

DESAIN DAN REKAYASA ALAT PENGKRISTAL GULA SEMUT MENGUNAKAN PIRINGAN CRUSHER

Nugroho Tri Atmoko¹, Tri Widodo Besar Riyadi²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email : D200120111@student.ums.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan merekayasa alat pengkristal gula semut dengan menggunakan piringan penghancur (*crusher*), dan mengetahui pengaruh putaran *crusher* terhadap diameter serbuk gula. Putaran piringan penghancur dibuat rendah dengan pertimbangan untuk menjaga agar tidak merusak kualitas mutu gula terutama dari sisi warna, aroma dan rasa. Proses desain alat pengkristal gula semut menggunakan software *solidworks 2014*, sedangkan perhitungan element hanya mencakup poros pulley yang terdapat pada system transmisi alat tersebut. Pengoperasian dan pengujian alat menggunakan 4 variasi putaran piringan *crusher*, yakni 70 rpm, 80 rpm, 90 rpm dan 100 rpm. Pengujian foto mikro pada bulir gula semut dilakukan untuk mendeskripsikan ukuran diameter bulir gula semut sesuai dengan besarnya putaran yang divariasikan pada piringan *crusher*. Hasil rekayasa alat pengkristal gula menunjukkan bahwa mekanisme system transmisi perpaduan antara V-Belt dan Gearbox dapat menghasilkan putaran piringan *crusher* menjadi 70-100 rpm sehingga mutu gula berhasil tetap terjaga. Perhitungan kapasitas produksi gula semut sebelum dan setelah penggunaan alat pengkristal menunjukkan kenaikan yang cukup signifikan yakni sebesar 350%. Hasil pengujian foto mikro terhadap diameter bulir gula menunjukkan bahwa putaran piringan *crusher* 70, 80, 90 dan 100 rpm menghasilkan spesifikasi ukuran bulir gula dengan ukuran 2200 μm , 1551 μm , 1222 μm dan 854 μm . Berdasarkan hasil kajian permintaan pasar maka putaran 100 rpm yang paling sesuai untuk menghasilkan gula dengan ukuran diameter bulir gula 854 μm . Dengan demikian maka pengaplikasian alat ini dapat meningkatkan kapasitas produksi gula semut serta untuk mengetahui pada putaran piringan *crusher* berapa menghasilkan ukuran diameter bulir gula semut yang sesuai dengan permintaan pasar. sesuai dengan permintaan pasar

.Kata kunci : Gula Semut, Alat Pengkristal, Putaran, Diameter Bulir.

Abstract

The objective of the research was to design and engineer the tool to crystallize coconut sugar or palm sugar from bar shape into powder by using the disc crusher (*crusher*), and determine the effect of the crusher speed on the diameter of the powder sugar. The rotation crusher was designed low with consideration for keeping and compromising the quality of the sugar quality especially in terms of color, smell and flavor. Tool design process crystalliser sugar was carried out using *SolidWorks software 2014*, while the calculation only includes the shaft of pulley and the transmission system of the tool. Operation and testing of the tools was designed using four variations of the rotation crusher, which are 70 rpm, 80 rpm, 90 rpm and 100 rpm. The tests of the micro photograph on a grain of sugar has described the size of the diameter of grain of sugar, with variation of the rotation speed of the crusher. Modification of the sugar crystalliser tool shows that the mechanism of transmission system using a combination of V-Belt and Gearbox can generate the rotation crusher to 70-100 rpm. The calculation of the production capacity of sugar before and after the use of a crystalliser shows that there is a significant increase by 350%. The test results of the micro photograph of the sugar grain diameter showed that the rotation crusher 70, 80, 90 and 100 rpm produces sugar with a grain size specifications size of 2200 μm , 1551 μm , 1222 μm dan 854 μm . Based on this study, the 100 rpm rotation is the most suitable rotation speed to produce sugar with the size sugar grain diameter of 854

lm, which is suitable with the market demand. Thus, the application of these tools can increase production capacity and produce the diameter size of sugar grain in accordance with market demand.

