat faktor-faktor yang lebih terperinci yang berpengaruh dan mempunyai akibat pada faktor utama tersebut yang dapat dilihat dari panah-panah yang berbentuk tulang ikan pada diagram fishbone tersebut. Diagram sebab akibat ini diperkenalkan pertama kalinya oleh Profesor Kaoru Ishikawa (Universitas Tokyo) pada tahun 1943.

Untuk mencari faktor penyebab terjadinya penyimpangan kualitas kerja, maka orang akan selalu mendapatkan bahwa ada lima faktor penyebab utama yang perlu diperhatikan, yaitu

1. Manusia.
2. Metode Kerja.
3. Mesin atau peralatan kerja lainnya.
4. Bahan baku.
5. Lingkungan Kerja.

Langkah-langkah dalam membuat diagram sebab akibat, yaitu:

- a. Mengidentifikasi masalah utama.
- b. Menempatkan masalah utama tersebut di sebelah kanan diagram.
- c. Mengidentifikasi penyebab mayor dan meletakkannya pada diagram utama.
- d. Mengidentifikasi penyebab minor dan meletakkannya pada penyebab mayor.
- e. Diagram sebab akibat telah selesai, kemudian dilakukan evaluasi untuk menentukan penyebab sesungguhnya.

Setelah mengidentifikasi permasalahan tersebut, maka perlu ditentukan tujuan dan target yang akan dicapai sebagai petunjuk tim Green Productivity untuk memilih alternatif solusi.

3. Generation and evaluation of GP option

Tahap ini merupakan tahap yang paling kritis dan memerlukan kreatifitas tim.

Tahapan ini memiliki 2 langkah utama yaitu :

- 1) Menyusun alternatif-alternatif GP Untuk menemukan metode-metode yang dapat memecahkan permasalahan. Alternatif-alternatif tersebut kemudian dievaluasi untuk dipilih dengan menggunakan metode - metode pemilihan alternatif.
- 2) Screening, evaluation, dan prioritization dari alternative-alternatif GP. Disaat alternatif-alternatif GP telah teridentifikasi, maka Tim akan memilih dan memprioritaskan alternative yang paling memungkinkan.

4. Implementation of GP options

Tahap keempat dari pelaksanaan GP adalah menyusun rencana implementasi yang melibatkan detail pelaksanaan kegiatan, personil dan batasan waktu pelaksanaan. Untuk menjamin pelaksanaan itu, maka perlu dilakukan pelatihan untuk membangun pemahaman mengenai peran masing-masing personil dalam mengimplementasikan GP.

5. Monitoring and review

Dilakukan untuk menentukan efektifitas metodologi GP, yang meliputi manfaat dan penghematan yang diperoleh, kesulitan-kesulitan yang dihadapi selama pelaksanaan dan identifikasi untuk perbaikan selanjutnya.

6. Sustaining GP

Langkah akhir dari metodologi GP adalah membentuk system terstruktur untuk menjamin perbaikan produktivitas dan kinerja lingkungan secara terus-menerus dalam GP.

Indikator Green Engineering : Indikator Green Engineering adalah suatu strategi, dimana diperlukan suatu indikator yang dapat mengukur kinerja strategi secara kuantitatif. Pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan Green Engineering Index dan Green Engineering

Ratio sebagai indikator dapat dilihat pada persamaan 2.4.

$$GP_{Index} = \frac{PRODUKTIVITAS}{Dampak yang ditimbulkan} \dots\dots\dots 2.4.$$

Perhitungan Green Engineering Ratio untuk manusia, material, modal, dan energi dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.5. s.d. persamaan 2.8.

$$GPR_{Human} = \frac{OUTPUT}{INPUT_{human}} \dots\dots\dots 2.5.$$

$$GPR_{Material} = \frac{OUTPUT}{INPUT_{material}} \dots\dots\dots 2.6.$$

$$GPR_{Modal} = \frac{OUTPUT}{INPUT_{modal}} \dots\dots\dots 2.7.$$

$$GPR_{Energy} = \frac{OUTPUT}{INPUT_{energy}} \dots\dots\dots 2.8.$$

Rasio untuk waste dihitung sebagai berikut dengan persamaan 2.9. berikut

$$GPR_{Waste} = \frac{KgWaste}{KgMaterialInput} \dots\dots\dots 2.9.$$

Konsep Waste Reductions : Waste reductions adalah pengurangan sejumlah limbah padat atau limbah yang berbahaya yang ditimbulkan oleh perusahaan. Pengurangan limbah ini meliputi reduksi sumber limbah dan daur ulang. Waste Reductions dapat dicapai dengan beberapa cara yaitu :

