

**PEMBUATAN KOMPOSIT PUZZLE BERBAHAN DASAR
SERAT BATANG JAGUNG DAN MatriK ALAMI
MENGUNAKAN TEKNOLOGI LASER CUTTING**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

**Nama : Rafiq Septiawan
No.Mahasiswa : 05 525 003
NIRM : 2005060008**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2012

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**PEMBUATAN KOMPOSIT PUZZLE BERBAHAN DASAR
SERAT BATANG JAGUNG DAN Matrik ALAMI
MENGUNAKAN TEKNOLOGI LASER CUTTING**

TUGAS AKHIR

Disusun oleh :

Nama : Rafiq Septiawan


No. Mahasiswa : 05 525 003

NIRM : 2005060008

Tim Penguji :

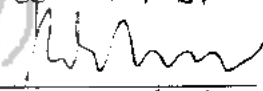
Muhammad Ridwan, ST., MT.

Ketua


Tanggal : 08/06/12

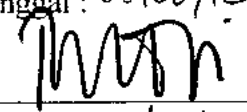
Agung Nugroho Adi, ST., MT.

Anggota I


Tanggal : 08/06/12

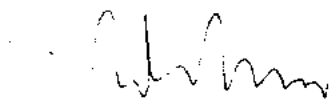
Purtojo, ST., M.Sc

Anggota II


Tanggal : 12/06/12

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin


Agung Nugroho Adi, ST., MT.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Laporan tugas akhir ini saya persembahkan kepada :

Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat serta hidayah-Nya dan Nabi Muhammad SAW, keluarga serta para sahabatnya.

Keluarga Saya :

Bapak Rasiman, Ibu Sri Muntama yang telah mendoakanku, yang sangat saya sayangi. Begitu tinggi pengorbanan mereka kepadaku, yang telah merawatku dan mendidikku, dan do'a mereka yang telah mengiringi hidupku.

Semoga Allah SWT, memanjangkan umur mereka, insya allah dapat melihat saya menjadi orang yang dibanggakan.

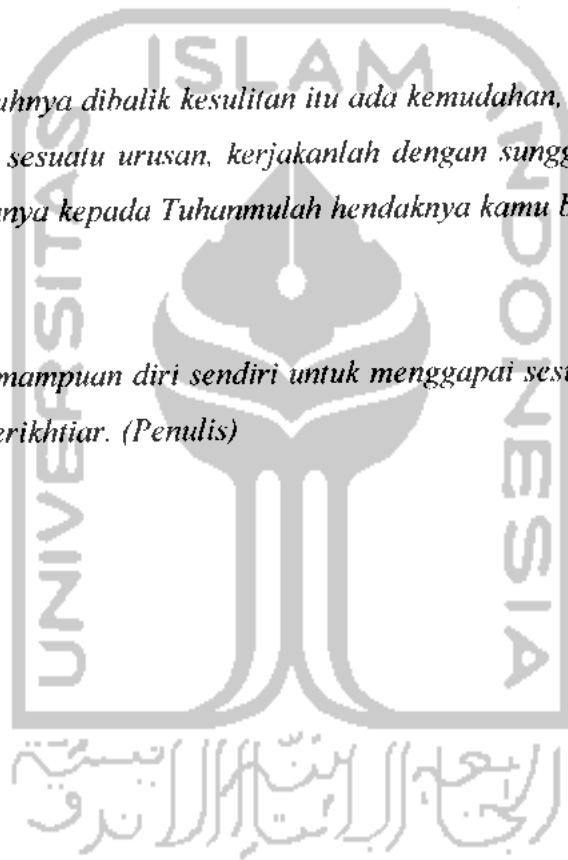
Adik-adikku Eka Rosiana dan suami Harry Erlangga, Fariz qu Ikhsan, Muhammad Fatur Rozaq serta ponakan Kika. Untuk Nur ayunia Pratiwi tercinta. Kalian adalah semangatku untuk terus belajar dan tak pernah menyerah.

HALAMAN MOTTO

"Rasul yang Kami utus sebelum kamu hanya orang-orang biasa yang Kami beri wahyu. Tanyakanlah kepada orang yang mengerti apabila kamu tidak tahu" (QS. An-Nahl; 16:43).

"Karena sesungguhnya dibalik kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai dari sesuatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap" (Q.S Alam Nasyarah : 6-8)

Berusaha atas kemampuan diri sendiri untuk menggapai sesuatu dengan diiringi rasa ikhlas dan berikhtiar. (Penulis)



KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Shalawat serta salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga, sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman, karena dengan segala rahmat, hidayah dan inayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Pembuatan Komposit *Puzzle* Berbahan Dsar Serat Batang Jagung dan Matrik Alami Menggunakan Teknologi *Laser Cutting*". Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tentunya penulis tidak lepas dari kesalahan-kesalahan dan kekurangan sehingga penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Selama menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas rahmat, hidayah dan inayah-Nya serta kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat sahabatnya, atas perjuangan dan amanahnya.
3. Ayah dan ibu tercinta serta adik-adikku yang selalu memberikan dukungan dan semangat supaya penulis bisa cepat menyelesaikan kuliah.
4. Bapak Ir. Zakky Sulistyawan, M. Sc., dan Bapak Muhammad Ridlwan, ST., MT., selaku dosen pembimbing dalam pembuatan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Agung Nugroho Adi, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

6. Bapak Ir. Gumbolo H.S., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
7. Bapak Ir. Tuasikal M. Amin, M.Sn., selaku Kepala Laboratorium Pertekstilan Jurusan Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Tekstil Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia beserta staf yang telah membantu dalam proses pembuatan material peredam bunyi.
8. Bapak dan Ibu dosen serta karyawan FTI UII yang telah membimbing dan membantu baik kegiatan akademis maupun administratif.
9. Teman-teman tim komposit 05 (Roni, Pungka, dan Yusta) dan tim *cooling tower* 05 (Sulis) atas dukungan, bantuan serta kerja samanya.
10. Teman-teman 05 yang lain yang sudah lulus ataupun yang belum lulus (Bambang, Tony, Wak Labu, dan lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu) terima kasih atas *support* dan bantuannya, temanku Amunk (TM03) terima kasih sudah bersama-sama bimbingan dan berjuang sampai lulus.
11. Teman-teman seperjuangan untuk menuntut ilmu di jogja (Awang, Adit, Redy, Doyok, Resna).
12. Teman-teman kos GG yang sudah lebih dulu lulus dan teman-teman terbaikk yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan serta melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada kita semua.

Penulis menyadari dengan segala kerendahan hati dan segala keterbatasan yang dimiliki seperti kata mutiara "Manusia adalah tempatnya salah dan lupa". bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari rekan-rekan mahasiswa, dosen dan berbagai pihak sangat diharapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat berguna bagi kita semua, amin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Mei 2012

(Rafiq Septiawan)

ABSTRACT

Many research have been done and get excellent results with the use of natural waste, mainly utilizing natural fibers that are the result of natural waste, such as corn stalks, and others. This was mostly done because it is lightweight, easily molded, corrosion resistance, low prices and have similar strength to the metal. The purpose of this thesis is the use of corn stalk fiber and natural matrix composite material as a filler for puzzles that are environmentally friendly products.

Material manufacture products using machine felts heat (hot press) by varying the composition of the corn stalk fiber, tapioca starch and water. Looking for the composition, pressure and temperature are right on the felt hot (hot press) are also at issue in this thesis. Having obtained the exact composition, the product material is then applied to the shape puzzle using a laser cutting machine as a tool for machining. Machining process carried out in two stages, engraving and cutting.

With the composition of the corn stalk fiber : starch : water each 2 : 1 : 2 with the pressure ($P_1 = 50$ bar, $P_2 = 100$ bar), temperature of 150°C , boiling 20 minutes long and the emphasis is 10 minutes, the product material obtained dense and the thickness of the flat.