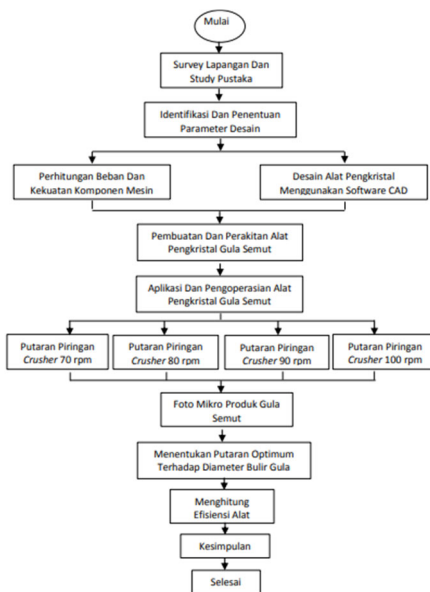
Keywords : *Coconut And Palm Sugar, Crystalliser, Rotation speed, Grain Size*

1. PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara beriklim tropis, memiliki kekayaan sumber daya alam berupa tanaman kelapa (*Cocos nucifera*) dan aren (*Arenga pinnata*) yang melimpah. Tanaman ini menghasilkan nira, yang merupakan bahan baku utama dalam pembuatan gula merah melalui proses penyadapan. Proses pengolahan gula ini sebagian besar dijalankan oleh para pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). Salah satu produk turunan yang memiliki nilai tambah adalah gula kelapa atau gula aren dalam bentuk kristal, yang dikenal luas dengan sebutan gula semut. Salah satu UMKM yang bergerak di bidang produksi gula semut adalah UD. Ikhwah Mandiri yang berlokasi di Desa Mulyadadi, Kecamatan Cipari, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. Dalam praktiknya, proses produksi di UMKM ini masih mengandalkan metode yang sangat tradisional. Tahapan produksi dimulai dari peleburan kembali gula merah batangan pada suhu 110-120°C hingga membentuk larutan kental berbentuk pasta. Tahap selanjutnya adalah kristalisasi, di mana larutan pasta gula tersebut digerus secara manual menggunakan batok kelapa di atas wajan hingga terbentuk butiran kristal. Proses ini dilanjutkan dengan pengayakan untuk menyeragamkan ukuran butiran dan pengeringan manual di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar air. Kendala utama dalam alur produksi tradisional ini terletak pada tahap kristalisasi. Proses penggerusan manual tidak hanya membutuhkan tenaga kerja yang intensif, tetapi juga tidak efisien karena butiran gula yang tidak lolos ayakan harus kembali digerus secara berulang hingga mencapai ukuran yang diinginkan. Kondisi ini menyebabkan proses produksi menjadi lambat dan kapasitasnya terbatas. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini didorong untuk melakukan inovasi teknologi guna mengatasi kelemahan pada proses kristalisasi manual. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merekayasa sebuah alat pengkristal gula semut yang menggunakan mekanisme piringan penghancur (*crusher*). Tujuan utamanya adalah untuk mendesain alat dengan putaran piringan rendah guna menjaga kualitas mutu gula—terutama dari aspek warna, aroma, dan rasa—serta diharapkan mampu meningkatkan kapasitas produksi secara signifikan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi putaran piringan *crusher* terhadap ukuran diameter bulir gula yang dihasilkan, sehingga dapat memproduksi spesifikasi produk yang sesuai dengan permintaan pasar.

2. METODE

Tahapan ini berisi prosedur dan pelaksanaan penelitian



Gambar 1. Diagram Penelitian

2. 1 Tahapan Penelitian

Metode penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan utama yang dijelaskan sebagai berikut.

a. Studi Pustaka dan Survei Lapangan

Tahap awal dilakukan dengan meninjau langsung proses produksi gula semut di UD. Ikhwah Mandiri, Desa Mulyadadi, Kecamatan Cipari, Kabupaten Cilacap, yang masih menggunakan metode tradisional dalam proses kristalisasi. Selain itu, dilakukan pengumpulan data dari literatur dan laporan terdahulu yang relevan untuk mendukung perancangan alat, antara lain mengenai proses pengkristalan gula, sistem transmisi mekanik, serta teori perancangan elemen mesin (Sularso & Suga, 1983; R.S. Khurmi & Gupta, 2005).