- a. Melakukan setiap proses dalam sistem sebaik – baiknya. Proses yang dilakukan dengan baik dapat mengurangi timbulnya limbah serta membuat proses menjadi lebih efisien. Hal ini dapat menguntungkan bagi perusahaan.
- b. Penggantian material, penggunaan bahan yang lebih sedikit atau tidak berbahaya untuk pembuatan produk dan jasa dapat mengurangi atau bahkan menghilangkan limbah.
- c. Memodifikasi proses atau teknologi dalam sistem. Modifikasi proses atau teknologi dalam sistem dapat mengurangi limbah yang ditimbulkan oleh perusahaan, hal ini dapat dilakukan dengan perubahan proses produksi,

pengubahan penempatan atau layout peralatan, mengganti peralatan yang ada saat ini dengan peralatan sejenis lebih efisien, atau dengan otomatisasi peralatan.

- d. Pengurangan konsentrasi limbah. Reduksi limbah juga dapat dilakukan dengan penggunaan peralatan seperti filter atau sludgedryers untuk mengurangi konsentrasi limbah dalam air sekaligus jumlah dan beratnya.
- e. Penggunaan kembali, daur ulang, atau pemulihan. Material yang dapat digunakan kembali misalnya larutan yang didestilasi atau disaring.

Analisis Financial : Analisis finansial dilakukan untuk mengetahui seberapa besar manfaat yang diperoleh, biaya yang dikeluarkan, berapa keuntungannya, kapan pengembalian investasi terjadi dan tingkat suku bunga berapa investasi memberikan manfaat (Suharjito dkk., 2008). Beberapa metode discounting yang dapat dipakai yaitu :

- a) Net present value (NPV) NPV adalah suatu metode discounting yang sifatnya tahunan, untuk melihat perbedaan antara cash outflow dengan cash inflow yang diperoleh melalui siklus hidup proyek pada bunga tetap. Diskon dilakukan pada titik dimana implementasi proyek dimulai. NPV diperoleh selama siklus hidupnya proyek. Menurut Gittinger (2008), NPV menggunakan rumus ;

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{Bt - Ct}{(1+i)^t}$$

Dimana :

Bt : Manfaat yang diperoleh tiap tahun.

C_t : Biaya yang dikeluarkan tiap tahun.

t : 1,2, ..., n

n : Jumlah tahun

i : Discount rate (suku bunga 13 %)

dengan kriteria sebagai berikut:

$NPV > 0$: proyek menguntungkan dan dapat dilaksanakan

$NPV = 0$: proyek tidak untung dan tidak rugi (terserah pelaksana proyek)

$NPV < 0$: proyek merugikan, dan tidak dapat dilaksanakan

- b) Internal rate of return (IRR) IRR adalah tingkat diskonto dimana present value untuk cash inflow sebanding dengan present value untuk cash outflow, atau suatu tingkat dimana present value penerima proyek sama dengan present value investasi sehingga net present valuenya bernilai nol. IRR merepresentasikan keuntungan pasti dari proyek. Menurut Sucipto (2010), IRR dihitung dengan rumus :

$$IRR = I_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1)$$

Dimana :

IRR : Internal Rate of Return (tingkat keuntungan internal)

i_1 : tingkat diskonto untuk menghasilkan NPV_1 mendekati nol.

NPV_1 : nilai NPV mendekati nol positif. i_2 : tingkat diskonto untuk menghasilkan NPV_2 negatif mendekati nol.

NPV_2 : nilai NPV negatif mendekati nol

dengan kriteria sebagai berikut:

Jika $IRR >$ bunga pinjaman bank, maka diterima

Jika $IRR <$ bunga pinjaman bank, maka ditolak



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di UD. Andika, di desa Sidotani, kabupaten Simalungun, kecamatan bandar. Penelitian ini di laksanakan pada bulan januari 2022 sampai dengan selesai.

3.2. Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah pada UD.Andika, penelitian ini berfokus pada limbah pembuatan mebel.

3.3. Variabel penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas (independen variabel) dan variabel terikat (dependen variabel).

