

ANALISA PENGARUH VARIASI WAKTU DAN TEKANAN PENGEPRESSAN TERHADAP NILAI IMPAK KOMPOSIT ECOBRICK DARI HASIL CACAHAN MESIN PENCACAH PELEPAH DAUN KELAPA MELALUI METODE TAGUCHI

Noorhuda Teduh Jallaludin Rahmad¹, Febi Rahmadianto ST,MT²
Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo KM 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang. 65143
Telp : (0341) 417636
Email: hudanur595@gmail.com

ABSTRACT

Pada zaman sekarang ini perkembangan rekayasa bahan material di Indonesia semakin meningkat, dan juga semakin banyak digunakan oleh masyarakat umum. Contohnya seperti penggunaan material yang berbahan dasar mineral membuat semakin menipisnya sumber daya mineral tersebut, maka dari itu banyak masyarakat yang ingin menggunakan material pengganti selain mineral seperti bahan organik maupun limbah non organik. Dikarenakan semakin berkurangnya bahan mineral maka perlu adanya material pengganti seperti pada penggunaan material yang berbahan dasar serat alami. contohnya yaitu material dari Serat tanaman kelapa. Dari hal tersebut penelitian ini bertujuan untuk bagaimana mencari substitusi material untuk menggantikan material dari bahan mineral seperti pemanfaatan serat pelepah kelapa sebagai bahan penguat komposit material EcoBrick. Dengan prosesnya yaitu mencacah pelepah kelapa dengan menentukan pisau pencacah yang akan dipakai kemudian hasil cacahannya dipadukan dengan pengikat (reinforcement) dari plastic PET dan dipress dengan tekanan tertentu agar menjadi EcoBrick. Pada penelitian ini dilakukan analisa terhadap hasil kualitas dari cacahan dengan variasi hasil dari jumlah bilah pisau pencacah 4,6,dan 8 kemudian variasi waktu pengepressan yaitu 60 detik,180 detik dan 280 detik dan variasi tekanan pengepressan maksimal yaitu 200 Psi,215 Psi dan 280 Psi. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan hasil nilai kualitas yang optimal pada variasi jumlah bilah mata pisau 4,kemudian waktu pengepressan pada 280 detik dan tekanan pada 215 Psi.

Keyword Komposit, Eco-Brick, Mesin Crusher, Press Hidrolik

Paper type Research paper

PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang ini perkembangan rekayasa bahan material di Indonesia semakin meningkat, dan juga semakin banyak digunakan oleh masyarakat umum. Contohnya seperti penggunaan material yang berbahan dasar mineral membuat semakin menipisnya sumber daya mineral tersebut, maka dari itu banyak masyarakat yang ingin menggunakan material pengganti selain mineral seperti bahan organik maupun limbah non organik.

Dikarenakan semakin berkurangnya bahan mineral maka perlu adanya material pengganti seperti pada penggunaan material yang berbahan dasar serat alami. contohnya yaitu material dari Serat tanaman kelapa. Pengembangan serat kelapa sebagai material komposit ini sangat menarik mengingat ketersediaan bahan baku di Indonesia cukup melimpah. Potensi produksi kelapa cukup melimpah di Indonesia. Sentral produksi kelapa Indonesia terdapat di daerah Sumatra, Jawa dan Sulawesi dengan luas 2,841 juta ha (76,5% dari areal total Indonesia. (Iswidodo,Windra.2022)

Pohon Kelapa merupakan tanaman yang memiliki banyak manfaat pada bagian-bagiannya seperti daunnya,tangkainya,buahnya,kulit buahnya, batang hingga akarnya dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. karena manfaatnya yang beraneka ragam Benzoon dan Valesco menamakan kelapa sebagai pohon kehidupan (the tree of life). Pemanfaatan tanaman kelapa oleh etnis masyarakat secara tradisional sangat penting karena akan menambah sumber nabati yang bermanfaat serta dapat membantu pelestarian tanaman kelapa yang ada disekitar lingkungan (Jumiati, et al, 2013)

