



Perancangan Alat Pencetak *Brown sugar cube*

Menhendry¹ Aan Ibadurrahman², Nurwahyu Aryo Anggono³, Fardinal^{4*}, Haris⁵

¹Teknik Manufaktur, Politeknik Negeri Padang

^{2,3}Mahasiswa D3 Teknik Mesin, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang

^{4,5}Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang

⁴fardinal@pnp.ac.id

Abstract

Palm is a type of palm whose potential for high economic value and can thrive in Indonesia. Nagari Andaleh Baruh Bukik is an area in Tanah Datar District that is a center of palm crop production and has the potential to be developed by its economy. Seeing a promising market, the idea was born to process ant sugar into brown sugar cubes by making a brown sugar cube printer. The manufacture of brown sugar cubes using the manual press method with a pressing system utilizes the principle of the 2nd type of leverage, where the load point is between the power point and the fulcrum. This pressing system works if the lever is pulled by the operator according to the specified depth limit, to restore the position of the lever to its original position is to take advantage of the spring force. It takes about 392 N to press the mold. By doing the calculation so that a mechanical profit is obtained 3 times, the total force required to press is 130.6 N. The safety factor equation is $69.76 \text{ N/mm}^2 \leq 200 \text{ MPa}$ with the largest curved moment being 130.87 N/mm^2 , so this tool is safe and will not be bent. Power arm length: 34.5 cm, weight arm length: 11.5 cm. Designing components and assembling brown sugar cube printers using the SolidWork application.

Keywords: aren, brown sugar cube, manual press,

Abstrak

Aren (*Arrenga pinnata Merr*) merupakan jenis palma yang potensi nilai ekonominya tinggi dan dapat tumbuh subur di Indonesia. Nagari Andaleh Baruh Bukik adalah daerah di Kabupaten Tanah Datar adalah sentra produksi tanaman aren dan berpotensi untuk dikembangkan perekonomiannya. Melihat pasar yang menjanjikan, lahirlah ide untuk mengolah gula semut menjadi *brown sugar cube* dengan membuat alat pencetak *brown sugar cube*. Pembuatan *brown sugar cube* dengan menggunakan metode *manual press* dengan sistem penekan memanfaatkan prinsip pada pengungkit jenis ke-2, dimana titik beban berada diantara titik kuasa dan titik tumpu. Sistem penekan ini bekerja jika tuas ditarik oleh operator sesuai dengan batas kedalaman yang ditentukan, untuk mengembalikan posisi tuas ke posisi semula adalah dengan memanfaatkan gaya pegas. Dibutuhkan sekitar 392 N untuk menekan cetakan. Dengan melakukan perhitungan sehingga didapat keuntungan mekanis 3 kali, maka total gaya yang diperlukan untuk menekan adalah 130,6 N. Persamaan *safety factor* adalah $69,76 \text{ N/mm}^2 \leq 200 \text{ MPa}$ dengan momen lengkung terbesar adalah $130,87 \text{ N/mm}^2$, sehingga alat ini aman dan tidak akan mengalami pembengkokan. Panjang lengan kuasa: 34,5 cm, panjang lengan beban: 11,5 cm. Perancangan komponen serta perakitan alat pencetak *brown sugar cube* dengan menggunakan aplikasi *SolidWork*.

Kata kunci: aren, *brown sugar cube*, *manual press*,

1. Pendahuluan

Aren atau enau (*Arrenga pinnata Merr*) merupakan jenis palma yang potensi nilai ekonominya tinggi dan dapat tumbuh subur di wilayah tropis seperti Indonesia. Pada tanah yang memiliki ketinggian di atas 1.200 meter di atas permukaan laut dengan suhu udara rata-rata 25°C, pohon aren ini dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal [1].

