



Unjuk Kerja Mesin Perajang Biomassa Tipe Slicer untuk Merajang Batang Singkong

Performance Display of the Slicer Type Biomass Shredder for Chopping Cassava Stems

Rio Dwi Saputra¹, Sandi Asmara^{1*}, Ahmad Tusi¹, Siti Suharyatun¹

¹Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

*Corresponding Author: Shandiasmar@yahoo.com

Abstract. *This study aims to evaluate the performance of the Rabakong slicer-type machine and compare it with previous models. A Completely Randomized Design (CRD) was used with two factors: machine rotation speed (1500, 2000, and 2700 RPM) and the number of cassava stems input (2, 3, and 4 stems). Each treatment was repeated three times for 10 minutes. Observed parameters included work capacity (kg/h), fuel consumption (l/h), percentage of product loss, slicing uniformity (%), and ergonomic aspects of operator performance. The results showed the highest work capacity of 522.2 kg/h at 2700 RPM with 4 stems. The lowest product loss (0.82%) occurred at 2000 RPM with 3 stems, while the lowest fuel consumption (0,680 l/h) was recorded at 1500 RPM with 4 stems. The highest slicing uniformity (58%) was obtained at 2700 RPM, particularly for output passing through a 0.1 mm mesh. The Rabakong slicer-type machine falls under the moderate workload category with a CVL of 41–47% and an operator heart rate of 125–135 bpm, still within safe limits (Tarwaka, 2004). This machine outperforms its predecessor in capacity, uniformity, fuel efficiency, and operator comfort. Therefore, it is recommended as an effective solution for processing cassava stem waste into value-added products such as animal feed or compost.*

Keywords: *Cassava Stems, Cassava Stem Waste, Rabakong Slicer-Type Machin*

1. Pendahuluan

Menurut data resmi dari Badan Pusat Statistik pada tahun (2018), singkong memiliki peranan strategis dalam memenuhi kebutuhan pangan nasional, terutama di daerah-daerah dengan ketergantungan tinggi pada bahan pangan selain beras. Salah satu daerah penghasil singkong terbesar di Indonesia adalah Provinsi Lampung, yang memiliki lahan perkebunan singkong yang tersebar hampir merata di seluruh kabupaten dan kota yang ada di provinsi tersebut. Hal ini

menjadikan Lampung sebagai daerah produsen singkong terbesar di tingkat nasional. Berdasarkan data yang dirilis oleh Badan Pusat Statistik (2018), total produksi singkong di Provinsi Lampung mencapai angka sebesar 6.683.75 ton, yang menyumbang bagian cukup besar dari total produksi singkong di seluruh Indonesia, yaitu sebanyak 19.341.233 ton. Pada lahan singkong dengan pola jarak tanam sebesar 1 meter x 1 meter, setiap hektar lahan mampu menghasilkan hingga 10.000 batang tanaman singkong. Namun demikian, hanya sekitar 10% dari total batang singkong yang dipanen yang dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan penanaman ulang, sedangkan sisanya, yaitu sekitar 90%, tidak dapat digunakan lagi dan hanya menjadi limbah (Sumanda, 2011).