Dari tanaman kelapa yang bermanfaat banyak menghasilkan produk-produk yang bermanfaat, contohnya pelepah kelapa yang dapat dibuat menjadi EcoBrick. Ecobrick adalah berasal dari kata eco dan brick yang artinya bata ramah lingkungan yang menjadi alternatif bagi bata konvensional dalam mendirikan bangunan. Maka dari itu ecobricks adalah bata yang diisi secara padat dengan sampah organik maupun anorganik, yakni plastik dan limbah lainnya seperti serat tanaman, bersih dan kering pada kepadatan tertentu yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan dan dapat digunakan berulang kali. (Widiyasari, Ririn, 2021)

Karena Bidang ini dapat menggantikan material yang berbahan mineral seperti bata yang terbuat dari kapur maupun dari tanah liat. Bidang ini tidak hanya pada hal-hal yang berkaitan dengan alternative pengganti material, tetapi juga berkembang ke bagaimana mengolah hasil dari tanaman kelapa tersebut. Kebutuhan tentang mesin alat produksi pencacah pelepah daun kelapa. mendorong peneliti untuk membuat peralatan dan meneliti hasil produk olahan peralatan tersebut yang berguna dalam proses pencacahan pelepah serat organik sehingga dihasilkan cacahan yang baik dan hasil produksi pencacahan yang lebih baik untuk pembuatan EcoBrick. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menunjang masyarakat sehingga dapat meningkatkan produktifitas kerja dengan hasil yang maksimal dan berkualitas menggunakan mesin pencacah pelepah daun kelapa. Tujuan dari penelitian kali ini adalah untuk menganalisa bagaimana pengaruh hasil cacahan mesin crusher dengan variasi pisau blade 4,6,8 dengan tekanan maksimal pengepressan hasil cacahan.

TEORI

A. Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari dua atau lebih kombinasi material, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda dimana satu material sebagai pengisi (Matrik) dan lainnya sebagai fasa penguat (Reinforcement). Komposit biasanya terdiri dari dua bahan dasar yaitu serat dan matrik. Serat biasanya bersifat elastis, mempunyai kekuatan tarik yang baik, namun tidak dapat digunakan pada temperatur yang tinggi sedangkan matrik biasanya bersifat ulet, lunak dan bersifat mengikat jika sudah mencapai titik bekunya. Kedua bahan yang mempunyai sifat berbeda ini digabungkan untuk mendapatkan satu bahan baru (komposit) yang mempunyai sifat yang berbeda dari sifat partikel penyusunnya (Gibson, 1994)[3].

B. Ecobrick

Ecobrick adalah berasal dari kata eco dan brick yang artinya bata ramah lingkungan yang menjadi alternatif bagi bata konvensional dalam mendirikan bangunan. Maka dari itu ecobricks adalah bata yang diisi secara padat dengan sampah organik maupun anorganik, yakni plastik dan limbah lainnya seperti serat tanaman, bersih dan kering pada kepadatan tertentu yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan dan dapat digunakan berulang kali. (Widiyasari, Ririn, 2021)

C. Mesin Pencacah Crusher

Mesin pencacah plastik yang menggunakan sistem gunting, maka terdapat dua buah bilah mata gunting, Mata pisau ini terdiri dari pisau gerak (dinamis) dan mata pisau tetap (statis). Mata pisau gerak bergerak dengan satu konstruksi dengan poros (shaft). pada penelitian kali ini digunakan mesin pencacah crusher untuk menghasilkan serat yang digunakan untuk paduan komposit EcoBrick