Nagari Andaleh Baruh Bukik adalah salah satu daerah di Kecamatan Sungayang Kabupaten Tanah Datar yang merupakan salah satu sentra produksi tanaman aren dan masih berpotensi untuk dikembangkan perekonomiannya melalui tanaman aren. Namun demikian, budidaya dan pengolahan hasil tanaman aren ini masih dilakukan secara tradisional, serta kurang mendapat perhatian dari berbagai pihak [2].

Tahun 2014 sebanyak 380 pengrajin gula semut di Banjarnegara telah tersertifikasi dan setiap bulannya

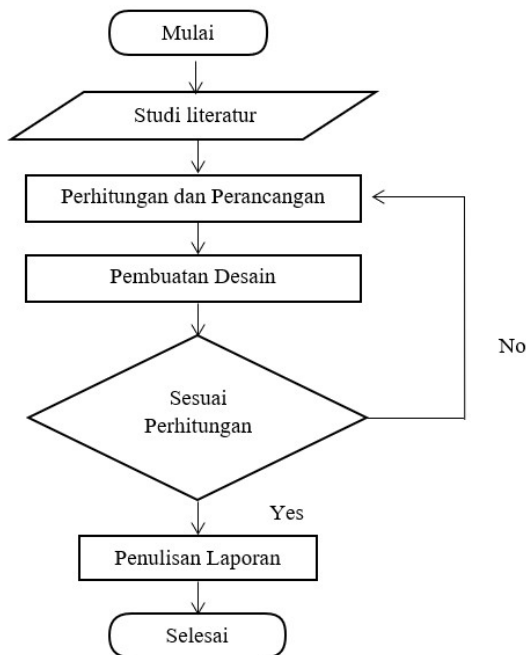
mampu menghasilkan sekitar 15 ton gula semut untuk di ekspor ke pasar Amerika dan pasar Eropa. Melihat pasar yang cukup menjanjikan, lahirlah ide untuk mengolah gula semut menjadi *brown sugar cube* dengan membuat alat pencetak *brown sugar cube* [3].

Brown sugar cube dapat dihasilkan dengan cara ditekan secara perlahan oleh alat pencetak *brown sugar cube*, tujuan penekanan adalah untuk memberi bentuk kepada gula semut menjadi kubus. Paper ini akan membahas mengenai perancangan alat pencetak *brown sugar cube* dengan menggunakan alat *manual press* yang sistemnya menggunakan pengungkit jenis ke-2. [4]

2. Metode Penelitian

Pembuatan *brown sugar cube* dengan menggunakan metode *manual press* dengan sistem penekan memanfaatkan prinsip pada pengungkit jenis ke-2, dimana titik beban berada diantara titik kuasa dan titik tumpu. Sistem penekan ini bekerja jika tuas ditarik oleh operator, tuas ditarik sesuai dengan batas kedalaman yang ditentukan, untuk mengembalikan posisi tuas ke posisi semula, digunakan pegas (*spring*) sebagai sistem penggerakannya, dengan memanfaatkan gaya pegas maka tuas akan didorong hingga panjang ke posisi semula.

Diagram alir metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan ukuran dari komponen pada sistem penekan, gaya yang diperlukan untuk mencetak *brown sugar cube*, serta desain dari

alat pencetak *brown sugar cube*. Sistem penekan memiliki beberapa bagian agar dapat bekerja dengan baik. Dimulai dari tuas yang diberi gaya, kemudian gaya dari tuas memberi dorongan ke batang penekan, batang penekan ini kemudian menekan cetakan, agar batang penekan kembali ke atas atau ke posisi semula, digunakan pegas sebagai gaya pembalik dari batang penekan ini.

Untuk menentukan panjang tuas, digunakan persamaan 1 [5]

$$F_b \cdot L_k = F_k \cdot L_b \quad (1)$$

Keterangan:

F_b = Gaya beban (N)

F_k = Gaya kuasa (N)

L_b = Lengan beban (cm)

L_k = Lengan kuasa (cm)

Pembagian antara gaya beban (F_b) dengan gaya kuasa (F_k) akan menghasilkan keuntungan mekanis (KM). Sehingga kita dapat merumuskan keuntungan mekanis pengungkit pada alat ini dengan menggunakan persamaan 2 di bawah ini.