Keywords : corn stalks fiber, natural composite, hot press process.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
HALAMAN MOTTO.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Batasan masalah.....	2
1.4 Tujuan penelitian.....	2
1.5 Manfaat penelitian.....	3
1.6 Sistematika penulisan.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 Tanaman jagung.....	4
2.2 Komposit matrik alami.....	5
2.3 Komposit serat (<i>fibrous composites</i>).....	8
2.4 Laser cutting.....	8
2.4.1 Prinsip kerja.....	9
2.4.2 Proses manufaktur.....	10

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1 Diagram alur penelitian.....	13
3.2 Bahan penelitian.....	14
3.2.1 Serat batang jagung.....	14
3.2.2 Tepung tapioka.....	14
3.3 Alat penelitian.....	15
3.4 Tahapan penelitian.....	19
3.4.1 Pembuatan serat batang jagung.....	19
3.4.2 Mekanisme pencampuran bahan.....	20
3.4.3 Menentukan gambar puzzle.....	21
3.4.4 Pemesinan laser cutting.....	21
BAAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Pembuatan produk.....	23
4.2 Hasil perancangan.....	27
4.2.1 Percobaan tahap pertama.....	27
4.2.2 Percobaan tahap kedua.....	27
4.3 Analisis material produk.....	28
4.3.1 Analisis percobaan tahap pertama.....	28
4.3.2 Analisis percobaan tahap kedua.....	30
4.4 Hasil pengujian.....	31
4.4.1 Karakteristik material produk.....	32
4.5 Biaya pembuatan produk <i>puzzle</i>	33
BAB V PENUTUP.....	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi serat batang jagung (Laboratorium FP USU, 2008).....	5
Tabel 3.1	Komposisi kimia tepung tapioca.....	15
Tabel 3.2	Tipe mesin <i>laser cutting</i>	17
Tabel 3.3	Komposisi material produk.....	21
Tabel 4.1	Hasil perbandingan percobaan tahap pertama pada material produk.....	27
Tabel 4.2	Hasil perbandingan percobaan tahap kedua pada material produk.....	28
Tabel 4.3	Proses <i>engraving</i> dan <i>cutting</i>	32
Tabel 4.4	Biaya Penelitian.....	33



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tanaman jagung setelah digiling.....	4
Gambar 2.2	Mesin laser cutting.....	9
Gambar 2.3	Cara kerja laser cutting.....	10
Gambar 2.4	Diagram ilustrasi proses pemotongan (Sianipar, 2011).....	11
Gambar 2.5	Hasil pengerjaan dengan mesin <i>laser cutting</i> (<i>laser cut & engraving fancy paper-jeans-leather-cork</i>).....	11
Gambar 3.1	Diagram alur penelitian.....	13
Gambar 3.2	Serat batang jagung.....	14
Gambar 3.3	Mesin kempa panas (<i>hot press</i>).....	15
Gambar 3.4	Cetakan.....	16
Gambar 3.5	Neraca digital.....	16
Gambar 3.6	Kompas.....	17
Gambar 3.7	Mesin <i>laser cutting</i> LC1290.....	17
Gambar 3.8	Proses pengadaan material.....	20
Gambar 3.9	Gambar animasi <i>spongebob</i>	21
Gambar 4.1	(a) Mesin kempa panas (<i>hot press</i>), (b) Komponen pengatur suhu.....	23
Gambar 4.2	(a) Penimbangan serat batang jagung, (b) Penimbangan tepung tapioka dan air.....	24
Gambar 4.3	Pembuatan lem.....	24
Gambar 4.4	Pembuatan adonan.....	25
Gambar 4.5	Perlakuan pada cetakan.....	25
Gambar 4.6	Memasukkan cetakan.....	26
Gambar 4.7	Pengambilan material produk.....	26

Gambar 4.8	(a) Hasil percobaan 1. (b) Hasil percobaan 2. (c) Hasil percobaan 3 (tahap pertama).....	29
Gambar 4.9	(a) Hasil percobaan 1, (b) Hasil percobaan 2, (c) Hasil percobaan 3 (tahap kedua).....	31
Gambar 4.10	Hasil produk.....	32



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Dewasa ini perkembangan teknologi bahan maju sangat pesat sekali, baik bahan logam maupun non logam. Bahan non logam yang banyak dilirik orang saat ini adalah komposit. Perkembangan komposit dengan memanfaatkan serat alam dan limbah rumah tangga dapat digunakan sebagai bahan alternatif pembuatan papan meja, kursi dan alat furniture lain dan lebih luas lagi dimanfaatkan sebagai aksesoris mobil seperti *dashboard*, *bumper* mobil dan lain-lainnya.

Banyak penelitian yang telah dilakukan dan mendapatkan hasil yang sangat memuaskan dengan memanfaatkan limbah alam, terutama memanfaatkan serat alam yang merupakan hasil limbah dari alam, contohnya batang jagung dan lain-lainnya. Hal ini banyak dilakukan karena bersifat ringan, mudah dibentuk, tahan korosi, harga yang murah dan memiliki kekuatan yang hampir sama dengan logam.

Produksi jagung tiap tahun fluktuatif. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) produksi jagung sampai tahun 2006 adalah sebagai berikut : Produksi jagung tahun 2003 naik 12,76 persen dibandingkan dengan produksi tahun 2002 disebabkan naiknya luas panen dan produktivitas. Produksi jagung tahun 2004 sebesar 11,23 juta ton pipilan kering atau naik sebesar 3,11 persen dibandingkan dengan produksi jagung tahun 2003. Kenaikan produksi jagung terutama disebabkan oleh kenaikan produktivitas dengan adanya perubahan varietas yang ditanam petani dari varietas lokal ke varietas komposit atau hibrida. Produksi jagung tahun 2005 sebesar 12,52 juta ton pipilan kering, naik sebesar 1,30 juta ton (11,57 persen) dibandingkan dengan produksi jagung tahun 2004. Peningkatan produksi jagung disebabkan oleh kenaikan luas panen dan produktivitas baik di Jawa maupun di luar Jawa. Produksi jagung tahun 2006 sebesar 11,61 juta ton pipilan kering. Dibandingkan produksi tahun 2005, terdapat penurunan sebesar

914,43 ribu ton (7.30 persen). Penurunan produksi karena luas panen mengalami penurunan seluas 280,18 ribu hektar (7.73 persen), meskipun produktivitas meningkat sebesar 0,16 kuintal/hektar (0.46 persen). (<http://www.bps.go.id>)

Berdasarkan uraian diatas, peneliti sangat antusias untuk melakukan penelitian pembuatan bahan komposit ini dengan memadukan serat batang jagung sebagai pengisinya dan matrik alami sebagai papan partikel untuk material produk. Perlakuan yang diberikan dengan memvariasikan persentase jumlah pengisi dengan matriknya. Kemudian dilakukan pembuatan produk dari material yang berbahan serat batang jagung dengan matrik alami.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diambil perumusan masalah bagaimana sifat material papan partikel dari komposit serat batang jagung sebagai material produk.

1.3 Batasan masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Pembuatan produk hanya dibatasi menggunakan material serat batang jagung dan matrik alami.
2. Perekatan serat batang jagung sebagai material produk menggunakan matrik alami, yaitu tepung tapioka dicampur dengan air dalam perbandingan tertentu.
3. Metode pembuatan material produk dengan menggunakan bantuan tekanan dan panas (*hot press*) dalam waktu dan suhu tertentu.
4. Desain material master produk adalah *puzzle*.

1.4 Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai alternatif pemanfaatan serat batang jagung sebagai material produk komposit ramah lingkungan.

BAB II

DASAR TEORI

Berikut ini adalah teori-teori yang menjelaskan dengan singkat tentang apa saja yang berhubungan dengan serat batang jagung, komposit matrik alami dan *laser cutting*.

2.1 Tanaman jagung

Tanaman jagung (*Zea mays L.*) merupakan salah satu jenis tanaman pangan biji-bijian dari keluarga rumput-rumputan. Berasal dari Amerika yang tersebar ke Asia dan Afrika melalui kegiatan bisnis orang-orang Eropa ke Amerika. Sekitar abad ke-16 orang Portugal menyebarkan ke Asia termasuk Indonesia. Orang Belanda menamakannya *mais* dan orang Inggris menamakannya *corn*. Tanaman jagung mengandung nitrogen 0,92%, fosfor 0,29%, dan kalium 1,39% (Ruskandi, 2005). Batang tanaman jagung yang sudah melalui proses penggilingan dapat dilihat pada gambar 2-1 dan tabel komposisi serat batang jagung dapat juga dilihat pada tabel 2-1.