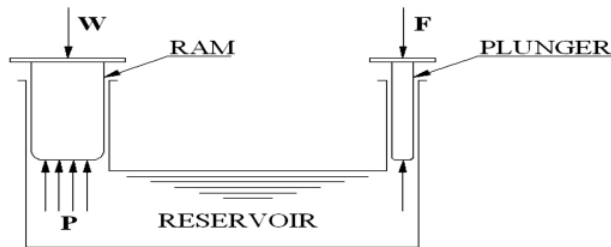
Gambar. 1. Mesin pencacah Crusher

D. Cara kerja Press Hidrolik

Mesin press Hidrolik adalah mesin yang memiliki dudukan dan punch yang bergerak secara hidrolik dimana bahan ditempatkan pada dies kemudian punch bergerak menekan pada benda kerja tersebut sehingga dapat dipress, dihancurkan, diluruskan maupun dibentuk.

Prinsip dari sistem hidrolik yang dipakai untuk mencetak specimen EcoBrick ini berdasar dari hukum Pascal, pada dasarnya dalam suatu bejana tertutup yang ujungnya terdapat beberapa lubang yang sama maka akan dipancarkan ke segala arah dengan tekanan dan jumlah aliran yang sama. Dimana tekanan dalam fluida statis harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

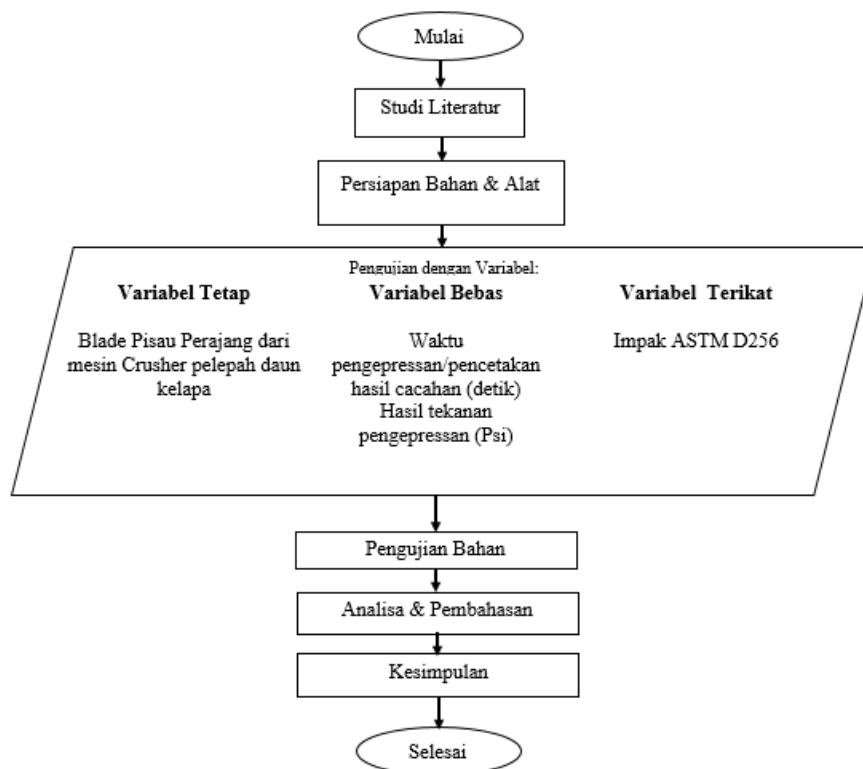
- a) Tidak punya bentuk yang tetap, selalu berubah sesuai dengan tempatnya.
- b) Tidak dapat dimampatkan.
- c) Meneruskan tekanan ke semua arah dengan sama rata.



Gambar. 2. Ilustrasi cara kerja mesin Press Hidrolik

METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir



Gambar. 3. Diagram alir Penelitian

B. Pendefinisian & Penguraian dari Diagram Alir

1. Studi Literatur

Studi literatur adalah mencari referensi teori yang relevan dengan permasalahan yang akan dibahas. Secara Umum Studi Literatur adalah cara untuk menyelesaikan masalah dengan cara menelusuri sumber-sumber tulisan yang telah dibuat sebelumnya. Teknik ini dilakukan dengan tujuan agar dapat menjabarkan berbagai teori yang relevan dengan permasalahan yang sedang dihadapi atau diteliti sebagai bahan rujukan dalam pembahasan hasil penelitian. Pengertian Lain tentang Studi literatur ialah mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan.