3.3.1. Variabel bebas (*Independen variabel*)

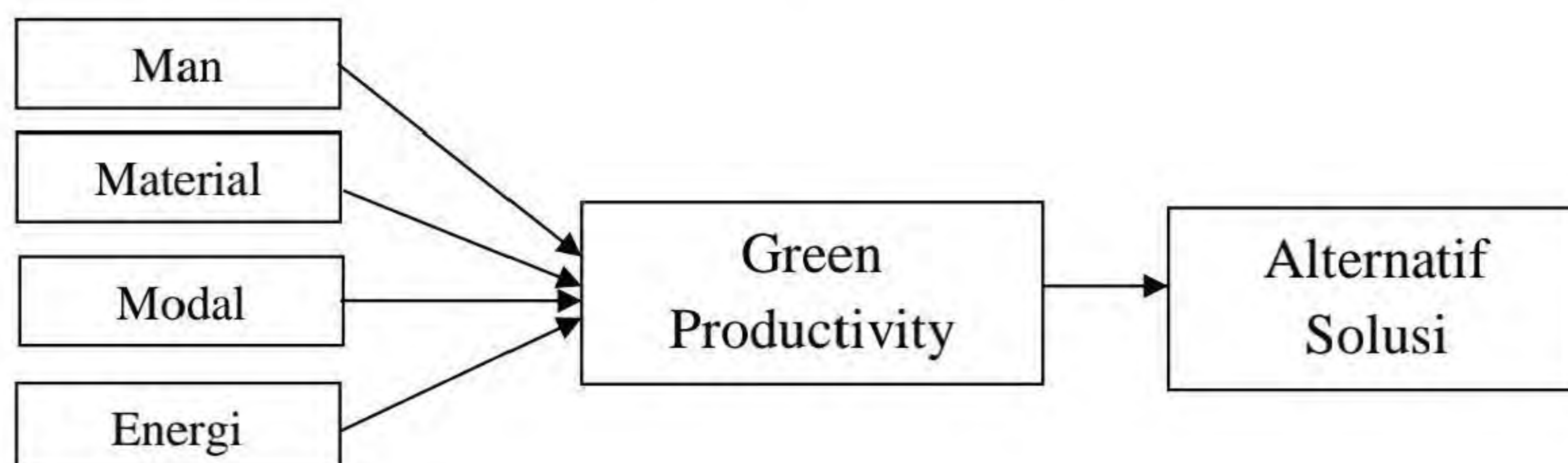
Merupakan variabel yang mempengaruhi variabel terikat (Dependent variabel). Pada penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah limbah mebel.

3.3.2. Variabel terikat (*Dependent variabel*)

Merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Pada penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah Alternatif solusi pada limbah mebel dengan menggunakan metode Green Productivity.

3.4. Kerangka Berfikir

Kerangka konseptual dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 3.1 Kerangka Konseptual

Pada penelitian ini analisa awal yang dilakukan ialah mengumpulkan data-data pembuatan limbah mebel seperti Man, Material, dan Modal. Setelah data tersebut telah terkumpul maka dilakukan pengolahan data dengan menggunakan metode Green Productivity. Green Productivity ialah konsep peningkatan produktivitas yang berorientasi kepada perlindungan lingkungan yang didasarkan atas keseimbangan antara peningkatan produktivitas dan pembangunan berkelanjutan. Adapun tujuan Green Productivity adalah untuk mengurangi limbah mebel, mengurangi pencemaran lingkungan, manajemen material serta peningkatan produk.

Pada proses pengolahan data akan dicari Green Productivity dari masing-masing alternatif yang dimana ada 3 alternatif usulan yang akan dipertimbangkan yaitu alternatif I sebagai alternatif pembanding, alternatif II pembuatan asbak rokok dan alternatif ke III pembuatan gantungan kunci.

Jika GP masing masing alternatif telah didapat maka akan dilakukan pemilihan alternatif dengan memilih alternatif yang kontribusi GPnya (Green Productivity) lebih besar dari alternatif lainnya, setelah pemilihan alternatif maka akan didapat alternatif solusi dari permasalahan UD Andika Sidotani.