Gambar 2-1 Batang tanaman jagung setelah digiling

Tabel 2-1 Komposisi serat batang jagung

Kandungan Zat	Kadar Zat (%)
Bahan Kering	63,21
Protein Kasar	8,12
TDN	59
Serat Kasar	25,87
Lemak Kasar	2,78
Energi Metabolis (Mcal)	4,00

2.2 Komposit matrik alami

Komposit merupakan campuran atau kombinasi dari dua atau lebih unsur-unsur pokok yang berbeda satu dengan yang lainnya sehingga menghasilkan suatu bahan baru. Penguat adalah bahan pengisi yang berupa serbuk atau serat pada komposit, sedangkan matrik adalah bahan yang dipergunakan untuk menyatukan atau mengikat penguat tanpa bereaksi dengan penguat dalam satu komposit.

Papan partikel dapat digolongkan ke dalam material komposit, karena menurut Paul de Garmo et all (1997) material komposit adalah bahan padat berbeda jenis yang terdiri dari dua atau lebih material yang berbeda yang membentuk suatu kesatuan. Sifat-sifat dari papan partikel sangat ditentukan oleh material penyusunnya dan juga proses pembuatan dari papan partikel tersebut. Bahan utama papan partikel dapat dibedakan atas dua kelompok, yaitu bahan pengisi (*filler*) dan bahan perekat (*binder*).

Perekat alami adalah yang diperoleh dari alam secara alami tanpa mengalami penggabungan dengan senyawa-senyawa kimia lain. Perekat alami terdiri atas tiga jenis, yaitu:

1. Perekat hewani, merupakan perekat yang berasal dari binatang, seperti *albumin, kasein, dan shellac*.
2. Perekat nabati, merupakan perekat yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, seperti tepung ubi dan getah karet.
3. Perekat mineral, merupakan perekat yang berasal dari bahan tambang, seperti *parapin, silikat, fosfat, belerang, gypsum, magnesia* dan lain-lain.

Perekat sintetis merupakan perekat buatan hasil pepaduan dari dua atau lebih senyawa kimia. Perekat sintetis terdiri dari dua jenis yaitu:

1. Perekat *thermoplastik*, merupakan perekat yang mudah lunak atau meleleh apabila diberikan panas karena mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas dan mengeras apabila didinginkan, seperti *polivinilasetat, polivinilalkohol, polivinilasetal, acrylic* dan lain-lain.
2. Perekat *thermoset*, merupakan perekat yang mengeras apabila diberikan panas yang cenderung mengeluarkan panas, dan dipercepat dengan penambahan katalis dan sinar ultraviolet, seperti resin *phenolic*, plastik *amino, poliepoksida, poliaromatik* dan lain-lain.

Perekat nabati dan hewani sudah lama dikenal sebagai perekat, produk ini memberikan rekat kuat bila kering, tetapi sambungannya lepas bila lembab. Perekatannya pun hanya bagus untuk bahan tertentu, misalnya kayu dan kertas.

2.3 Komposit serat (*fibrous composite*)

Komposit serat merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan untuk struktur. Hal ini disebabkan oleh sifat serat yang lebih kuat dari pada bentuk butiran. Serat menentukan karakteristik komposit seperti kekakuan, keuletan, kekuatan dan sifat mekanik yang lain (Surdia dan Saito, 1999). Secara garis besar, bahan komposit terdiri dari dua macam bahan, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*). Bahan komposit partikel terdiri dari partikel-partikel yang diikat oleh matrik. Bentuk partikel ini dapat bermacam-macam antara lain: seperti bulat, kubik, tetragonal atau bentuk-bentuk yang tidak beraturan secara acak, tetapi secara rata-rata berdimensi sama. Bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matrik. Bahan komposit serat ini juga terdiri dari dua macam, serat panjang (*continuous fibre*) dan serat pendek (*short fibre atau whisker*).

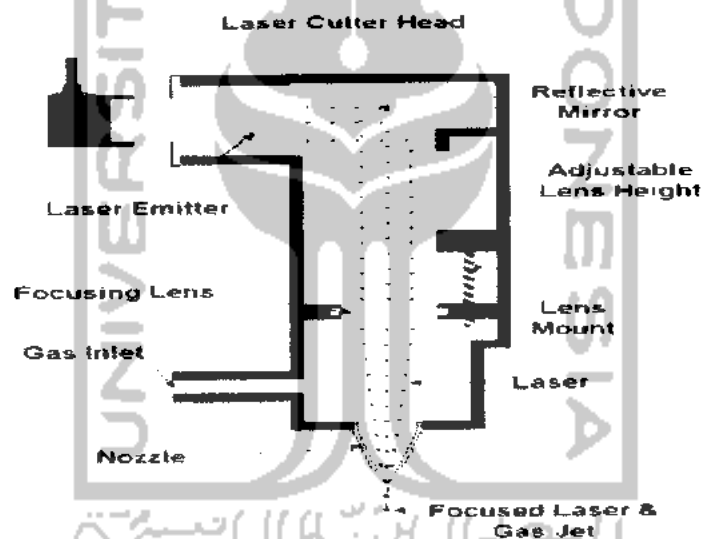
2.4 Laser cutting

Laser cutting adalah sebuah teknologi yang menggunakan laser untuk memotong material dan biasanya diaplikasikan pada industri manufaktur. *Laser cutting* bekerja dengan cara mengarahkan laser berkekuatan tinggi untuk memotong material dan digunakan komputer untuk mengarahkannya.

Ada tiga jenis laser yang digunakan dalam laser cutting. Laser CO₂ cocok untuk memotong, membuat boring, dan mengukir. Neodymium (Nd) digunakan untuk membuat boring dimana dibutuhkan energi yang besar akan tetapi memiliki repetisi atau pengulangan yang rendah. Sedangkan laser *neodymium yttrium-aluminum-garnet* (Nd-YAG) digunakan dimana daya yang sangat tinggi dibutuhkan untuk membuat boring dan mengukir. Baik CO₂ dan Nd atau Nd-YAG laser dapat digunakan untuk pengelasan.

Mesin laser merupakan alat bantu dalam berkreasi yang memiliki banyak keunggulan jika dibandingkan dengan alat potong lainnya seperti CNC Router dan

Pembangkit sinar laser dilakukan dengan cara menstimulasi bahan penguat oleh pelepasan listrik atau lampu dalam wadah tertutup. Ketika bahan penguat distimulasi, sinar direfleksikan secara internal oleh cermin parsial, sampai mencapai energi yang cukup untuk keluar sebagai aliran cahaya koheren monokromatik. Cermin atau serat optik biasanya digunakan untuk mengarahkan cahaya koheren ke sebuah lensa, yang memfokuskan cahaya di zona kerja. Bagian tersempit dari sinar yang terfokus umumnya kurang dari 0,0125 inci (0,3175 mm) dalam diameter. Ilustrasi cara kerja mesin *laser cutting* dapat dilihat pada gambar 2-3.



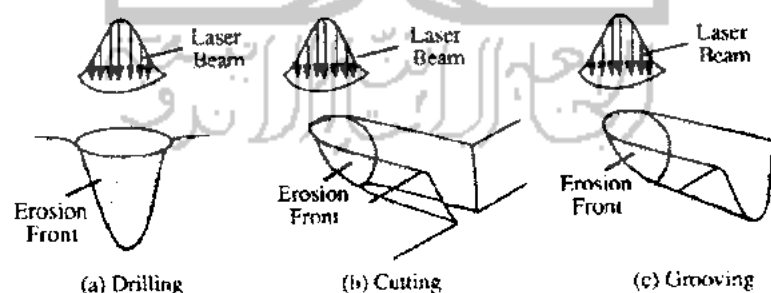
Gambar 2-3 Cara kerja *laser cutting*

2.4.2 Proses manufaktur

Laser CO₂ digunakan untuk memotong bahan industri, termasuk baja ringan, aluminium, *stainless steel*, titanium, kertas, lilin, plastik, kayu, dan kain. Laser YAG terutama digunakan untuk memotong dan memotong logam dan keramik.

Untuk proses manufaktur, proses pertama yang dilakukan adalah membuat perhitungan secara terperinci tentang bentuk, model, ukuran-ukuran, beserta gambaran kasarnya. Kemudian dilakukan pembelian material dan pembuatan gambar pada CAD atau pembuatan gambar lainnya. Lalu masuk ke *NC machining* dan selanjutnya dapat masuk ke *press room* untuk proses *stamping* atau *forming*. Dari *NC machining* diproses kembali ke pemrograman 3 & 5 axis laser akan tetapi sebelumnya dilakukan inspeksi dengan *CMM programming*. Setelah pemrograman selesai, dilakukan pemotongan pada dengan menggunakan 3 & 5 axis *laser cutting machine* dan kemudian dilakukan inspeksi dan *heat treat* oleh pihak lain. Kemudian dilakukan *finishing coating* yang dilakukan juga oleh pihak lain, lalu dilakukan inspeksi produk final untuk disetujui dan akan dilakukan pengiriman.