Mesin Rabakong tipe TEP 6 memiliki kapasitas kerja 194,448 kg/jam, di mana bagian hopper dibuat dengan kemiringan tertentu agar batang singkong dapat masuk dengan lebih mudah. Mesin ini menggunakan pulley dengan diameter as 2,5 cm serta dilengkapi mata pisau yang sama seperti tipe sebelumnya, yakni mata pisau jenis *chainsaw Stihl*. Dengan mekanisme ini, hasil perajangan batang singkong menjadi lebih halus dan lebih mudah untuk diproses lebih lanjut. Seiring berjalannya waktu, Rabakong terus disempurnakan baik dari segi kualitas kerja maupun fungsinya. Saat ini, Rabakong telah dimodifikasi menjadi alat perajang batang singkong tipe *slicer*. Alat ini memiliki keunggulan yang signifikan, yaitu mampu merajang batang singkong dan batang jagung secara efisien. Modifikasi ini dirancang untuk meningkatkan kapasitas kerjanya, Rabakong ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti membuat bahan pakan ternak atau mempersiapkan bahan untuk kompos. Alat ini tidak hanya membantu mempercepat pekerjaan, tetapi juga memberikan hasil rajangan yang lebih rapi dan merata. Dengan demikian, Rabakong tipe *slicer* diharapkan dapat menjadi solusi yang efisien untuk memenuhi kebutuhan petani dalam mengolah limbah biomassa.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2025 di Desa Tri Rahayu, Kecamatan Negeri Katon, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat perajang batang singkong (Rabakong) tipe *slicer*, stopwatch, timbangan, ayakan, gelas ukur, laptop, camera, alat tulis, dan buku catatan. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang singkong dan bahan bakar.

2.1 Metode Penelitian

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode statistik menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) factorial dengan 2 faktor. Faktor 1 adalah RPM (Putaran Per Menit) yang terdiri dari 3 taraf yaitu R1:1500 rpm, R2:2000 rpm, R3:2700. Faktor 2 adalah jumlah masukan batang singkong garuda yang terdiri dari 3 taraf yaitu M2:2 masukan batang singkong, M3: 3 masukan batang singkong, dan M4: 4 masukan batang singkong yang dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali selama 10 menit setiap ulangan. Parameter yang diamati adalah kapasitas kerja alat (kg/jam), konsumsi bahan bakar (l/jam), losses (%), keseragaman cacahan dan ergonomika.

2.2 Parameter Kerja

2.2.1. Kapasitas kerja (kg/jam)

Kapasitas kerja alat yang diamati merupakan hasil dari proses perajangan batang singkong. Pengukuran dilakukan dengan menimbang hasil perajangan dari setiap perlakuan dengan jumlah masukan, yaitu 2, 3, dan 4 batang singkong. Selanjutnya, bobot hasil perajangan yang diperoleh dalam satu jam dicatat untuk setiap ulangan pengujian (Fadli dkk., 2015)

Kapasitas kerja alat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$K_a = \frac{bk}{t} \quad (1)$$

dimana K_a adalah kapasitas perajangan (kg/jam), bk adalah berat hasil perajangan (kg), t adalah waktu yang digunakan dalam proses perajangan (jam).

2.2.2 Konsumsi Bahan Bakar

Pengukuran konsumsi bahan bakar dilakukan dengan menggunakan gelas ukur. Prosesnya dimulai dengan mengukur volume bahan bakar sebelum dimasukkan ke dalam tangki mesin. Setelah mesin selesai beroperasi, sisa bahan bakar diukur kembali, kemudian dimasukkan kembali ke dalam tangki. Selisih antara volume awal dan akhir menunjukkan jumlah bahan bakar yang digunakan selama proses perajangan. Konsumsi bahan bakar dihitung dengan membagi volume bahan bakar yang terpakai dengan berat batang singkong yang dirajang dalam satu jam. Selain itu, tinggi akhir bahan bakar diperoleh dari selisih antara tinggi awal sebelum mesin dinyalakan dan tinggi akhir setelah mesin dimatikan. Rumus untuk menghitung konsumsi bahan bakar adalah sebagai berikut (Fadli dkk., 2015)

$$fc = \frac{V}{t} \quad (2)$$

dimana fc adalah konsumsi bahan bakar, V adalah volume bahan bakar yang terpakai (liter), dan t adalah massa bahan bakar.