b. Identifikasi dan Penentuan Parameter Desain

Pada tahap ini dilakukan diskusi dan analisis bersama pelaku UMKM untuk menentukan kebutuhan alat yang sesuai dengan kondisi lapangan. Parameter desain utama meliputi:

- Jenis bahan baku yang digunakan (gula merah setengah matang),
- Kebutuhan kapasitas produksi,
- Ukuran butiran gula semut yang diinginkan sesuai pasar (Mustaufik, 2010),
- Putaran piringan crusher yang divariasikan antara 70 rpm, 80 rpm, 90 rpm, dan 100 rpm.

c. Perhitungan Beban dan Kekuatan Komponen

Analisis teknis dilakukan pada poros pulley sebagai elemen utama sistem transmisi daya. Perhitungan meliputi torsi, tegangan geser, gaya vertikal dan horizontal, serta momen lentur pada poros. Rumus perhitungan mengacu pada teori elemen mesin sebagaimana dijelaskan oleh Sularso dan Suga (1983) serta Khurmi dan Gupta (2005).

Langkah-langkah perhitungannya meliputi:

1. Menentukan putaran pada masing-masing pulley:

$$N_1 D_1 = N_2 D_2$$

dengan N = putaran poros (rpm) dan D = diameter pulley (mm).

2. Menghitung torsi poros:

$$T = \frac{P}{\omega}$$

dengan T = momen torsi (Nm), P = daya motor penggerak (W), dan ω = kecepatan sudut (rad/s).

3. Menentukan gaya sabuk ketat dan kendur dengan rumus:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu\theta}$$

di mana μ = koefisien gesek antara sabuk dan pulley, serta θ = sudut kontak (rad).

4. Menghitung beban total dan momen lentur maksimum:

$$M = \sqrt{M_v^2 + M_h^2}$$

dengan M_v = momen akibat gaya vertikal dan M_h = momen akibat gaya horizontal.

5. Menentukan diameter poros aman menggunakan persamaan momen puntir gabungan:

$$d = \left[\frac{16}{\pi\tau} \sqrt{M^2 + T^2} \right]^{1/3}$$

di mana τ = tegangan geser yang diizinkan (N/mm²).

Perhitungan ini digunakan untuk memastikan bahwa komponen mekanik alat memiliki kekuatan dan keamanan yang memadai selama proses pengkristalan gula berlangsung

d. Desain Alat Menggunakan Perangkat Lunak CAD

Tahap desain dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2014, yang digunakan untuk memvisualisasikan rancangan alat pengkristal gula semut secara tiga dimensi. Desain mencakup komponen utama, seperti:

- Piringan *crusher* sebagai pengkristal gula,
- Poros transmisi dan sistem pulley,
- Gearbox sebagai pengatur kecepatan,
- Rangka utama dan dudukan alat.

Tujuan desain ini adalah menciptakan alat yang ergonomis, mudah dioperasikan, serta efisien dalam proses pengkristalan gula semut.

e. Pembuatan dan Perakitan Alat

Setelah desain selesai, tahap selanjutnya adalah proses fabrikasi dan perakitan komponen. Material yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan kekuatan dan ketahanan terhadap panas, terutama pada bagian piringan *crusher* dan ruang pengkristalan.

f. Aplikasi dan Pengujian Alat

Alat diuji dengan variasi kecepatan putaran piringan *crusher* sebesar 70 rpm, 80 rpm, 90 rpm, dan 100 rpm. Pada setiap variasi dilakukan proses kristalisasi terhadap larutan gula hingga diperoleh butiran gula semut. Hasil uji kemudian dianalisis berdasarkan:

1. Ukuran diameter butiran gula, yang diukur menggunakan mikroskop digital (*Dino-Lite*),
2. Kualitas fisik gula semut, meliputi warna dan keseragaman butiran,
3. Efisiensi kapasitas produksi, dibandingkan antara proses tradisional dan proses dengan alat hasil rancangan.