2. Persiapan Alat dan Bahan

Proses mempersiapkan komponen – komponen untuk penelitian prototype mesin pencacah (Crusher), Mesin Penekan(Press) dan pencetak Ecobrick, Jangka Sorong Stopwatch ,Tachometer, Cetakan/Dies Timbangan,Kunci Ring Kompor / alat pemanas, Panci ,Spatula.

3. Pembuatan Prototype Mesin Crusher

Proses pemasangan komponen – komponen pada prototype mesin pencacah (Crusher).

4. Uji Coba Fungsi Prototype

Proses uji coba fungsi mesin pencacah (Crusher) dengan melakukan penggilingan pelepah kelapa dan mengamati seberapa halus hasil gilingan tersebut,dan kemudian apakah dapat dicetak maupun dipress atau tidak.

5. Pengujian Pengepressan Hasil cacahan

Proses pengepressan/penekanan hasil cacahan daun kelapa dari mesin pencacah (Crusher) dan mengamati seberapa padat dan seberapa maksimal tekanan yang dapat dihasilkan oleh hasil cacahan dari variasi jumlah pisau crusher.

6. Pengujian Impact Hasil Pengepressan

Dilakukan Proses Pengujian Impact dan mengamati seberapa besar nilai dari hasil uji impact hasil cacahan yang sebelumnya telah dilakukan pengepressan.

7. Pengambilan Data

Proses pengambilan data dengan beberapa percobaan , dimana pengujian dilakukan secara bergantian antara satu material dengan yang lain kemudian dihasilkan perbandingan yang mutlak.

8. Pengolahan Data dengan metode Taguchi dan Pembahasan

Proses pengolahan data dilakukan dengan cara mengkomparasikan hasil dari pengujian beberapa material yang berbeda dan selanjutnya akan dianalisis Pembahasan adalah proses menganalisis data hasil pengujian berdasarkan teori – teori dasar yang terkait dengan topik penelitian.

9. Kesimpulan

Proses pengambilan kesimpulan adalah proses akhir dari penelitian yang berisi kesimpulan dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

C. Prosedur Pengujian

➤ *Pengujian Mesin Pencacah pelepah daun kelapa*

Adapun prosedur penelitian mesin pencacah pelepah daun kelapa ini adalah sebagai berikut :

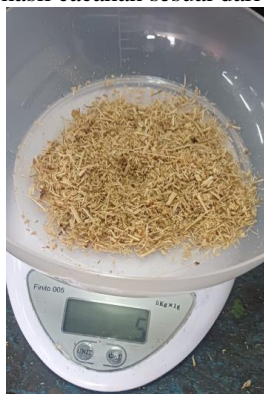
1. Menyiapkan alat yang digunakan yaitu Mesin Pencacah Pelepah kelapa dengan puli berdiameter 40 mm : 40 mm.
2. Menyiapkan Pelepah daun kelapa yang akan dilakukan pencacahan.

3. Melakukan eksperimen unjuk kerja mesin dengan masing-masing model pisau pencacah yaitu ;4 Blade,6 Blade dan 8 Blade pada mesin pencacah pelepah daun kelapa.
4. Mencatat semua waktu yang dipakai pada setiap model pisau saat proses pencacahan pelepah daun kelapa selesai.
5. Analisa perhitungan komponen mesin pencacah pelepah kelapa.
 - a. Perhitungan waktu rata-rata yang terpakai selama 3 kali pencacahan dari masing-masing model pisau.
 - b. Perhitungan Kapasitas pada mesin Pelepah daun kelapa. Rumus yang digunakan untuk menghitung kapasitas output.