Dengan mesin *laser cutting*, dapat mengerjakan pekerjaan dalam jumlah satuan maupun jumlah banyak, dengan hasil yang sama persis. Mesin laser dapat digunakan untuk memotong, menggores, gravir dan melubangi. Gambar 2-4 menunjukkan ilustrasi proses pemotongan *laser cutting* dan gambar 2-5 menunjukkan hasil pengerjaan menggunakan laser cutting pada bahan kayu.



Gambar 2-4 Diagram ilustrasi proses pemotongan



Gambar 2-5 Hasil pengerjaan dengan mesin *laser cutting* (*laser cut & engraving* fancy paper-jeans-leather-cork)

Memotong (*cutting*), Sinar laser diatur agar menembus material sehingga potongan yang dibutuhkan terlepas, sehingga anda dapat menggunakan negatif atau positifnya. Memotong dilakukan dengan kecepatan sedang dan kekuatan besar.

Menggores (*marking*), Sinar laser hanya akan 'merusak' bagian permukaan material sehingga meninggalkan tanda berupa goresan. Menggores dilakukan dengan kecepatan tinggi dan kekuatan rendah.

Gravir/etsa (*engraving*), Sinar laser diatur sehingga menggores permukaan material dengan kedalaman yang berbeda-beda, sehingga gambar/huruf yang digravir dapat dikenali. Gravir dilakukan dengan kecepatan rendah dan kekuatan sedang.

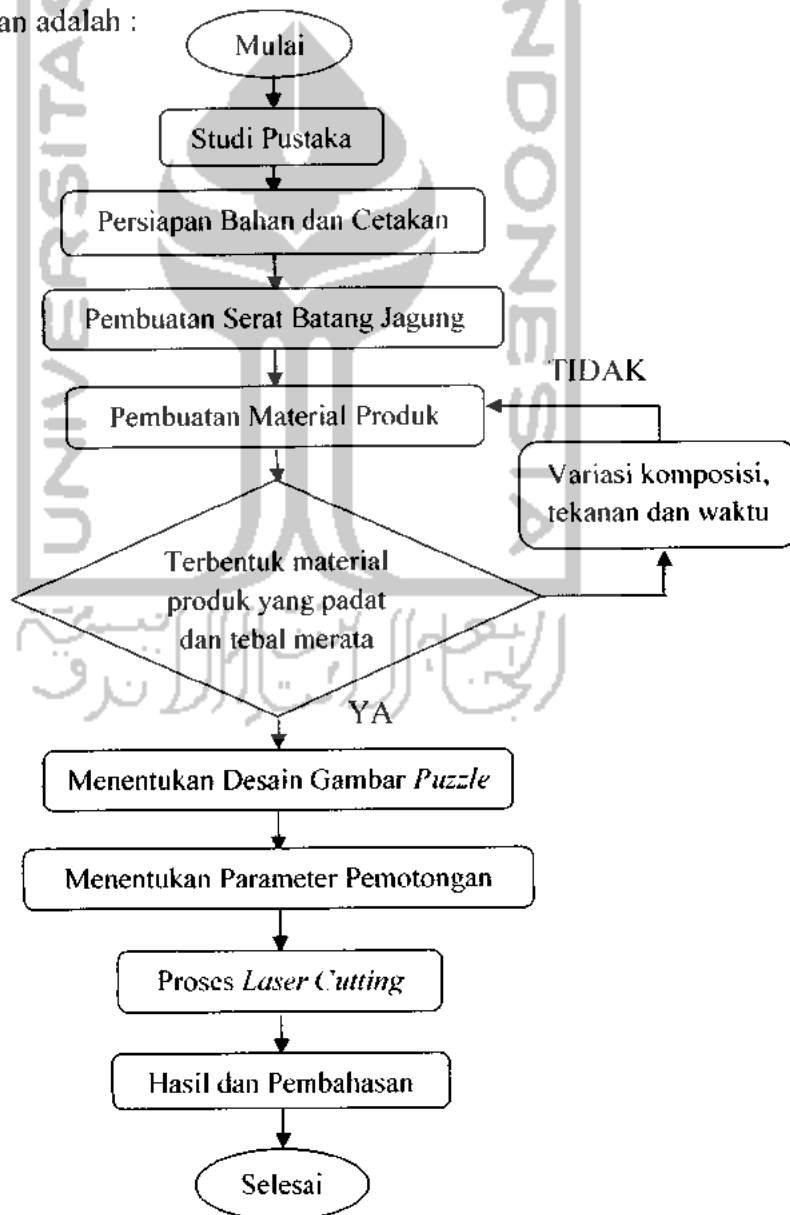
Melubangi (*perforating/punching*), Sinar laser diatur agar melubangi material dalam bentuk bulatan-bulatan kecil. Perforasi dilakukan dengan kecepatan tinggi dan kekuatan sedang.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram alur penelitian

Flow chart penelitian tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahapan proses yang akan dilakukan adalah :



Gambar 3-1 Diagram alur penelitian

mpuran ter
yang ditanc
nia tepung

Tabe

penelitian

tan yang d

esin kempa

at kempa

aterial pa

enghasilka

pat dilihat

Garr

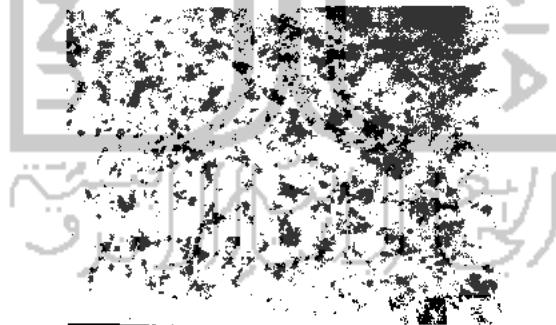
3.2 Bahan penelitian

Bahan penelitian berupa serat batang jagung dan tepung tapioka yang diolah menjadi matrik alami sebagai pengikatnya.

3.2.1 Serat batang jagung

Serat batang jagung merupakan salah satu material *natural fibre* alternatif dalam pembuatan komposit secara ilmiah. Pemanfaatan serat batang jagung sebagai material untuk pembuatan papan partikel sangat jarang dilakukan padahal serat batang jagung sangat mudah didapat, murah dan dapat mengurangi polusi lingkungan (*biodegradability*) sehingga komposit ini mampu mengatasi permasalahan lingkungan, serta tidak membahayakan kesehatan.

Dalam penelitian ini menggunakan serat batang jagung yang sudah melalui tahap penggilingan dan pemotongan kecil-kecil sehingga didapatkan bentuk yang halus seperti yang ditunjukkan pada gambar 3-2.



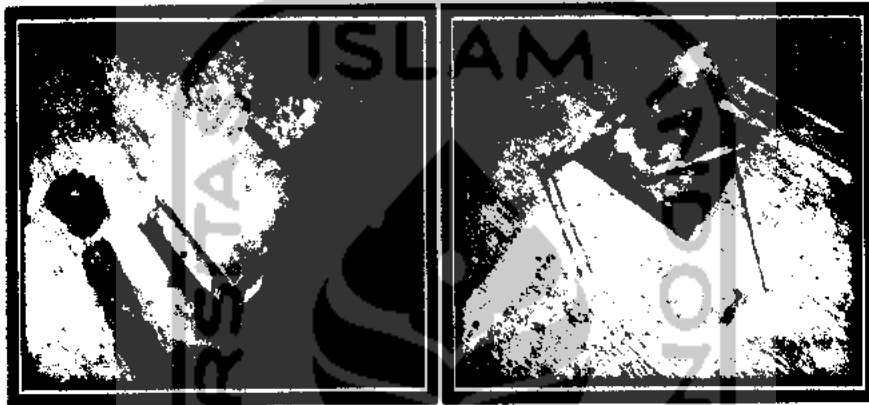
Gambar 3-2 Serat batang jagung

3.2.2 Tepung tapioka

Perekat tapioka atau sering disebut lem kanji umum digunakan sebagai bahan perekat pada pembuatan papan partikel dari serat batang jagung. Perekat ini sering digunakan karena mudah diperoleh dan memiliki harga yang tidak terlalu mahal. Cara pembuatan lem kanji yaitu dengan mencampurkan tepung tapioka dengan air menggunakan perbandingan air dengan tepung ± sebesar 1 : 2.

b. Cetakan

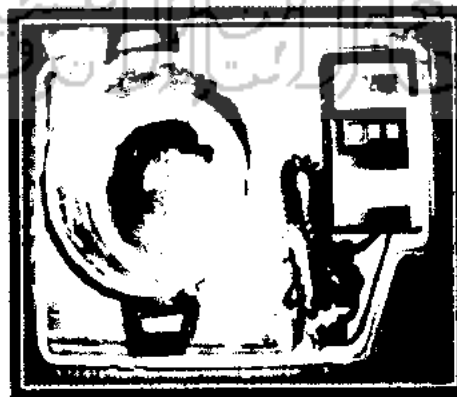
Alat ini digunakan untuk meletakkan material yang akan dikempa panas. Desain cetakan dibuat bongkar pasang agar pada proses pengambilan produk material peredam bunyi dapat dilakukan dengan mudah. Cetakan yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3-4.