g. Analisis Foto Mikro Butiran Gula

Pengamatan mikroskopis dilakukan untuk memperoleh data diameter rata-rata butiran gula semut pada masing-masing putaran. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan piringan *crusher*, ukuran butiran gula semakin kecil. Pada putaran 70 rpm diperoleh ukuran rata-rata 2200 μm , sedangkan pada 100 rpm diperoleh ukuran 854 μm .

h. Perhitungan Efisiensi Produksi

Perbandingan efisiensi dilakukan dengan menghitung peningkatan kapasitas produksi sebelum dan sesudah penggunaan alat. Rumus efisiensi digunakan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} \times 100\%$$

dengan η = efisiensi produksi, Q_1 = kapasitas produksi sebelum menggunakan alat, dan Q_2 = kapasitas setelah menggunakan alat.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas produksi meningkat dari 20 kg/hari menjadi 70 kg/hari, atau terjadi peningkatan efisiensi sebesar 350%, dengan kebutuhan tenaga kerja yang lebih sedikit.

1.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di UD. Ikhwah Mandiri, Desa Mulyadadi, Kecamatan Cipari, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah, serta di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta untuk proses desain, perakitan, dan pengujian alat. Penelitian ini dilaksanakan selama tahun 2017.

1.2 Validasi dan Evaluasi

Validasi hasil dilakukan dengan membandingkan spesifikasi butiran gula semut hasil alat rancangan terhadap standar pasar sebagaimana disebutkan oleh Mustaufik (2010), yaitu ukuran 16–20 mesh (841–1190 μm). Evaluasi hasil dilakukan berdasarkan kesesuaian ukuran butiran, peningkatan kapasitas produksi, dan kestabilan mutu produk gula semut.

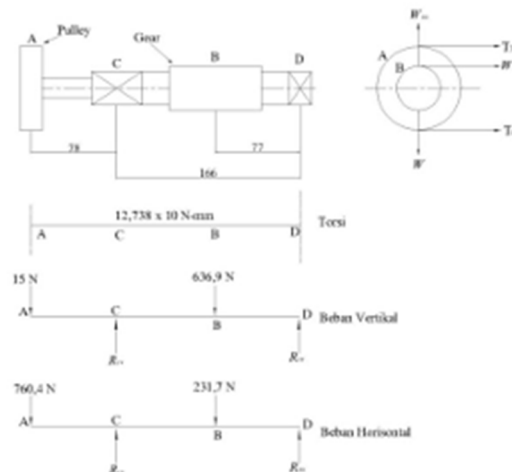
2. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1 Hasil Desain Alat Pengkristal Gula Semut

Hasil perancangan alat pengkristal gula semut ini menghasilkan suatu rancangan mesin yang berfungsi untuk mempercepat proses kristalisasi gula dengan hasil butiran yang lebih seragam. Proses desain dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2014, yang menghasilkan visualisasi tiga dimensi dari komponen alat seperti ditunjukkan pada Gambar 2

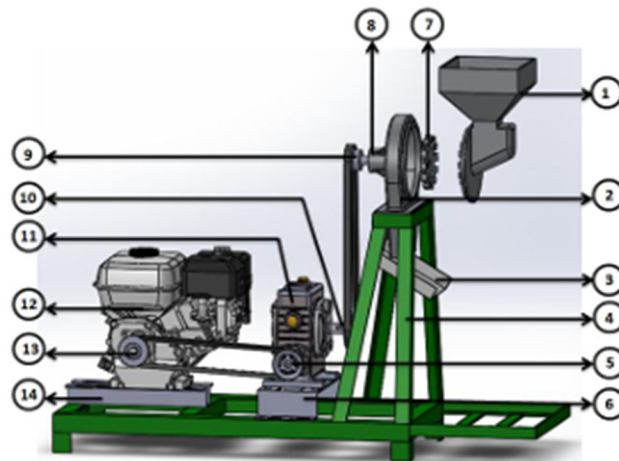
Alat pengkristal gula semut terdiri atas beberapa bagian utama, yaitu:

1. Piringan penghancur (*crusher disc*), berfungsi untuk mempercepat pembentukan kristal gula dari cairan kental menjadi butiran halus.
2. Poros utama dan sistem transmisi, yang menghubungkan motor penggerak dengan piringan crusher menggunakan V-belt dan pulley.
3. Gearbox reduksi, digunakan untuk mengatur kecepatan putaran piringan dalam rentang 70–100 rpm.
4. Rangka penopang dari besi siku yang menopang seluruh komponen.
5. Ruang kristalisasi, tempat terjadinya proses pengadukan dan pembentukan butiran gula semut.