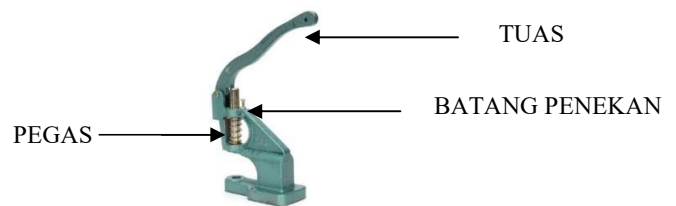
$$KM = \frac{F_b}{F_k} \quad (2)$$

Keterangan:

KM = Keuntungan mekanis

F_b = Gaya beban (N)

F_k = Gaya kuasa (N)



Gambar 2 Sistem Penekan

Pada saat bekerja, pada tuas terjadi momen bengkok karena adanya tegangan yang terjadi akibat gaya yang diberikan. Untuk menentukan tegangan maksimum karena pembengkokan digunakan persamaan 3.

$$\tau = \frac{M \cdot c}{I_x} \rightarrow I_x = m \cdot r^2 \quad (3)$$

Keterangan:

M = Momen dari titik pembebanan

c = Jarak terjauh dari titik pusat (jari- jari)

I_x = Momen inersia

m = Massa silinder pejal (Tuas)

r = Jari-jari

Setelah mengetahui nilai dari tegangan maksimum, maka nilai tersebut dimasukkan ke dalam perhitungan *safety factor*, faktor keamanan (*safety factor*) adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi agar perencanaan elemen mesin terjamin keamanannya dengan dimensi yang minimum, rumus dari *safety factor* dapat dilihat pada persamaan 4.

$$SF = \frac{\sigma_{max}}{\sigma} \quad (4)$$

Keterangan:

SF = *Safety Factor*

σ_{max} = *Ultimate tensile strength material* (kekuatan tarik maksimum)

σ = Tegangan (pada tuas)

Untuk mengetahui *ultimate tensile strength material* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Ultimate Tensile Strength*

Material	Density (kg/m ³)	Young's Modulus (Gpa)	Ultimate Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)
Steel	7800	200	400	250
Aluminum	2710	70	110	95
Glass	2190	65	50	-
Concrete	320	30	40	-
Wood	525	13	50	-
Bone	1900	9	170	-
Polystyrene	1050	3	48	-

Pada pegas terdapat konstanta yang merupakan besaran fisik yang menentukan tingkat kekakuan pegas. Setiap pegas memiliki nilai konstanta pegasnya masing-masing. Perhitungan pada pegas dapat dilakukan dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan 5.

$$F = k \cdot x \quad (5)$$

Keterangan:

F= Gaya (N)

k= Konstanta pegas (N/m)

x= Pertambahan panjang pegas (m)

Setelah mendapatkan ukuran dari masing-masing komponen, dilanjutkan dengan pembuatan desain gambar menggunakan aplikasi *SolidWork*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Proses Mencetak

Pada saat proses mencetak *brown sugar cube*, dilakukan beberapa percobaan untuk mengetahui berapa gaya (N) yang diperlukan untuk melakukan satu kali proses pencetakan. Percobaan ini dilakukan dengan memanfaatkan bahan yang ada pada saat

proses pengerjaan, yaitu dengan menggunakan batu bata tahan api, dengan masing-masing batu bata tahan api ini memiliki berat sekitar 3,4 Kg atau sekitar 33,32 N. Tahapan dalam percobaan kali ini dimulai dari 2 buah bata tahan api yang ditumpuk di atas cetakan, artinya sekitar 6,8 Kg atau sekitar 66,64 N, selanjutnya dilakukan penambahan jumlah bata tahan api di masing-masing percobaan sebanyak 2 buah bata tahan api. Pada Gambar 3 di bawah ini merupakan gambar dari pemberian 2 buah bata tahan api. [6]