Gambar. 4. Proses Pencacahan pelepah daun kelapa

- Pengepressan dan pencetakan hasil cacahan menjadi specimen EcoBrick
Pengujian berikut ini yaitu dengan cara mengepress dan mencetak hasil cacahan sesuai model pisau pencacah prosedur adalah sebagai berikut:
1. Menyiapkan Produk hasil cacahan mesin pencacah pelepah daun kelapa sesuai model pisau dan menyiapkan perekatnya yaitu Plastik PET.
 2. Menentukan berat dan tingkat kehalusan hasil cacahan sesuai dari hasil model pisau pencacah.



Gambar. 5. Penentuan berat serat

3. Menentukan komposisi Serat pelepah Kelapa dengan Plastik PET dengan komposisi 75% : 25% Serat dengan Matriks



Gambar. 6. Penentuan komposisi serat dengan perekat komposit yang akan dibuat

4. Melelehkan Plastik PET sesuai komposisi dan dipadukan dengan serat kelapa.



Gambar. 7. Proses pencampuran dan pemasakan Matriks dan Reinforcement

5. Kemudian, Adonan Serat kelapa dan PET dimasukkan ke dalam dies/cetakan
6. Dilakukan proses pengepressan dengan tekanan maksimal dan dilakukan selama 1 menit.
7. Pencatatan tekanan pengepressan maksimal yang telah dilakukan sesuai produk cacahan yang dihasilkan oleh variasi pisau.



Gambar. 8. Pencatatan tekanan dari indikator manometer

8. Pengeluaran Spesimen dari cetakan atau diesnya.



Gambar. 9. Proses pengepressan spesimen



Gambar. 10. Contoh spesimen hasil dari pencetakan atau pengepressan

➤ Uji impact dengan metode Charpy.

Pengujian impact adalah usaha untuk mensimulasikan bagaimana kondisi material yang sering ditemui dalam perlengkapan industri atau konstruksi, dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan tetapi juga datang secara tiba-tiba, seperti contohnya deformasi pada bumper mobil yang saat terjadi, berupa tumbukan secara tiba-tiba saat kecelakaan. Pada uji impact ini terjadi proses penyerapan energi yang besar yaitu ketika beban menghentak spesimen secara tiba-tiba dan singkat.

Energi yang diserap pada material dapat dihitung dengan menggunakan prinsip perbedaan energi potensial. Dasar pada pengujian impact ini adalah bagaimana proses penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari ketinggian tertentu dan mennghentak benda uji sehingga benda uji tersebut mengalami deformasi secara tiba-tiba. Pada pengujian impact ini banyaknya energi yang diserap oleh material untuk terjadinya perpatahan adalah seberapa ukuran ketahanan impact atau ketangguhan material tersebut terhadap pembebanan secara tiba-tiba.



Gambar. 11. Proses pengujian Impact Spesimen EcoBrick



Gambar. 12. Spesimen Pengujian Impact Eco-Brick dari hasil cacahan bilah pisau 4 (kiri), bilah 6 (tengah) dan bilah pisau 8 (kanan)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengolahan Data

Dari tabel hasil data pengujian di bawah ini menunjukkan tahapan pengujian yang telah diambil datanya selama proses pengujian Impact hasil cacahan mesin crusher pelepah kelapa dengan beberapa indikator variabel yang berbeda-beda terhadap perlakuannya.

TABEL I. TABEL HASIL HARGA PENGUJIAN IMPACT

no uji	Indeks Variabel			Uji 1 (J/mm ²)	Uji 2 (J/mm ²)	Uji 3 (J/mm ²)
	Variabel Tetap	Variabel Bebas	Variabel Kontrol			
	Jumlah mata pisau	Waktu (Detik)	Tekanan .Max pengepressan(Psi)			
1	4	60	200	0,022825	0,027825	0,032825
2	4	120	200	0,0427	0,0477	0,0527
3	4	280	200	0,0586	0,0636	0,0686
4	6	60	215	0,006925	0,011925	0,016925
5	6	120	215	0,0109	0,0159	0,0209
6	6	280	215	0,01885	0,02385	0,02885
7	8	60	250	0,006925	0,011925	0,016925
8	8	120	250	0,006925	0,011925	0,016925
9	8	280	250	0,022825	0,027825	0,032825