2.2.3 Keseragaman Cacahan

Keseragaman cacahan merupakan ukuran tingkat kehalusan hasil perajangan berdasarkan ukuran potongan yang dihasilkan. Hasil cacahan dikategorikan ke dalam tiga jenis, yaitu halus, kasar, dan sangat kasar. Penentuan kategori ini dilakukan melalui proses pengayakan terhadap bahan yang telah dirajang. Setelah proses pengayakan, masing-masing fraksi hasil ayakan ditimbang dan dihitung persentasenya terhadap bobot total hasil perajangan. Proses pengayakan menggunakan tiga jenis ayakan dengan ukuran berbeda, yaitu:

- Halus: lolos ayakan 0,1 mm
- Kasar: lolos ayakan 0,2 mm
- kasar:lolos ayakan 0,5 mm.
- Sangat kasar:tidak lolos ayakan 0,5 mm

2.2.4 Bahan Terbuang Atau Losses

Bahan yang hilang merupakan selisih antara berat awal bahan sebelum perajangan dengan berat hasil perajangan yang diperoleh setelah proses berlangsung (Fadli dkk., 2015). Kehilangan bahan ini terjadi akibat berbagai faktor, seperti sisa bahan yang tidak terproses dengan sempurna atau tercecer selama perajangan. Persentase *losses* bahan pada kinerja alat perajang batang singkong tipe *slicer* dapat dihitung dengan rumus berikut (Fadli dkk., 2015)

$$Bh = \frac{bi-bo}{bi} \times 100\% \quad (3)$$

dimana Bh adalah bobot hilang (%), bi adalah bahan input (kg), dan bo adalah bahan output (kg).

2.2.5 Aspek Ergonomika

Ergonomika dalam pengujian mesin Rabakong tipe *slicer* dianalisis berdasarkan beban kerja yang dialami oleh operator. Pengukuran dilakukan secara manual dengan metode pemeriksaan denyut

nadi, yaitu dengan meletakkan jari pada area radial untuk menghitung jumlah denyut per menit. Pengujian ini dilakukan dengan variasi jumlah masukan batang singkong, yaitu 2, 3, dan 4 batang, serta diulang sebanyak tiga kali untuk setiap perlakuan. Operator yang terlibat dalam penelitian ini adalah laki-laki berusia 21–25 tahun. Setelah data pengukuran denyut nadi diperoleh, data tersebut diklasifikasikan untuk menentukan tingkat beban kerja dan dianalisis lebih lanjut guna menghitung tingkat kelelahan operator.

Tahap selanjutnya adalah pengolahan data menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel, di mana hasil analisis akan disajikan dalam bentuk grafik agar lebih mudah dipahami. Selain itu, pengujian statistik juga dilakukan untuk memastikan validitas hasil penelitian.

2.3 Analisis Penelitian

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode statistik dan anova dilanjutkan uji bnt dan disajikan dalam bentuk tabel serta grafik. Penyajian ini bertujuan untuk mempermudah pembaca dalam memahami hasil penelitian terkait pengembangan alat perajang batang singkong dalam upaya meningkatkan kapasitas dan kualitas dengan menggunakan alat tipe *slicer*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Uji Kinerja

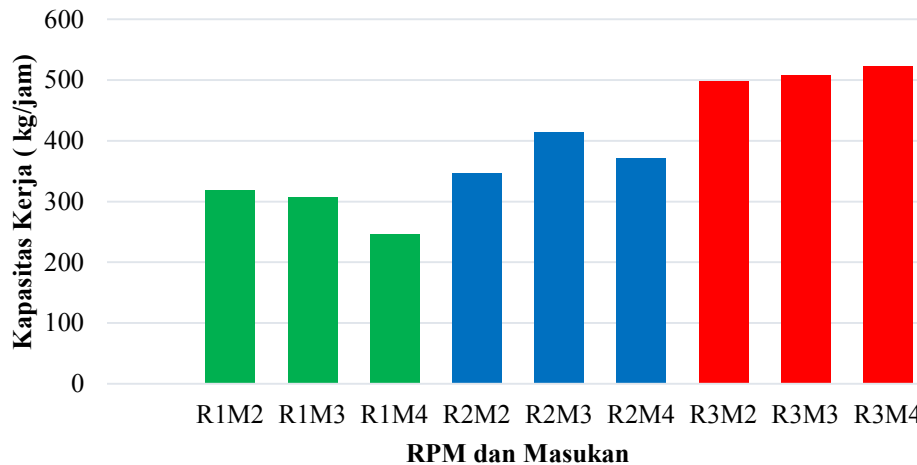
Setelah dilakukan pengujian menggunakan parameter yang telah ditetapkan, yakni kecepatan putaran mesin (RPM) sebesar 1500, 2000, dan 2700, serta variasi jumlah bahan masukan sebanyak 2 batang singkong, 3 batang singkong, dan 4 batang singkong, maka diperoleh data kapasitas kerja mesin terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji kinerja dalam 10 menit dan 1jam