3.5. Pengumpulan Data

Sumber-sumber data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ;

1. Data Primer

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

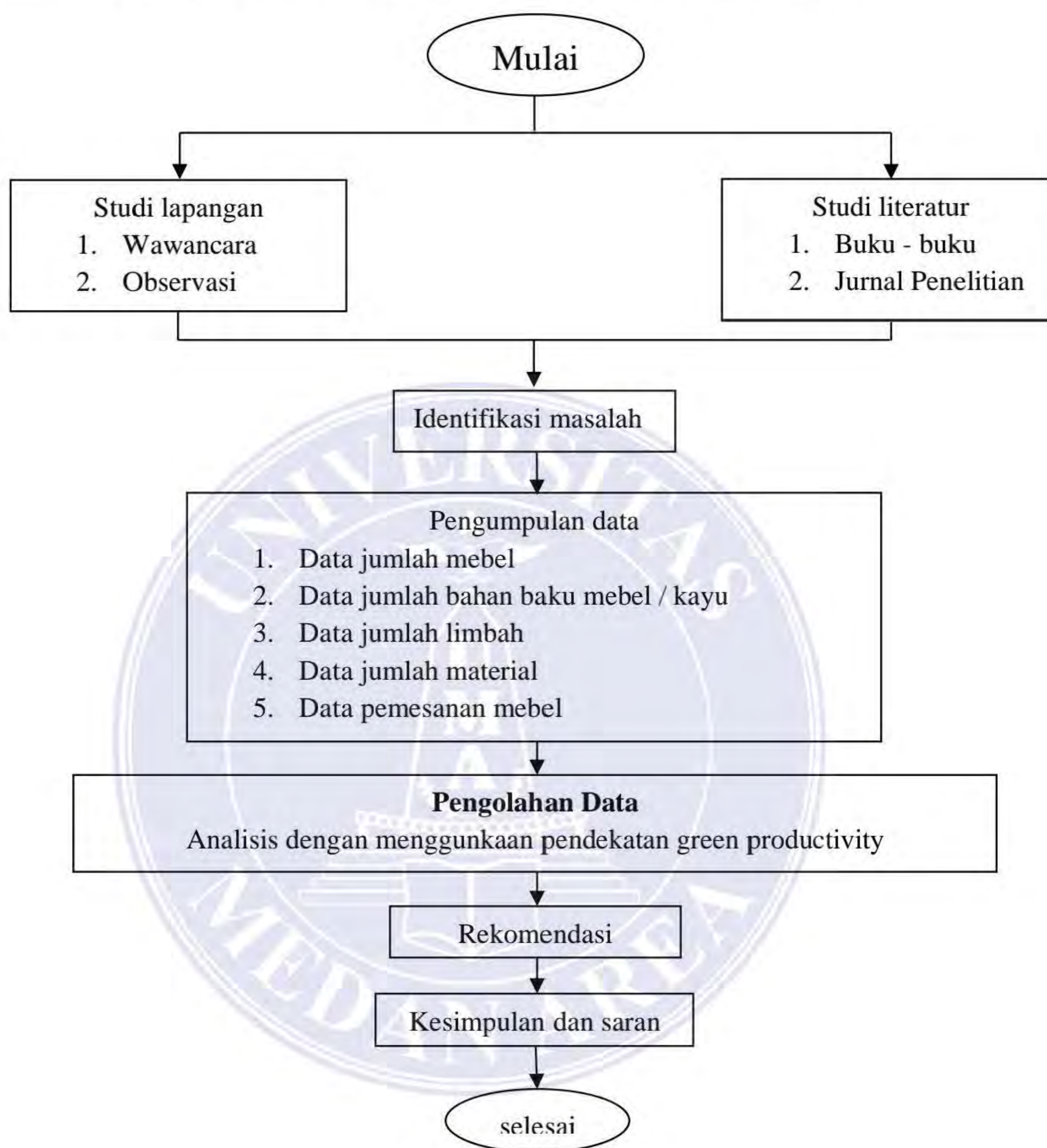
- a) Data wawancara
- b) Data proses produksi

2. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a) Data produk mebel yang dihasilkan
- b) Data limbah mebel

Diagram alur pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.2. berikut :