MataPisau	TekananPengePressan(Psi)	Waktu(detik)	Uji 1	Uji 2	Uji 3
4	200	60	0,022825	0,027825	0,032825
4	215	120	0,042700	0,047700	0,052700
4	250	280	0,058600	0,063600	0,068600
6	200	120	0,006925	0,011925	0,016925
6	215	280	0,010900	0,015900	0,020900
6	250	60	0,018850	0,023850	0,028850
8	200	280	0,006925	0,011925	0,016925
8	215	60	0,006925	0,011925	0,016925
8	250	120	0,022825	0,027825	0,032825

B. Hasil Pengolahan Data dengan Metode Taguchi

WORKSHEET 1

Taguchi Design

Design Summary

Taguchi Array L9(3⁴)
 Factors: 3
 Runs: 9

Columns of L9(3⁴) array: 1 2 3

Response Table for Signal to Noise Ratios

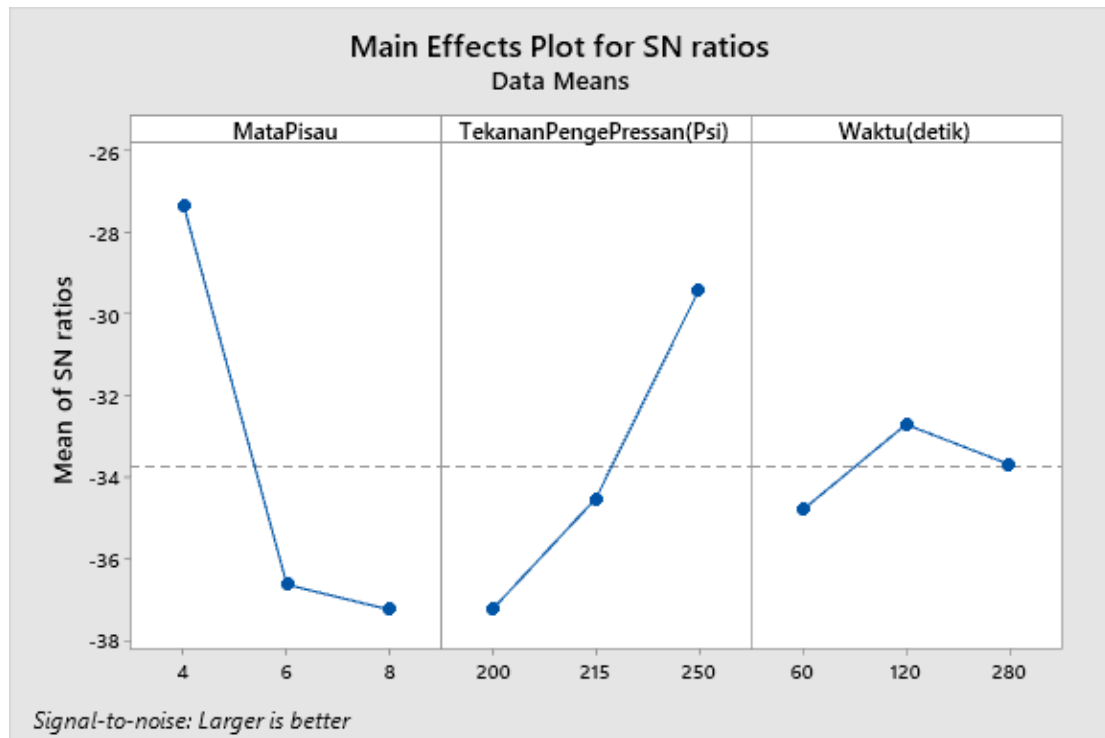
Larger is better

Level	MataPisau	TekananPengePressan(Psi)	Waktu
1	-27,30	-37,26	-34,81
2	-36,64	-34,54	-32,71
3	-37,26	-29,41	-33,69
Delta	9,96	7,85	2,11
Rank	1	2	3