Gambar 2. Diagram Gaya/Beban Vertikal Dan Horizontal Pada Poros Pulley 2

Desain alat disesuaikan dengan kondisi kerja UMKM, mempertimbangkan aspek efisiensi energi, kemudahan perawatan, serta keamanan operator. Berdasarkan hasil simulasi mekanis dan perhitungan elemen mesin, poros utama dirancang mampu menahan momen puntir maksimum sebesar 37,7 N·m, dengan tegangan geser aman sebesar 16,32 N/mm², sehingga alat ini dinyatakan layak secara mekanik untuk beroperasi pada putaran hingga 100 rpm.



Gambar 3 Bagian – Bagian Alat Pengkristal Gula Semut

Keterangan:

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1. Corong Masuk | 8. <i>Ball bearing</i> |
| 2. Ruang Pengkristal | 9. Poros <i>Pulley</i> 4 |
| 3. Corong Keluar | 10. Poros <i>Pulley</i> 3 |
| 4. Rangka | 11. <i>Gearbox</i> |
| 5. Poros <i>Pulley</i> 2 | 12. Motor Penggerak |
| 6. Dudukan <i>Gearbox</i> | 13. Poros <i>Pulley</i> 1 |
| 7. Piringan <i>crusher</i> | 14. Dudukan Motor Penggerak |

2.2 Hasil Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan piringan *crusher* terhadap ukuran butiran gula semut yang dihasilkan. Variasi putaran yang digunakan adalah **70 rpm, 80 rpm, 90 rpm, dan 100 rpm.**

Pengujian dilakukan dengan memasukkan larutan gula kental hasil pemasakan ke dalam ruang kristalisasi, kemudian diaduk oleh piringan *crusher* hingga terbentuk kristal halus. Hasil butiran yang diperoleh kemudian dikeringkan dan dianalisis menggunakan mikroskop digital (*Dino-Lite*) untuk mengetahui ukuran partikel rata-rata. Hasil pengamatan dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Hasil Diameter Bulir Gula Semut

No	Putaran (rpm)	Diameter Gula Semut			Rata-rata (µm)
		Sampel A (µm)	Sampel B (µm)	Sample C (µm)	
1	70	2409,72	2079,79	2111,42	2200,31
2	80	1702,58	1391,91	1559,56	1551,35
3	90	1250,62	1206,92	1209,44	1222,33
4	100	929,86	828,83	804,24	854,31

Tabel 2. Konversi Dari Ukuran Mesh Ke Satuan Micronmeter

No	Mesh	Micronmeter (μm)
1	16	1190
2	18	1000
3	20	841

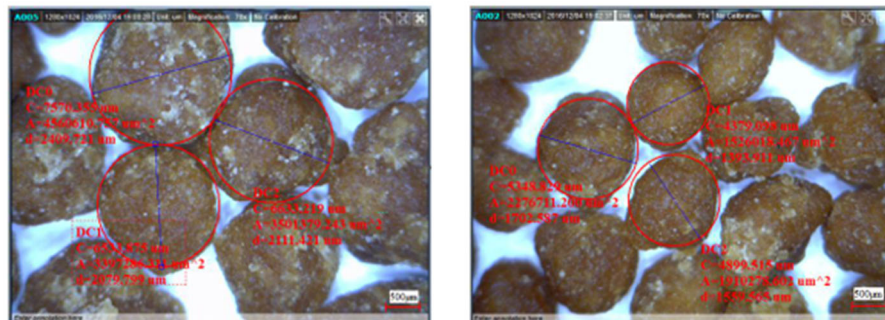
Dari hasil pengujian di atas dapat diketahui bahwa semakin tinggi kecepatan putaran piringan *crusher*, ukuran butiran gula semut yang dihasilkan semakin kecil. Pada putaran 70 rpm, butiran yang dihasilkan tergolong kasar dengan ukuran 2200 μm , sedangkan pada 100 rpm, butiran menjadi sangat halus dengan ukuran 854 μm .