Gambar 3-4 Cetakan

c. Neraca digital

Alat ini digunakan untuk menimbang bahan-bahan material papan partikel. Neraca digital dapat dilihat pada gambar 3-5.



Gambar 3-5 Neraca digital

Tabel 3-2 Spesifikasi mesin *laser cutting*

Item	LC1290
Jenis laser	CO ₂
Kekuatan Laser	80 w
Kecepatan memotong	0-24.000 mm/min
Area kerja	1200 mm x 900 mm
Ketepatan memotong	0,1 mm
Kebutuhan daya	≤ 1.500 W
Suhu kerja	0 – 45 °C
Kelembaban kerja	5 – 90 %
Ukuran Huruf	English 1x1 mm
Format penyimpanan	BMP,PLT,DST, DXF dan AL
Sistem Pengendali	Stepper
Pembuangan	Exhaust-fans & Air Exhaust Pipe
Ukuran Mesin	1729 mm x 1210mm x 1070 mm
Software yang cocok	Corel Draw,Auto CAD dan Adobe Ilustrasion
Sistem pendingin	Air
Voltase kerja	220v ± 10% 50 – 60 hz
Fitur Keamanan	Sensor kekurangan air, tombol berhenti darurat, bagian dalam mesin yang terkunci
Material yang Bisa Digunakan	Kayu, Kaca, Plastik, Kain, Kertas, Kulit, Karet dan Material Bukan Logam.
Berat Mesin	280 kg

Sumber : www.ptgoldensun.com

- f. Alat-alat lain. Peralatan lain yang digunakan pada proses pembuatan material papan partikel antara lain; baskom plastik, panci, sarung tangan, kapi/*scrap*, kunci pas, plastik mika, gunting, sabun cuci (krim), sendok besar, dan busur.

3.4 Tahapan penelitian

Adapun tahapan yang perlu dilakukan dalam pembuatan produk *puzzle* berbahan dasar serat batang jagung adalah sebagai berikut:

3.4.1 Pembuatan serat batang jagung

Bagian yang digunakan untuk membuat *puzzle* adalah batang tanaman jagung. Oleh karena itu untuk memperoleh serat yang diinginkan maka harus ada pemisahan terlebih dahulu antara serat dan gabus yang terkandung di batang tanaman jagung.

Proses pengadaan material adalah sebagai berikut:

1. **Proses penggilingan batang tanaman jagung**, hal ini dimaksudkan agar seluruh batang jagung akan menjadi hancur dan mempermudah dalam pemisahan antara serat dan gabus. Hal ini dapat ditunjukkan pada gambar 3-8 (a).
2. **Perlakuan NaOH**, setelah proses pemilihan serat yang diinginkan kemudian serat akan direndam NaOH dengan perbandingan 1 gram NaOH max 5 liter air dan lama perendaman selama 2 jam. Tujuan perendaman yaitu untuk menghilangkan zat lilin dan glukosa. Hal ini dapat ditunjukkan pada gambar 3-8 (b).
3. **Pembilasan dengan air**, hal ini dilakukan agar menghilangkan zat keasaman dari NaOH. Hal ini dapat ditunjukkan pada gambar 3-8 (c).
4. **Penjemuran**, setelah didapat serat batang jagung yang benar – benar bersih kemudian serat di jemur di bawah sinar matahari sampai kering. Hal ini dapat ditunjukkan pada gambar 3-8 (d).



Gambar 3-8 (a) Penggilingan batang jagung, (b) Perlakuan NaOH, (c) Pembilasan dengan air, (d) Penjemuran dengan matahari

3.4.2 Mekanisme pencampuran bahan

Serat batang jagung, tepung kanji dan air dicampur secara manual dengan beberapa percobaan acak untuk mencari komposisi material produk yang tepat dan padat. Hal ini ditunjukkan pada tabel 3-3 di bawah ini.

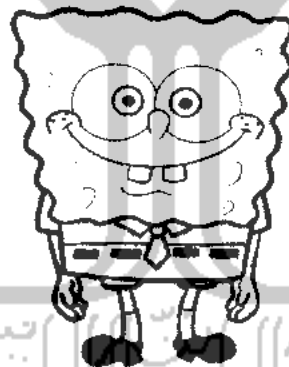
Tabel 3-3 Komposisi material produk

Material Produk	Komposisi (gr)			Suhu (°C)	Waktu (menit)		Tekanan (P)	
	Tepung	Kanji	Air	T	t ₁	t ₂	P ₁	P ₂
1	100	200	100	150	15	15	50	100
2	100	150	300	150	20	10	50	100
3	200	150	300	150	20	-	50	-

Material Produk	Komposisi (gr)			Suhu (°C)	Waktu (menit)		Tekanan (P)	
	Serat	Kanji	Air	T	t ₁	t ₂	P ₁	P ₂
4	300	150	300	150	20	-	50	-
5	300	150	300	150	10	10	50	100
6	300	150	300	150	20	10	50	100

3.4.3 Menentukan desain gambar *puzzle*

Desain gambar untuk *puzzle* adalah tokoh animasi *spongebob*. Tokoh animasi *spongebob* dipilih karena desain yang cukup mudah. Gambar animasi *spongebob* ditunjukkan pada gambar 3-9.



Gambar 3-9 Gambar animasi *spongebob*

3.4.4 Pemesinan *laser cutting*

Mesin *laser cutting* digunakan sebagai alat bantu untuk membentuk desain gambar *puzzle* dengan cara memotong menggunakan parameter yang ditentukan. Penentuan parameter sangat diperlukan dalam pemesinan *laser cutting* agar material produk dapat terpotong sesuai dengan desain yang diinginkan.

Pada proses ini dilakukan dua tahap, yaitu:

1. **Gravir/etsa (*engraving*)**, gravir dilakukan untuk membuat pola gambar *spongebob*.
2. **Memotong (*cutting*)**, kemudian dilakukan *cutting* untuk membuat pola *puzzle*.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

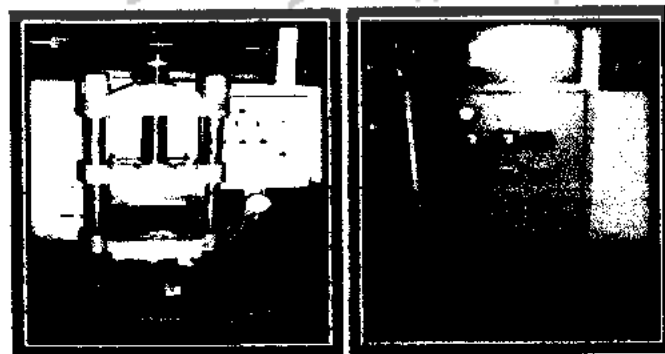
4.1 Pembuatan produk

Pembuatan produk merupakan proses pembuatan material produk menggunakan mesin kempa panas (*hot press*).

4.1.1 Pembuatan material produk

Bahan yang digunakan untuk pembuatan material produk adalah serat batang jagung, tepung kanji dan air. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan material produk adalah sebagai berikut:

1. Pengaturan temperatur pada mesin kempa panas (*hot press*), temperatur diatur awal langkah supaya pada saat memasukkan cetakan yang berisi adonan ke dalam mesin kempa panas (*hot press*), suhu pada mesin tersebut telah mencapai suhu yang diatur/diinginkan. Mesin kempa panas (*hot press*) dan pengatur suhu dapat ditunjukkan pada gambar 4-1 (a) dan (b).