Response Table for Means

Level	MataPisau	TekananPengePressan(Psi)	Waktu
1	0,04637	0,01723	0,02120
2	0,01723	0,02518	0,02915
3	0,01723	0,03843	0,03048
Delta	0,02915	0,02120	0,00928
Rank	1	2	3

C. Grafik Analisa Taguchi



Gambar. 13. Grafik hasil pengolahan data menggunakan metode Taguchi.

D. Pembahasan Hasil Pengujian

Dari Pengujian Hasil cacahan pelepah daun kelapa dengan variasi model blade pisau 4 blade, 6 blade dan 8 blade terhadap variasi waktu pengepressan 60s, 180s, dan 280s dan variasi tekanan pengepressan 200 psi, 215 psi dan 250 psi mendapatkan hasil berdasarkan dari grafik main effects plot for SN ratios dengan meminimalkan faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan dan menggunakan metode Taguchi dengan karakteristik larger is better. Harga impact tertinggi yang terbaik diperoleh pada variasi mata pisau 4 bilah dengan nilai sebesar 0,0686 J/mm². Pada variabel waktu pengepressan didapatkan nilai kualitas terbaik pada waktu pengepressan 280 detik dengan nilai sebesar 0,0686 J/mm². Pada variabel tekanan pengepressan hasil analisis dengan metode taguchi didapatkan nilai kualitas terbaik terdapat pada tekanan 215 Psi sebesar 0,02885 J/mm². Penggunaan Taguchi dikarenakan taguchi digunakan untuk perbaikan mutu guna untuk meningkatkan kualitas dari suatu produk. Pada grafik for means diketahui rata-rata kualitas yang didapatkan dan pada grafik for SN ratios diketahui hasil kualitas optimal atau terbaik yang sudah didapatkan dengan karakteristik larger is better pada pengujian yang sudah dilakukan, pada grafik tersebut ditunjukkan bahwa semakin naik grafik yang ditunjukkan maka kualitas dari produk hasil akan semakin lebih baik.

Tekanan pengepressan yang menghasilkan kualitas terbaik didapat pada tekanan 215 Psi, karena pada tekanan 215 Psi cukup ideal membentuk paduan komposit. Beban penekanan yang lebih besar mengakibatkan bulk density dari komposit semakin bertambah besar yang mengakibatkan kekuatan mekanik semakin kuat, namun kondisi tertentu penambahan penekanan akan merusak struktur bahan dasar yang mengakibatkan nilai kekuatan mekanik turun (Sinambela et al, 2018).

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil dari penelitian terhadap pengaruh variasi jumlah mata pisau mesin, variasi waktu penggilingan dan variasi tekanan pengepressan terhadap hasil kualitas dan hasil uji impact maka dapat disimpulkan:

1. Variabel sangat berpengaruh terhadap hasil kualitas dari penelitian ini berdasarkan analisis dengan metode taguchi yaitu hasil dari jumlah pisau pencacah, kemudian diikuti variabel tekanan dan variabel waktu pencacahan.
2. Pada hasil analisa dengan metode Taguchi dengan karakteristik larger is better mendapatkan kualitas yang optimal untuk nilai terbaik pada parameter jumlah pisau pencacah 4 Blade dengan nilai sebesar 0,0686 J/mm², waktu pengepressan 280 detik dengan nilai sebesar 0,0686 J/mm², dan tekanan pengepressan pencetakan yang optimal pada 215 Psi dengan nilai sebesar 0,02885 J/mm².