Perlakuan	Waktu Kerja 10 Menit			Konversi 1 Jam		
	Berat Awal (kg)	Berat Akhir (kg)	Rata-rata	Berat Awal (kg)	Berat Akhir (kg)	Rata-rata
R1M2U1	58,2	56,8	53,2	349,2	340,8	319,4
R1M2U2	51,6	48,8		309,6	292,8	
R1M2U3	55,7	54,1		334,2	324,6	
R1M3U1	56,6	52,2	51,2	339,6	313,2	307
R1M3U2	52,8	49,2		316,8	295,2	
R1M3U3	53,2	52,1		319,2	312,6	
R1M4U1	39	37,4	41,1	234	224,4	246,4
R1M4U2	43,8	41,6		262,8	249,6	
R1M4U3	45,1	44,2		270,6	265,2	
R2M2U1	59,8	55,4	57,7	358,8	332,4	346,4
R2M2U2	60,2	58,7		361,2	352,2	
R2M2U3	60,8	59,1		364,8	354,6	
R2M3U1	71,4	71,2	69,0	428,4	427,2	413,8
R2M3U2	67,6	66,8		405,6	400,8	
R2M3U3	69,6	68,9		417,6	413,4	
R2M4U1	65,2	63	61,8	391,2	378	370,8
R2M4U2	61,5	60,2		369	361,2	
R2M4U3	63,3	62,2		379,8	373,2	
R3M2U1	81,4	79,4	83,1	488,4	476,4	498,4
R3M2U2	85,2	83,8		511,2	502,8	
R3M2U3	86,9	86		521,4	516	
R3M3U1	88,4	88,2	84,6	530,4	529,2	507,4
R3M3U2	81,9	80,6		491,4	483,6	
R3M2U3	85,7	84,9		514,2	509,4	
R3M4U1	90,2	87,4	87,0	541,2	524,4	522,2
R3M4U2	87,8	85,2		526,8	511,2	
R3M2U3	89,9	88,5		539,4	531	

3.1.1 Kapasitas Kerja

Pengujian dilakukan dengan mencatat hasil pencacahan dalam satuan waktu 10 menit, kemudian data tersebut dikonversikan ke dalam satuan jam. Selain itu, untuk mengetahui kinerja rata-rata mesin dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik rata-rata kapasitas kerja

Berdasarkan Gambar 1 pada RPM 1500 (R1) masukan 2 (M2) rata-rata kapasitas 319,4 kg/jam dan masukan 3 (M3) rata-rata kapasitas 307 kg/jam dan masukan 4 (M4) rata-rata kapasitas 246,4 kg/jam terlihat pada RPM 1500 (R1) masukan 2 (M2) rata-rata yang tertinggi 319,4 kg/jam. Hal ini terjadi karna pada RPM rendah jumlah masukan mempengaruhi hasil dari kapasitas kerja dengan masukan 2 (M2) batang singkong mesin mencacah lebih optimal. Pada RPM 2000 (R2) masukan 2 (M2) rata-rata kapasitas 346,4 kg/jam dan masukan 3 (M3) rata-rata kapasitas 413,8 kg/jam dan masukan 4 (M4) rata-rata kapasitas 370,8 kg/jam terlihat pada RPM 2000 (R2) masukan 3 (M3) rata-rata tertinggi 413,8 kg/jam. Hal ini terjadi karna pada RPM sedang dengan jumlah masukan 3 (M3) kapasitas kerja mesin dalam mencacah batang singkong lebih optimal.