Gambar 3 Penekanan dengan Batu Bata Tahan Api

Pada percobaan ini, jarak awal dari cetakan jantan ke betina adalah 15mm, dengan tujuan akhir tentunya 0 mm atau menempel dengan sempurna. Pada percobaan dengan jumlah bata sebanyak 12 buah, diketahui jarak cetakan jantan ke betina adalah 0 mm, jadi disimpulkan bahwa dibutuhkan sebanyak 12 buah batu bata tahan api dengan total berat sekitar 40,8 Kg atau sekitar 399,84 N, pada perhitungan dipakai berat 40 Kg atau sekitar 392 N agar lebih mudah dalam proses perhitungannya. Untuk lebih lengkapnya, data dari percobaan ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pemberian Batu Bata dan Jarak yang dihasilkan

No.	Jumlah Bata Tahan Api	Jarak (Cetakan Jantan-Betina)
1	2	14 mm
2	4	12 mm
3	6	8 mm
4	8	5 mm
5	10	2 mm
6	12	0 mm

3.2 Perhitungan Pada Alat Pencetak *Brown sugar cube*

Perhitungan pada alat ini dimulai dari perhitungan pada komponen pengungkit hingga *Safety Factor* (Faktor Keamanan). Terdapat 2 macam pemberian gaya pada perhitungan, yang pertama didapat dari perhitungan pada pengungkit, perhitungan kedua dengan menggunakan gaya maksimum yang dapat diberikan lengan manusia rata-rata yaitu 25 Kg atau 245 N ($g= 9,8 \text{ m/s}$) [6].

3.2.1 Pengungkit

Pengungkit adalah batang yang mempunyai satu titik tumpu sebagai sumbu putar [7]. Contoh alat-alat yang merupakan pengungkit antara lain gunting, linggis, jungkat-jungkit, pembuka botol, pemecah biji kenari, sekop, koper, pinset, dan sebagainya [8].

Model dinamika agroindustri gula merah sistem rantai pasok di Banyuwangi dinyatakan berlaku karena berdasarkan uji validasi MAPE nilai 8,2% [9].

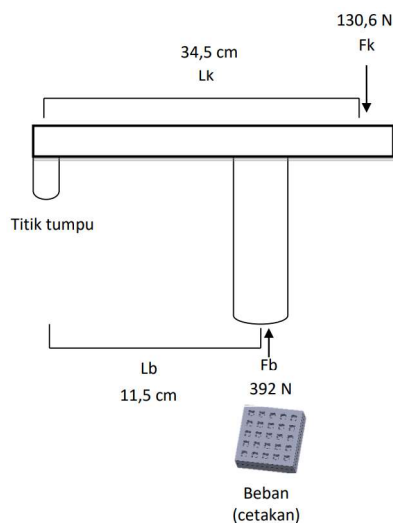
Pada alat ini diinginkan keuntungan mekanis sebanyak 3 kali, pemilihan keuntungan ini dilakukan karena mayoritas pekerja di Nagari Andaleh Baruh Bukik adalah perempuan, sehingga akan lebih membantu jika tenaga yang diperlukan lebih sedikit. Jika menggunakan 3 kali keuntungan = 130,6 N atau sekitar 13,32 Kg dan jika menggunakan 2 kali keuntungan = 196 N atau sekitar 20 Kg.

Perhitungan ini didapatkan dari total gaya yang diperlukan untuk menekan cetakan dari alat pencetak *brown sugar cube* ini adalah sekitar 40 Kg atau 392 N. Dengan demikian dari perencanaan yang diketahui dapat dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 1.