Ukuran butiran tersebut sudah memenuhi standar kebutuhan pasar, yaitu 16–20 mesh (841–1190 μm) sebagaimana disebutkan oleh Mustafik (2010). Dengan demikian, alat yang dirancang dapat menghasilkan gula semut dengan ukuran partikel sesuai standar mutu pasar pada putaran optimum 90–100 rpm.

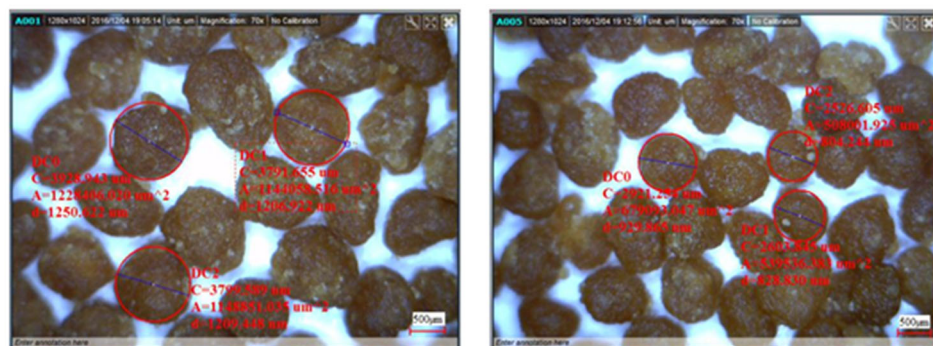
2.3 Analisis Hasil Pengamatan Foto Mikro

Analisis mikroskopis dilakukan untuk mengamati bentuk dan ukuran butiran gula semut hasil proses pengkristalan. Gambar hasil pengamatan mikroskop digital menunjukkan bahwa perbedaan kecepatan piringan berpengaruh signifikan terhadap morfologi butiran gula.

- Pada putaran 70 rpm, butiran gula masih berukuran besar dan tidak seragam, menunjukkan bahwa proses penghancuran belum merata.
- Pada 80 rpm, bentuk butiran mulai lebih seragam dengan permukaan lebih halus.
- Pada 90 rpm, diperoleh butiran dengan ukuran mendekati standar pasar dan distribusi ukuran relatif seragam.
- Pada 100 rpm, butiran gula semakin kecil, namun mulai menunjukkan tanda-tanda *over-crushing* yang dapat menyebabkan sebagian gula menggumpal akibat panas gesekan.



Gambar 4 Foto Mikro Pada Gula Dengan Putaran 70 Dan 80 Rpm



Gambar 5. Foto Mikro Pada Gula Dengan Putaran 90 Dan 100 Rpm

Fenomena ini menunjukkan adanya batas optimum kecepatan piringan dalam proses kristalisasi. Kecepatan terlalu rendah menyebabkan proses tidak efektif, sedangkan kecepatan terlalu tinggi meningkatkan gesekan yang dapat mengubah warna dan kualitas gula.

2.4 Hasil Perbandingan Efisiensi Produksi

Selain pengujian ukuran butiran, dilakukan pula perbandingan efisiensi antara metode tradisional dan penggunaan alat hasil rancangan. Sebelum adanya alat, proses pengkristalan dilakukan secara manual menggunakan batok kelapa dan membutuhkan waktu ± 5 jam untuk menghasilkan 20 kg gula semut per hari. Setelah penggunaan alat, kapasitas produksi meningkat menjadi 70 kg per hari dengan waktu proses yang lebih singkat, yaitu sekitar 2 jam per siklus kerja.

Peningkatan efisiensi produksi dihitung menggunakan rumus:

$$\eta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} \times 100\%$$

dengan Q_1 = kapasitas produksi sebelum menggunakan alat dan Q_2 = kapasitas produksi sesudah menggunakan alat.