Gambar 3.2 diagram alur penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

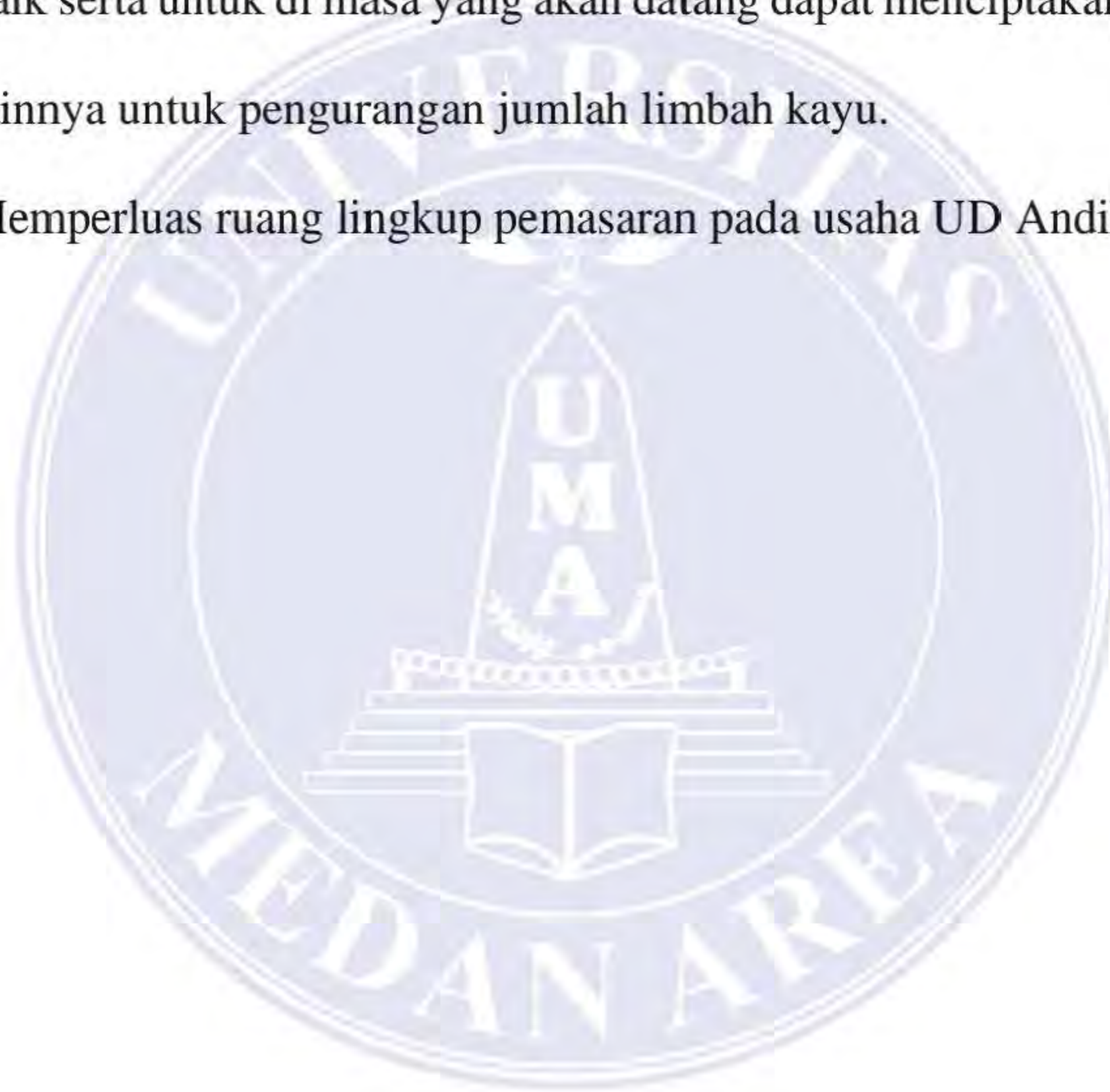
Setelah melakukan keseluruhan langkah-langkah penelitian dengan *Green Productivity* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Alternatif terpilih untuk mengurangi jumlah limbah mebel ialah alternatif ke III, digunakan sebagai bahan baku pembuatan gantungan kunci. Yang dimana pada alternatif III menunjukkan bahwa *Green Productivity* untuk Human sebesar 6,65 % yang menunjukkan adanya perubahan berarti dengan implementasi alternatif tersebut pada tenaga kerja, GP Material sebesar 7,00% menunjukkan adanya perbaikan produktivitas dalam penggunaan bahan, menunjukkan adanya perbaikan produktivitas yang dapat diperoleh dari segi modal, dan GP Waste mendekati 0 yang menunjukkan bahwa waste yang dihasilkan berkurang.
2. Jika Alternatif solusi III di implementasikan oleh perusahaan dan dengan pemsaran yang baik maka perusahaannya akan menerima pendapatan bersih lebih kurang Rp.5.000.000/bulannya.