Untuk mengetahui nilai dari gaya kuasa (F_k) dan keuntungan mekanis (KM) kita bisa menggunakan persamaan (1). Kita dapat mengetahui gaya kuasa dengan cara substitusi posisi lengan kuasa (L_k) menjadi pembagi antara perkalian gaya beban (F_b) dengan lengan beban (L_b).

$$F_k = \frac{392 \text{ N} \cdot 11,5 \text{ cm}}{34,5 \text{ cm}}$$

$$F_k = 130,6 \text{ N} = 13,32 \text{ kg}$$



Gambar 4 Diagram Benda Bebas Pengungkit

Jadi gaya yang diperlukan adalah 130,6 N atau sekitar 13,32 kg. Setelah mengetahui besar gaya yang diperlukan untuk menekan tuas, kita dapat

menentukan besarnya keuntungan mekanis yang di dapat menggunakan alat ini. Dengan menggunakan persamaan 2 kita dapat mengetahui keuntungan mekanis dari alat ini.

$$KM \text{ min} = \frac{392}{130,6} = 3,01$$

Jadi keuntungan mekanis dari alat ini jika kita menggunakan gaya minimum 130,6 N adalah 3,01 kali atau sekitar 3 kali lipat.

$$KM \text{ max} = \frac{F_b}{F_k} = \frac{392}{245} = 1,6$$

Jika dengan menggunakan gaya kuasa maksimum (245 N) didapat keuntungan mekanis sebanyak 1,6 kali.

3.2.2 Momen Lengkung Jika Menggunakan Gaya Minimum

Untuk mengetahui pembengkokan yang terjadi pada saat pemberian gaya minimum digunakan persamaan 3 dengan perhitungan sebagai berikut.

$$I_x = 1,5 \text{ kg} \cdot 0,0125 \text{ m} \cdot 0,0125 \text{ m}$$

$$I_x = 0,0234 \text{ kgm}^2$$

$$\tau \text{ min} = \frac{130,6 \text{ Nmm} \cdot 0,0125 \text{ mm}}{0,0234 \text{ mm}^4}$$

$$\tau \text{ min} = 69,76 \text{ N/mm}^2$$

3.2.3 Momen Lengkung Jika Menggunakan Gaya Maksimum

$$\tau \text{ max} = \frac{245 \text{ Nmm} \cdot 0,0125 \text{ mm}}{0,0234 \text{ mm}^4}$$

$$\tau \text{ max} = 130,87 \text{ N/mm}^2$$

3.2.4 SF (Safety Factor) Pada Tuas Jika Menggunakan Gaya Minimum

Dari perhitungan momen lengkung dengan menggunakan gaya minimum, didapatkan tegangan bengkok sebesar 69,76 N/mm². Supaya tuas pada alat ini aman, maka besarnya tegangan yang terjadi harus lebih kecil atau sama dengan tegangan ijinnya.

Dari Tabel 1 di atas didapatkan *ultimate strength* untuk material *steel* adalah $\sigma_u = 400 \text{ MPa}$ jika dikonversi menjadi N/mm² adalah 400 N/mm², sedangkan *safety factor* dipilih 2 karena pada tuas di alat ini beban yang diterima adalah beban statis.

$$\sigma_b \leq \sigma \text{ ijin}$$

$$\sigma_b \leq \frac{\sigma_{\text{max Steel}}}{SF}$$

$$69,76 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{400}{2}$$

$$69,76 \text{ N/mm}^2 \leq 200 \text{ MPa (aman)}$$

Maka dari hasil perhitungan seperti di atas, tuas dapat dinyatakan aman dan didapatkan titik yang paling

kritis terhadap tegangan maksimum atau tegangan bengkok.

3.2.5 SF (*Safety Factor*) Pada Tuas Jika Menggunakan Gaya Maksimum

Dari perhitungan momen lengkung jika menggunakan gaya maksimum, didapatkan tegangan bengkok sebesar 130,87 N/mm². Supaya tuas pada alat ini aman, maka besarnya tegangan yang terjadi harus lebih kecil atau sama dengan tegangan ijinnya.