Hasil perhitungan menunjukkan peningkatan efisiensi sebesar:

$$\eta = \frac{70 - 20}{20} \times 100\% = 350\%$$

Dengan demikian, alat pengkristal gula semut rancangan ini mampu meningkatkan efisiensi produksi sebesar 350% dibandingkan metode tradisional, sekaligus menurunkan kebutuhan tenaga kerja manual secara signifikan.

2.5 Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan piringan *crusher* merupakan faktor dominan yang memengaruhi kualitas kristalisasi gula semut. Secara umum, hubungan antara kecepatan piringan dan ukuran butiran menunjukkan pola berbanding terbalik: semakin tinggi putaran, semakin kecil ukuran butiran yang dihasilkan.

Peningkatan kecepatan memperbesar gaya geser dan tumbukan antara gula cair dan permukaan piringan, yang mempercepat proses pemecahan partikel dan pembentukan inti kristal. Namun demikian, kecepatan yang terlalu tinggi juga menimbulkan panas berlebih akibat gesekan, yang dapat menurunkan kualitas sensorik gula seperti warna dan aroma. Oleh karena itu, putaran optimum 90–100 rpm dianggap paling ideal, karena mampu menghasilkan butiran dengan ukuran 854–1120 μm sesuai standar tanpa merusak mutu produk (Mustaufik, 2010).

Selain itu, analisis efisiensi menunjukkan bahwa rekayasa alat ini mampu meningkatkan produktivitas UMKM hingga lebih dari tiga kali lipat. Hal ini sesuai dengan prinsip penerapan teknologi tepat guna, di mana inovasi mekanisasi sederhana dapat meningkatkan daya saing produk tanpa menghilangkan karakteristik tradisionalnya.

2.6 Ringkasan Hasil

1. Alat pengkristal gula semut dengan piringan *crusher* berhasil dirancang menggunakan SolidWorks 2014 dan telah diuji secara fungsional.
2. Putaran optimum piringan terdapat pada 90–100 rpm, menghasilkan ukuran butiran gula 854–1120 μm , sesuai standar pasar (16–20 mesh).
3. Efisiensi produksi meningkat sebesar 350% dibandingkan metode manual.
4. Kualitas gula semut yang dihasilkan lebih seragam, dengan warna dan aroma tetap terjaga.

3. KESIMPULAN DAN SARAN

3.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan terhadap alat pengkristal gula semut menggunakan piringan *crusher*, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain dan Rekayasa Alat Penelitian ini berhasil merancang dan membuat alat pengkristal gula semut berbasis sistem piringan *crusher* yang digerakkan dengan transmisi V-belt dan pulley, serta dilengkapi gearbox reduksi untuk mengatur kecepatan putaran antara 70–100 rpm. Proses desain dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2014, dan hasil perhitungan menunjukkan bahwa poros utama memiliki momen puntir maksimum sebesar 37,7 N·m dengan tegangan geser aman 16,32 N/mm², sehingga alat dinyatakan aman secara mekanis
2. Hasil Pengujian Ukuran Butiran Gula Semut Berdasarkan hasil pengujian, variasi kecepatan piringan crusher berpengaruh signifikan terhadap ukuran butiran gula semut. Pada kecepatan 70 rpm, ukuran butiran yang dihasilkan adalah 2200 µm, sedangkan pada kecepatan 100 rpm ukuran menurun hingga 854 µm. Nilai tersebut sudah memenuhi standar pasar untuk gula semut, yaitu 16–20 mesh (841–1190 µm) (Mustaufik, 2010). Dengan demikian, putaran optimum alat berada pada rentang 90–100 rpm, yang menghasilkan butiran halus dengan ukuran seragam serta menjaga kualitas warna dan aroma produk.
3. Peningkatan Efisiensi Produksi Penggunaan alat pengkristal ini mampu meningkatkan kapasitas produksi secara signifikan. Sebelum penggunaan alat, proses kristalisasi secara manual hanya menghasilkan sekitar 20 kg gula semut per hari, sedangkan dengan alat hasil rancangan ini kapasitas meningkat menjadi 70 kg per hari. Hal ini menunjukkan peningkatan efisiensi produksi sebesar 350%, disertai dengan pengurangan waktu proses dan beban kerja operator
4. Kualitas Produk Gula Semut Hasil pengamatan mikroskopis menunjukkan bahwa kecepatan piringan yang lebih tinggi menghasilkan butiran gula yang lebih halus dan seragam. Warna dan aroma gula tetap terjaga karena proses penghancuran berlangsung pada putaran rendah sehingga panas gesekan tidak berlebihan. Dengan demikian, alat hasil rekayasa ini terbukti dapat meningkatkan kualitas dan konsistensi produk tanpa mengubah karakteristik alami gula semut.