3. Pada penelitian ini jumlah pisau pencacah mempengaruhi ukuran serat cacahan semakin sedikit jumlah bilah pisau pencacah maka ukuran serat yang dihasilkan untuk matriks (fiber) semakin besar dan kasar. Dari serat hasil cacahan tersebut yang paling besar ukuran partikel seratnya (paling kasar) dihasilkan harga impact terbaik. Waktu pengepressan juga berpengaruh terhadap kepadatan dan ketangguhan kompositnya. Lama waktu pengepressan yang menghasilkan nilai impact terbaik yaitu pada 280 detik, dengan hasil nilai impact pada 0,0686 J/mm². Kemudian diikuti pada waktu 120 detik dengan nilai impact terbaik pada 0,0527 J/mm². Dan kemudian pada waktu 60 detik dengan nilai impact terbaik 0,032825 J/mm².



Gambar. 14. Ukuran serat dari yang paling halus 0,1 cm-0,2cm (kiri) dan sedang 0,3cm-0,5 (tengah) sampai yang paling kasar 0,5cm-1cm (kiri)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yang Fitri Arriyani, Idiar, Subkhan, Shanty Dwi Krishnaningsih .2021.Unjuk Kerja Mesin Pencacah Pelepah Kelapa Sawit Dengan Sistem Rotary. Bangka Belitung : Jurusan Teknik Mesin. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
- [2] Priatna,Johan.et al. 2019. “Pengaruh Variasi Tekanan Terhadap Karakteristik Briket Serbuk Gergaji Pohon Kelapa dengan Metode Cetak Panas”. Skripsi. Semarang : Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- [3] SETIAWAN, JULI.2019. Analisa Pengaruh Jumlah Pisau Potong Terhadap Produktifitas Mesin Pencacah Rumput Gajah. Skripsi thesis, Malang: Prigram Studi Teknik Mesin,Institut Teknologi Nasional Malang.
- [4] Hastuti,Sri.2021.Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Serat Alam Limbah Sabut Kelapa (Cocofiber) yang Biodegradable. Skripsi. Magelang : Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar.
- [5] Anonim.Dasar-Dasar Hidrolik Minyak. Semarang: PT. Panca manunggal wiradinamika.
- [6] Giles, R.1986. Mekanika Fluida Dan Hidrolika. Alaih Bahasa: Ir. Herman Widodo Soemitro. Jakarta : Erlangga.
- [7] <http://pustakapanganku.blogspot.com/2012/02/nata-de-coco-yang-kaya-serat.html>
- [8] Ady Permana,Dhimas.2010.Rancang Bangun Mesin Pres Semi Otomatis.Tugas Akhir. Surakarta : Program Studi DIII Teknik Mesin.Universitas Sebelas Maret..
- [9] Hasaya,Haudi,Masrida ,Reni.Firmansyah,Dicky.2021.Potensi Pemanfaatan Ulang Sampah Plastik Menjadi EcoPaving Block. Jakarta: Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya. Indonesia
- [10] HENDARTO,RAHMAN.2021.Analisis Perbandingan Paving Block Berbahan Limbah Botol Plastik Dan Paving Blockstandardsni Yang Di Gunakan Untuk Jalan. Medan : Program Studi Teknik Mesin,Fakultas Teknik,Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- [11] Herlina Sari ,Nasmi *,et al Pengaruh Panjang Serat Dan Fraksi Volume Serat Pelepah Kelapa Terhadap Ketangguhan Impact Komposit Polyester . Mataram : Dosen Teknik Mesin Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62.
- [12] Seno Darmanto,et al.2007.Murni .Kajian Pelepah Kelapa Sebagai Serat Komposit (Study Of Coconut Branch As Composite Fiber). Semarang : Staf Pengajar Jurusan D III T. Mesin Fakultas.Teknik Undip.
- [13] Iswidodo,Windra.dkk.2022.Pemanfaatan Serat Pelepah Kelapa Dalam Pembuatan Komposit Sebagai Bahan Lambung.Madura : Kapal Teknik Bangunan Kapal.Politeknik Negeri Madura.Sampang.