Dari Tabel 1 di atas didapatkan *ultimate strength* untuk material *steel* adalah $\sigma_u = 400$ MPa jika dikonversi menjadi N/mm² adalah 400 N/mm², sedangkan *safety factor* dipilih 2 karena pada tuas di alat ini beban yang diterima adalah beban statis.

$$130,87 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{400}{2}$$

$$130,87 \text{ N/mm}^2 \leq 200 \text{ MPa (aman)}$$

Maka dari hasil perhitungan seperti di atas, tuas dapat dinyatakan aman dan didapatkan titik yang paling kritis terhadap tegangan maksimum atau tegangan bengkok.

3.2.6 Konstanta Pegas Jika Menggunakan Gaya Minimum

Konstanta pegas adalah besaran fisik yang menentukan tingkat kekakuan pegas. Setiap pegas memiliki nilai sendiri konstanta pegas. Huruf k digunakan untuk menunjukkan jumlah. Satuan SI-nya adalah Newton per meter (N/m). Dengan menggunakan persamaan 5, didapat perhitungan pada gaya minimum seperti berikut:

$$K_{min} = \frac{130,6}{4}$$

$$K_{min} = 32,65$$

Dari hasil perhitungan dengan membagi gaya minimum yang dibutuhkan (*F_{min}*) dengan perubahan panjang pegas (*x*) di dapatkan hasil konstanta pegas senilai 32,65.

3.2.6 Konstanta Pegas Jika Menggunakan Gaya Maksimum

Konstanta Pegas Jika Menggunakan Gaya Maksimum dapat diketahui juga dengan menggunakan persamaan 5 di atas.

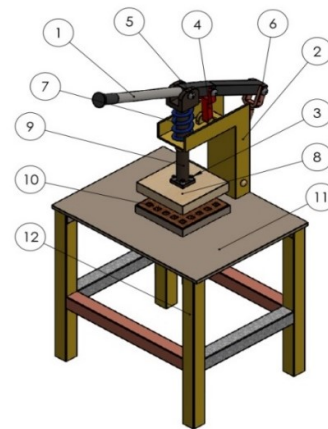
$$K_{max} = \frac{245}{5,5}$$

$$K_{max} = 44,54$$

Dari hasil perhitungan dengan membagi gaya maksimum yang bisa diberikan (*F_{max}*) dengan perubahan panjang pegas (*x*) didapatkan hasil konstanta pegas senilai 44,54.

3.3 Desain Alat

Setelah melakukan perhitungan, didapatkan ukuran dari masing-masing komponen yang kemudian dituangkan dalam bentuk desain alat. Alat pencetak *brown sugar cube* terdiri dari berbagai macam komponen, yaitu cetakan, pencetak, tuas penekan, batang penekan, spring (*pegas*) dan rangka. Alat ini menggunakan prinsip kerja manual untuk menekan produknya sehingga menjadi gula semut yang berbentuk kubus. Bentuk dari alat pencetak *brown sugar cube* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 5 Desain Alat

Pada Tabel 3 merupakan daftar dari komponen yang ada pada alat ini yang dilengkapi dengan bahan, jumlah, ukuran, serta keterangan terkait pembelian atau pembuatan komponen tersebut.

Tabel 3. Bagian dari Desain Alat

No	Nama bagian	Jumlah	Bahan	Ukuran	Keterangan
1	Tuas Penekan	1	ST 37 dan Besi Ho-llow	650 x 30	Dibuat
2	Penopang	1	ST 37	300 x 230	Dibuat
3	Baut Hexagon Bracket	4	Stain-less	M5.5 x 2.5	Dibeli
4	Tuas Penekan	1	ST 37	80 x 80	Dibuat
5	Baut Hexagon	5	Kuningan	M8 x 1.5 dan M10 x 1.5	Dibeli
6	Penahan Tuas Belakang	1	ST 37 dan Pipa Galvanize	Ø18.5 x 200 dan Ø19 x 250	Dibuat
7	Pegas	1	Alloy Steel	Ø8	Dibeli
8	Pencetak	1	Kayu Surian	165 x 165	Dibeli