3.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Optimalisasi Desain Mekanis Perlu dilakukan penyempurnaan desain mekanik, khususnya pada sistem transmisi dan rangka penopang, agar alat lebih ringan, mudah dibersihkan, dan efisien dalam penggunaan energi.
2. Penambahan Variasi Parameter Pengujian Penelitian selanjutnya sebaiknya menambahkan parameter pengujian lain seperti pengaruh waktu kristalisasi, temperatur bahan, serta tingkat kekentalan larutan gula, karena faktor-faktor tersebut juga memengaruhi hasil pembentukan kristal gula semut (Mustaufik, 2010).
3. Pengujian Kualitas Produk Lebih Lanjut Diperlukan uji lanjutan terkait mutu fisik dan kimia produk, seperti kadar air, warna, aroma, dan tingkat kemanisan, agar dapat dibandingkan dengan standar SNI untuk gula semut.
4. Penerapan Skala Produksi UMKM Alat ini perlu diujicobakan secara langsung di beberapa unit UMKM pengolah gula semut di berbagai daerah untuk menilai daya tahan operasional, efisiensi energi, dan kemudahan perawatan dalam kondisi lapangan nyata.

5. Pengembangan Teknologi Tepat Guna
 Disarankan agar penelitian ini menjadi dasar pengembangan teknologi tepat guna yang dapat direplikasi oleh kelompok usaha kecil, dengan mempertimbangkan aspek biaya produksi rendah, perawatan sederhana, dan penggunaan energi yang efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS Kab. Cilacap, 2014. Cilacap Dalam Angka. Badan Pusat Statistik Kabupaten Cilacap.
- Edwin, 2012, Perancangan Mesin Pengkristal Gula Jawa, Fakultas Teknik, Universitas Negri Yogyakarta, Yogyakarta:.
- Mustaufik, 2010. Pengembangan Agroindustri Gula Kelapa Kristal sebagai Sumber Gula Alternatif untuk Mengurangi Ketergantungan Dunia terhadap Gula Tebu. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Unsoed, Purwokerto.
- Novi, 2014. Pengaruh Perbedaan Kecepatan Putar (rpm) Disc Mill Terhadap Keseragaman Ukuran Butiran Gula Semut, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung.
- R.S. Khurmi., dan J.K.Gupta., 2005, A Textbook Of Machine Design, Cetakan Ketiga, Eurasia Publishing House (Pvt.) Ltd., New delhi.
- Sularso dan Kiyokatsu Suga., 1983, Dasar – dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Edisi ke-3 cetakan 1, P.T. Pradnya Paramita, Jakarta.
- White,W., Hejab,M., White,W,M.,Green,G. (2010). *Experimental and CFD Airflow Studies of a Cleanroom with Special Respect to Air Supply Inlets*. International Journal of Ventilation.
- Wijaya,Filipus,A., Ikhwan,Nur. (2015). *Simulasi Numerik Distribusi Temperatur dan Kecepatan Udara Ruang Consession 1 pada Lantai 2 Terminal 2 Bandar Udara Juanda Sidoarjo*. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknologi Industri.Institusi Teknologi Sepuluh November (ITS).
- Yongson,O., Badruddin,I,A., Zainal,Z,A., Narayana,Aswatha,P,A. (2005). *Airflow Analysis in an Air Conditioning Room*. School of Mechanical Engineering, University Saint Malaysia, Malaysia.