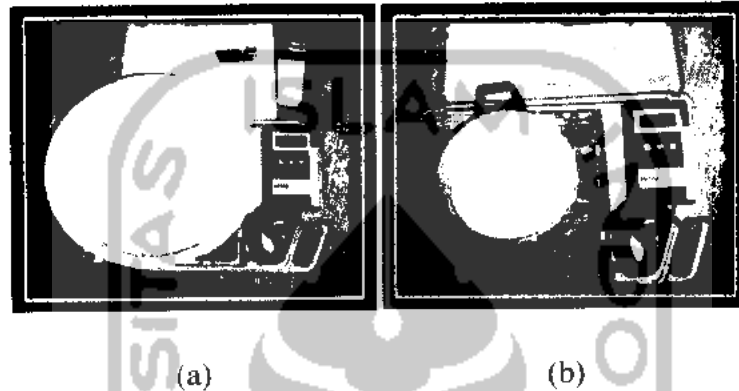


(a)

(b)

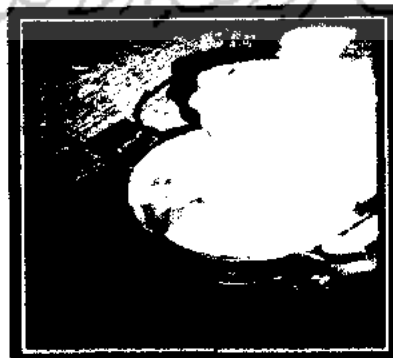
Gambar 4-1 (a) Mesin kempa panas (*hot press*), (b) Komponen pengatur suhu

- 2. Penimbangan bahan (serat batang jagung, tepung kanji, dan air),** bahan utama yang terdiri dari serat batang jagung, tepung kanji, dan air ditimbang dengan menggunakan neraca digital. Hal ini dapat ditunjukkan pada gambar 4-2 (a) dan (b).



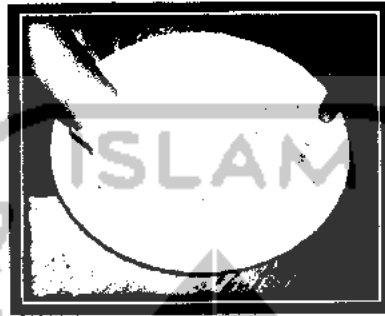
Gambar 4-2 (a) Penimbangan serat batang jagung, (b) Penimbangan tepung tapioka dan air

- 3. Pembuatan lem (tepung kanji dan air),** pembuatan lem dilakukan dengan cara mencampurkan tepung kanji dan air dengan perbandingan 1 : 2, kemudian dipanaskan dengan menggunakan kompor dengan api sedang sampai campuran tepung kanji dan air berubah menjadi kental/transparan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4-3.



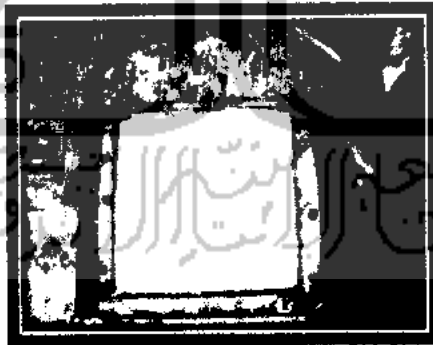
Gambar 4-3 Pembuatan lem

- 4. Pembuatan adonan (tepung kanji dan lem),** pembuatan adonan yaitu dengan cara mencampurkan serat batang jagung dengan lem sehingga tercampur dengan rata. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4-4.



Gambar 4-4 Pembuatan adonan

- 5. Perlakuan pada cetakan,** pada sisi dalam dan dasar cetakan diolesi dengan sabun cuci (krim) kemudian dilapisi dengan plastik mika. hal ini dilakukan supaya produk tidak menempel pada cetakan. Hal ini ditunjukkan pada gambar 4-5.



Gambar 4-5 Perlakuan pada cetakan

- 6. Memasukkan adonan pada cetakan,** adonan yang terdiri dari serat batang jagung dan lem dimasukkan ke dalam cetakan dan diratakan.
- 7. Memasukkan cetakan ke mesin kempa panas (*hot press*),** cetakan yang telah berisi adonan dimasukkan ke dalam mesin kempa panas (*hot press*). Dan diatur tekanan dan waktu yang diinginkan pada mesin kempa panas (*hot press*) tersebut. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4-6.

4.2 Hasil perancangan

Hasil perancangan material produk melalui dua tahap percobaan.

4.2.1 Percobaan tahap pertama

Pada tahap pertama ini dilakukan pencarian komposisi yang tepat dengan pencampuran bahan secara manual dan acak dengan berbagai komposisi, tekanan dan waktu penekanan. Dilakukan dengan tiga kali percobaan. Akan tetapi, dari tiga kali percobaan tersebut didapatkan material produk yang kurang maksimal. Hal ini dapat ditunjukkan pada tabel 4-1.

Tabel 4-1 Hasil perbandingan percobaan tahap pertama pada material produk

Material Produk	Komposisi (gr)			Suhu (°C)	Waktu (menit)		Tekanan (bar)		Keterangan
	Serat	Kanji	Air	(°C)	t ₁	t ₂	P ₁	P ₂	
1	100	200	100	150	15	15	50	100	permukaan tidak merata
2	100	150	300	150	20	10	50	100	adonan keluar dari cetakan
3	200	150	300	150	20	-	50	-	ada bagian yang hancur

4.2.2 Percobaan tahap kedua

Pada penelitian ini diperoleh komposisi material produk yang optimum sebagai berikut; serat batang jagung : tepung tapioka : air, masing-masing adalah 2 : 1 : 2 dan kondisi optimum perebusan dengan suhu 150 °C selama 20 menit dan 10 menit kempa panas dengan suhu 150 °C . Sehingga kondisi optimum tersebut yang digunakan pada pembuatan material produk. Perbedaan tekanan pada proses pembuatan dapat mempengaruhi ketebalan material produk. Maka dari itu penelitian ini digunakan tekanan dari 50 bar sampai 100 bar untuk membedakan masing – masing material produk. Hal ini dapat ditunjukkan pada tabel 4-2.

Tabel 4-2 Hasil perbandingan percobaan tahap kedua pada material produk

Material Produk	Komposisi (gr)			Suhu (°C)	Waktu (menit)		Tekanan (bar)		Keterangan
	Serat	Kanji	Air		t ₁	t ₂	P ₁	P ₂	
1	300	150	300	150	20	-	50	-	terdapat banyak void
2	300	150	300	150	10	10	50	100	tebal tidak merata
3	300	150	300	150	20	10	50	100	berhasil

4.3 Analisis material produk

Pada sub bab ini dijelaskan analisis material produk pada percobaan pertama dan percobaan kedua.

4.3.1 Analisis percobaan tahap pertama

Percobaan tahap pertama terdiri dari tiga percobaan, antara lain :

1. Percobaan pertama

Pada percobaan pertama didapatkan material produk yang tidak padat dan permukaan yang tidak merata. Dikarenakan pada saat membuat lem kurangnya air yang digunakan sangat mempengaruhi pembuatan lem, suhu kompor yang digunakan tidak mencapai kondisi optimum untuk pembuatan lem. Hal ini yang mengakibatkan adonan tidak tercampur dengan rata. Waktu yang digunakan pada saat kempa panas juga tidak tepat. Hasil dari percobaan pertama dapat dilihat pada gambar 4-8 (a).