4. Kesimpulan

Ukuran dari sistem penekan pada alat pencetak *brown sugar cube* ini didapat dari hasil perhitungan, dengan rincian:

- a. Panjang lengan kuasa 34,5 cm, panjang lengan beban 11,5 cm, gaya kuasa minimum 130,6 N, gaya kuasa maksimum 245 N, dan gaya beban 392 N.
- b. Perancangan komponen pada alat pencetak *brown sugar cube* dilakukan dengan menggunakan aplikasi *SolidWork*. Hasil dari perancangan ini berupa gambar desain. Setelah perhitungan dan perancangan komponen selesai dilakukan dan dituangkan dalam bentuk desain pada aplikasi *SolidWork*, maka dilakukan *assembling* (perakitan) menggunakan aplikasi *SolidWork* dan hasil dari proses perakitan ini berupa gambar desain.
- c. Pada penelitian kali ini, dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai bahan yang paling cocok untuk digunakan sebagai bahan cetakan, peneliti berharap ada penelitian lanjutan mengenai ini.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kepada Politeknik Negeri Padang yang telah memberikan kesempatan penelitian dengan no kontrak 436/PL9.15/PG/2022.

Daftar Rujukan

[1] S. Soesono, Bertanam Aren, Jakarta: Penebar Swadaya, 2000.

- [2] D. Evaliza, "Analisis Finansial Tanaman Aren Di Nagari Andaleh Baruh Bukik Kecamatan Sungayang Kabupaten Tanah Datar" Jurnal Agribisnis Kerakyatan, Volume 4, Nomor 1, pp. 36-46, 2014.
- [3] Saputro, E. B., Adriana, M., & Bela Persada, A. A. (2021). Rancang bangun alat pencetak pelet apung untuk pakan ikan di desa bluru kabupaten tanah laut: rancang bangun alat pencetak pelet apung untuk pakan ikan di desa bluru kabupaten tanah laut. Elemen: jurnal teknik mesin, 8(1), 22–29. <https://doi.org/10.34128/jc.v8i1.141>
- [4] A. Gunawan, Perspektif sosiobudaya perajin gula aren semut (studi kasus Desa Padasuka Kecamatan Cibinong Kabupaten Cianjur, Jawa Barat) [skripsi], Bogor: Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor, 1997.
- [5] Sularso dan Kiyokasu, Suga. 1997. Dasar Perencanaan dan Perancangan Elemen Mesin. Cetakan Kesembilan. Pradnya Paramita. Jakarta.
- [6] V. A. R, "Perancangan Alat Ukur Gaya Pada Otot Bisep Dan Trisep Dalam Kerja Mendorong Dan Menarik Dengan Pertimbangan Kerja Mendorong Dan Menarik Dengan Pertimbangan," eprints.undip.ac.id, Semarang, 2011.
- [7] Ilmu Hitung. 2022. *Pengungkit Tuas dan Katrol*[Online] (Update 25 Desember 2022) Tersedia di: <http://www.ilmuhitung.com> [Accessed 27 Desember 2022]
- [8] Ruang Guru. 2022. *Mengenal 3 Jenis Tuas, Ciri-Ciri dan Contoh*[Online] (Update Juli 2022) Tersedia di: <http://www.Ruangguru.com> [Accessed 27 Desember 2022].
- [9] Sumadi, J., & Ardiani, F. (2020). Supply chain brown sugar agroindustry in Banyuwangi district: Analysis study with a dynamic system approach. *Int. J. Supply Chain Manag*, 9(1), 626-632.
- [10] Tamaka Spring. 2022. *Per Tekan*[Online] (Update Oktober 2022) Tersedia di: <http://www.TanakaSpring.com> [Accessed 26 Desember 2022]