5.2. Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan pada perusahaan untuk perbaikan di masa yang akan datang yaitu :

1. Mengimplementasikan *Green Productivity* pada limbah kayu hasil sisa produksinya.
2. Mengimplementasikan alternatif solusi pembuatan gantungan kunci dengan baik serta untuk di masa yang akan datang dapat menciptakan alternatif solusi lainnya untuk pengurangan jumlah limbah kayu.
3. Memperluas ruang lingkup pemasaran pada usaha UD Andika Sidotani



DAFTAR PUSTAKA

Daulat, Saragi. 2006. Nilai Keindahan Suatu Karya Seni. *Jurnal Seni Rupa Unimed* Vol 3 No 1. Medan.

Dyah Ika Susanti, Putu. (2006). “ Implementasi Green Productivity Sebagai Upaya Untuk Meningkatkan Produktivitas Dan Kinerja Lingkungan”. Tugas Akhir Teknik Industri-ITS

Haygreen, J. G., dan Bowyer J. L. 1989. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu Suatu Pengantar*. Terjemahan. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Hitt Michael, et al. 2001. *Strategic management competitiveness and globalization concepts*. Jakarta: Salemba Empat.

Iriawan, B. 1993. *Pemanfaatan Limbah Industri Kayu Lapis dan Industri Penggergajian Sebagai Bahan Baku Papan Partikel*. Makalah Seminar Mahasiswa Kehutanan Indonesia III, Samarinda.

Koch, P. 1964. *Wood Machining Processes*. The Ronald Press Company. New York.

Komarayati, S., Gusmailina & G. Pari. (2003). *Aplikasi arang kompos (Koch, 1964) pada anakan tusam (pinus merkusii)*. Buletin hasil penelitian hutan. 21(1), 15 - 21.

Menteri Lingkungan Hidup. 2010. Laporan Hasil Penilaian Program Peringkat Kinerja Perusahaan Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup 2010. Sumber http://www.tenangjaya.com/download/hasil_proper_2010.pdf tanggal 5 januari 2011

Munandar, S.C.U. (1985). *Mengem-bangkan Bakat dan Kreativitas Anak Sekolah*. Grasindo. Jakarta.

Putu dyah Ika S. 2006. Implementasi Green Productivity sebagai upaya untuk meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan. Sumber <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-7054-2502109010-makalah.pdf> tanggal 14 januari 2010.

Raharjo, Febrianto. 2007. "Ekonomi Teknik Analisis Pengambilan Keputusan". CV Andi Offset: Yogyakarta

Schoeder, Roger. 1985. *Productivity Engineering and Managenent*. Erlangga, Jakarta.

Silviana, A. N., Matondang, A. R., & Hidayati, J. (2017). Pemanfaatan Gas Flare Dengan Pendekatan Green Productivity Di PT.XY. *Sistem Teknik Industri*, 19, 12-19.

Suharjito, Didik, 2000, *Pengelolaan Hutan Berbasis Masyarakat*. Pustaka Jaya, Jakarta.

Sumanth, David J. (1985). *Productivity Engineering and Management*. New York: Mc Graw – Hill Book Company.

Sumanth, David J. (1998). *Total Productivity Management*. New York: A CRC Company.

Tsoumis G. 1991. *Science and Technology of Wood: Structure, Properties, Utilization*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Wali, G. Z., & Handayani, W. (2022). Analisis Kinerja Lingkungan Dengan Metode Green Prouctivity Pada Limbah Cair Pabrik Tahu FN Gersik . *Ekonomi,Keuangan dan Bisnis* , 4, 1227-1239.

Yusuf, M. (2016). Peningkatan Produktivitas Dengan Metode Green Productivity Pada Industri Pengolahan Tempe. *Seminar Nasional IENACO* , 444-449.

Yusuf, M. (2016). *Peningkatan Produktivitas Dengan Metode Green Productivity Pada Industri Pengolahan Tempe*. Seminar Nasional IENACO , 444-449.

Zulkifli, 2006. Pemanfaatan Limbah Kayu Untuk Dijadikan Produk Desain Yang Bernilai Guna Dan Bernilai Ekonomis.