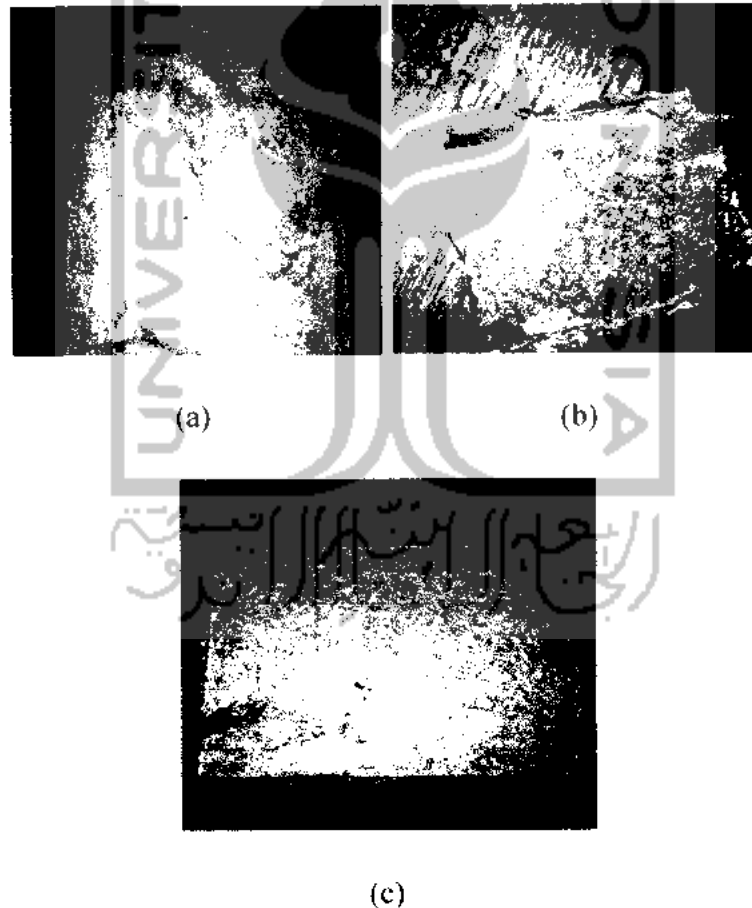
2. Percobaan kedua

Pada percobaan kedua didapatkan hasil material produk yang gagal. Pada saat kempa panas adonan banyak yang keluar dari cetakan sehingga tidak

membentuk material produk yang diinginkan. Hal ini dikarenakan kurangnya jumlah komposisi serat batang jagung pada adonan. Hasil dari percobaan kedua dapat dilihat pada gambar 4-8 (b).

3. Percobaan ketiga

Pada percobaan ketiga dilakukan penambahan jumlah komposisi serat menjadi 200 gr, waktu untuk kempa panas t_1 - 20 menit dan hanya menggunakan tekanan $P = 50$ bar. Dengan komposisi seperti ini, material produk sudah membentuk, akan tetapi pada saat proses kempa panas (*hot press*) ada bagian yang hancur. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4-8 (c).



Gambar 4-8 (a) Hasil percobaan 1, (b) Hasil percobaan 2. (c) Hasil percobaan 3

4.3.2 Analisis percobaan tahap kedua

Pada percobaan tahap kedua ini komposisi serat batang jagung, tepung tapioka dan air sudah tepat yaitu 2 : 1 : 2. Percobaan tahap kedua ini juga melalui tiga kali percobaan, antara lain :

1. Percobaan pertama

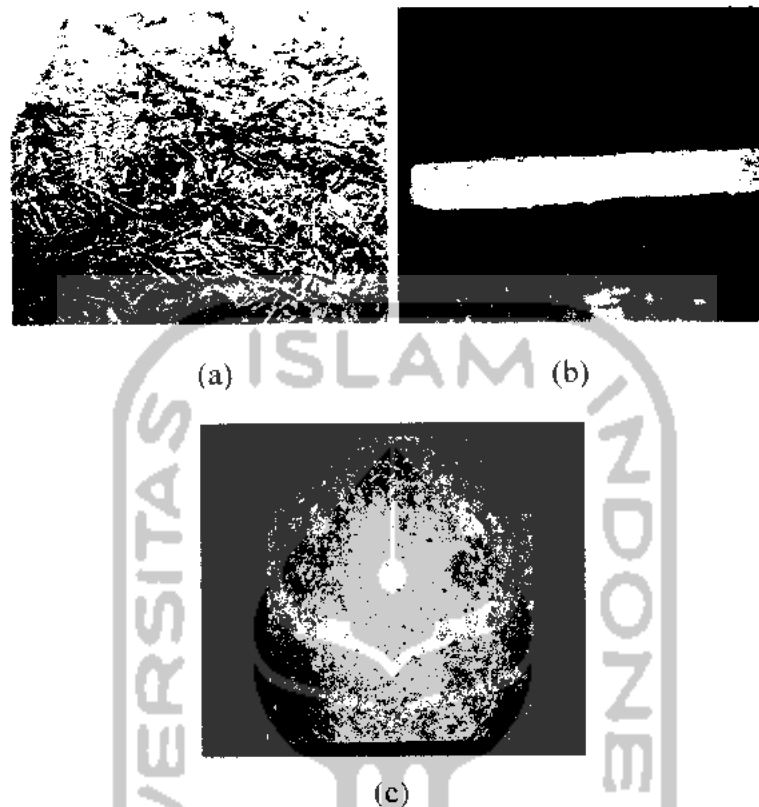
Dengan komposisi serat batang jagung, tepung tapioka dan air adalah 2 : 1 : 2 material produk sudah terbentuk. Pada percobaan pertama ini dilakukan dengan suhu 150 °C, waktu 20 menit dan tekanan 50 bar. Hasil yang didapat adalah masih terdapat banyak void dan kurang padat, dikarenakan kurangnya waktu dan tekanan pada saat proses kempa panas (*hot press*). Hal ini dapat dilihat pada gambar 4-9 (a).

2. Percobaan kedua

Pada tahap ini waktu penekanan ditambahkan. t_1 untuk kondisi optimum perebusan menjadi 10 menit dengan $P_1 = 50$ bar dan $t_2 = 10$ menit untuk waktu kempa panas (*hot press*) dengan $P_2 = 100$ bar. Didapatkan material produk dengan bentuk yang padat, akan tetapi ketebalan material produk yang masih kurang merata dikarenakan kurangnya waktu penekanan. Waktu penekanan yang tepat sangat dibutuhkan untuk proses penyatuan serat batang jagung dan matrik alami yang ada di dalam cetakan pada saat proses kempa panas (*hot press*). Hasil percobaan kedua dapat dilihat pada gambar 4-9 (b).

3. Percobaan ketiga

Pada percobaan ketiga ini kondisi optimum perebusan ditambahkan menjadi $t_1 = 20$ menit, waktu kempa panas (*hot press*) $t_2 = 10$ menit dan $P_1 = 50$ bar, $P_2 = 100$ bar. Dengan variasi penekanan seperti ini didapatkan material produk yang padat dan ketebalan yang merata. Hasil percobaan ketiga dapat dilihat pada gambar 4-9 (c).



Gambar 4-9 (a) Hasil percobaan 1, (b) Hasil percobaan 2, (c) Hasil percobaan 3

Perlakuan pada material produk setelah melalui proses kempa panas (*hot press*) harus tepat. Penyebab kegagalan pada material produk adalah pada saat melepas material produk dari cetakan, jika material produk tidak dipres selama pengeringan maka material produk akan berubah bentuk. Hal yang harus dilakukan selama pengeringan material produk adalah tetap dalam keadaan dipres agar uap air yang masih mengendap di dalam material produk bisa keluar tanpa mengakibatkan adanya perubahan bentuk pada material produk.

4.4 Hasil pengujian

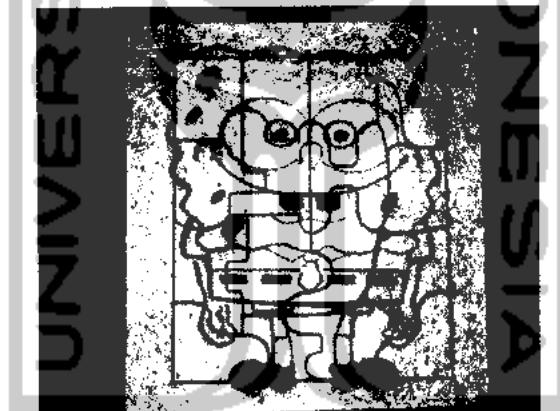
Hasil pengujian material produk langsung pada proses pemesinan *laser cutting*. Desainnya adalah tokoh animasi *spongebob* dengan ukuran material (berat 0.0005 gr, tebal 10 mm, dan luas 26x26 mm), karakteristik material produk yang tidak tahan terhadap air sehingga produk *puzzle* ini harus dihindarkan dari

air atau dalam keadaan lembab. Proses pemesinan *laser cutting* ditunjukkan pada tabel 4-3.

Tabel 4-3 Proses *engraving* dan *cutting*

Proses Pemesinan	Speed (mm/s)	Power (W)	Waktu (menit)
<i>Engraving</i>	120	27	85
<i>Cutting</i>	3.5	100	15

Hasil produk setelah proses pemesinan laser cutting dapat ditunjukkan pada gambar 4-10.



Gambar 4-10 Hasil produk

4.5 Biaya pembuatan produk *puzzle*

Peralatan yang digunakan pada pembuatan material produk yang telah ada di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia antara lain; cetakan, neraca digital, kompor elektrik, panci, kunci pas (14), dan sarung tangan tahan panas. Adapun bahan dan peralatan yang digunakan pada penelitian dapat ditunjukkan pada tabel 4-4 biaya penelitian.

Tabel 4-4 Biaya penelitian

No	Penggunaan	Jumlah	Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Pembelian bahan			
	a. Serat batang jagung	10 kg	-	-
	b. Tepung tapioka	8 kg	12.000	96.000
	c. Air	-	-	-
	Subtotal (1)			96.000
2	Pembelian peralatan			
	a. Plastik mika	90 lbr	500	45.000
	b. Sendok kayu besar	1 buah	1.500	1.500
	c. Sendok kecil	1 buah	2.000	2.000
	d. Sarung tangan karet	2 buah	3.500	7.000
	e. Sabun cuci/krim	4 buah	1.500	6.000
	f. Baskom plastik	1 buah	6.300	6.300
	g. Gunting	1 buah	5.000	5.000
	h. Kapi/srap	2 buah	3.500	7.000
	Subtotal (2)			79.800
3	Sewa alat laboratorium			
	a. Kempa panas (<i>hot press</i>)	20	20.000	400.000
	b. Mesin <i>laser cutting</i>			
	- <i>Engraving</i>	85 menit	1000	85.000
	- <i>Cutting</i>	15 menit	1000	15.000
	Subtotal (3)			500.000
4	Sewa alat penggiling serat	10 kg		120.000
	Subtotal (4)			120.000
	Total biaya = Subtotal (1+2+3+4)			795.800

BAB V

PENUTUP

Bab ini menjelaskan beberapa kesimpulan sesuai dengan uraian yang telah dipaparkan pada bab-bab sebelumnya, serta saran-saran bagaimana perancangan dan pembuatan lebih lanjut dalam hal pembuatan material produk untuk *puzzle* komposit serat batang jagung dan matrik alami.

5.1 Kesimpulan

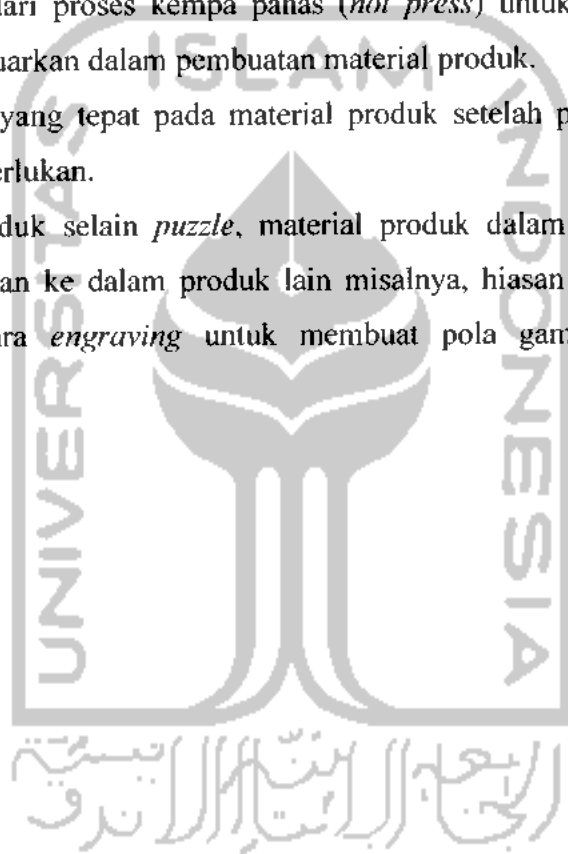
Limbah serat batang jagung dapat digunakan sebagai bahan komposit yang ramah lingkungan dan dapat diaplikasikan kedalam produk yaitu *puzzle*. Dari hasil penelitian material produk komposit serat batang jagung dan matrik alami didapatkan komposisi yang optimum adalah serat batang jagung : tepung tapioka : air masing-masing 2 : 1 : 2 dengan tekanan ($P_1=50$ bar, $P_2=100$ bar), suhu $150\text{ }^\circ\text{C}$, lama perebusan 20 menit dan penekanan adalah 10 menit. Faktor utama dalam pembuatan material master produk adalah tekanan uap air yang mampu mempengaruhi perubahan bentuk material produk. Oleh karena itu mekanisme penekanan harus mampu mempertahankan bentuk produk, sehingga hasil pembuatan material produk akan berhasil.

5.2 Saran

Saran-saran berikut dapat dijadikan pedoman untuk dapat membuat material produk dengan hasil lebih bagus daripada penelitian ini. Adapun saran-saran yang dimaksud adalah:

1. Komposisi bahan material produk dibuat tidak seragam untuk dapat membandingkan hasil.
2. Dengan serat batang jagung yang lebih halus akan membuat material produk menjadi lebih padat.
3. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan matrik kimia, karena akan mempercepat proses pembuatan material produk.

4. Untuk teknik yang lebih mudah dalam proses pembuatan material produk, disarankan agar menggunakan pembakaran secara manual yaitu cetakan yang berisi adonan dipres kemudian dipanaskan menggunakan perapian. Panas yang dibutuhkan untuk membuat material produk harus optimal agar material produk bisa terbentuk. Teknik ini dapat dilakukan sebagai alternatif dari proses kempa panas (*hot press*) untuk mengurangi biaya yang dikeluarkan dalam pembuatan material produk.
5. Perlakuan yang tepat pada material produk setelah proses kempa panas sangat diperlukan.
6. Untuk produk selain *puzzle*, material produk dalam penelitian ini bisa diaplikasikan ke dalam produk lain misalnya, hiasan dinding (dilakukan dengan cara *engraving* untuk membuat pola gambar pada material produk).



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Comboard, www.comboard.com. (Diakses 02/06/2011).
- Anonim, Jagung, <http://id.wikipedia.org/wiki/Jagung>. (Diakses 06/06/2011).
- Anonim, Laser Cutting, www.ptgoldensun.com. (Diakses 16/04/2012).
- Badan Pusat Statistik, 2006. *Produksi Jagung Nasional*, www.bps.go.id. (Diakses 25/10/2011).
- Chawla,(1987). *Composit Material: Science and Engineering*, Springer Verlag, New York.
- Feldmen, Dorel. (1995). *Bahan Polimer Konstruksi Bangunan*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Firdaus F dan Fajriyanto, 2006. *Karakteristik Mekanik Produk Fiberboard dari Komposit Sampah Plastik (Thermoplastik) Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)*. Jurnal TEKNOIN ISSN 0853-8697.
- Gibson, R.F. (1994). *Principle of Composite Material Mechanics*, Department of Mechanical.
- Haygreen, J.G. & Bowyer, J.L. (1989). *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Terjemahan : Hadikusumo, S.A. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Jones, M.R. (1999). *Mechanics of Composite Materials*. Scripta Book company, Washington D.C.
- Paul de Garmo and J.T. Black. (1997). *Materials and Processes In Manufacturing*. Prentice Hall.
- Rangkuti, Z. (2011). *Pembuatan Dan Karakterisasi Papan Partikel Dari Campuran Resin Polyester Dan Serat Kulit Jagung*. Thesis. Tidak diterbitkan. Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara Medan.

Retno Arianingrum. (2010). *Kandungan Kimia Jagung Dan Manfaatnya Bagi Kesehatan.*(Diakses 04/04/2012).

Ruskandi. (2005). *Pemanfaatan Limbah Tanaman Jagung.*
<http://www.mangdeska.com>. (Diakses 06/06/2011).

Surdia T. & Saito S. (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: Pradnya Paramita.

Wijayanti, D.H. (2009). *Karakteristik Briket Arang dari Serbuk Gergaji dengan Penambahan Arang Cangkang Kelapa Sawit*. Skripsi. Tidak diterbitkan. Departemen Kehutanan Universitas Sumatra Utara.