Pada RPM 2700 (R3) masukan 2 (M2) rata-rata kapasitas 498,4 kg/jam dan masukan 3 (M3) rata-rata kapasitas 507,4 kg/jam dan masukan 4 (M4) rata-rata kapasitas 522,2 kg/jam terlihat pada RPM 2700 (R3) masukan 4 (M4) rata-rata tertinggi 522,2 kg/jam. Hal ini terjadi karena pada RPM tinggi dengan jumlah masukan 4 (M4) kapasitas kerja mesin dalam mencacah batang singkong lebih optimal.

Pada RPM 1500 dengan masukan 2 (M2) mendapatkan kapasitas kerja tertinggi 319,4 kg/jam dan RPM 2000 kapasitas tertinggi pada masukan 3 (M3) dengan nilai 413,8 kg/jam dan RPM 2700 kapasitas tertinggi pada masukan 4 (M4) dengan nilai 522,2 kg/jam. Secara keseluruhan hasil yang paling optimal pada RPM yang lebih tinggi (R3) hal ini terjadi karena peningkatan RPM berpengaruh langsung terhadap kapasitas kerja semakin tinggi RPM, maka kapasitas kerja mesin juga akan semakin meningkat sehingga perlu dilakukan uji *Anova* agar dapat melihat hasil perbandingannya uji *Anova* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji ANOVA pengaruh RPM dengan jumlah masukan terhadap kapasitas kerja alat

SK	DB	JK	KT	Fhit	F Tab	F Tab	Ket
					0,05	0,01	
Perlakuan	8	234863,15	29357,89	103,48	2,51	3,71	**
R	2	217854,43	108927,21	383,94	3,55	6,01	**
M	2	4198,83	2099,41	7,40	3,55	6,01	**
R*M	4	12809,89	3202,47	11,29	2,93	4,58	**
Galat	18	5106,72	283,70				
Total	26	239969,86					

Berdasarkan Tabel 2 merupakan hasil uji Anova pengaruh interaksi jenis RPM dengan jumlah masukan. Melihat hasil anova diatas bisa diperhatikan interaksi jenis RPM dan jumlah masukan terhadap kapasitas kerja berbeda sangat nyata pada F hitung lebih besar dibandingkan dengan F tabel 0,05 dan 0,01, maka perlu dilakukan uji BNT seperti pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Uji BNT jenis RPM terhadap kapasitas kerja

Perlakuan R	Rerata	Notasi
R3	509	a
R2	377	b
R1	291	c

Pada Tabel 3 diatas merupakan uji beda nyata terkecil jenis RPM, dapat diketahui bahwa pada RPM 1400 atau R3 memiliki nilai terbesar. Hal ini terjadi dikarenakan pada RPM berpengaruh terhadap kapasitas kerja, semakin tinggi RPM maka semakin besar kapasitas kerja yang didapatkan. Penelitian ini sejalan dengan pernyataan (sukandi,2017) bahwa kecepatan putaran pisau dalam proses perajangan memiliki pengaruh terhadap hasil perajangan keripik singkong.

Tabel 4. Uji BNT jenis masukan terhadap kapasitas kerja

Perlakuan M	Rerata	Notasi
M3	409	a
M2	388	b
M4	380	b

Berdasarkan hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada Tabel 4, diketahui bahwa perlakuan jenis masukan memberikan pengaruh yang nyata terhadap kapasitas kerja mesin perajang. Perlakuan M3 memiliki nilai rerata kapasitas kerja tertinggi sebesar 409 kg/jam dan masuk dalam notasi “a”, yang menunjukkan bahwa hasilnya berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sedangkan perlakuan M2 dan M4 memiliki nilai rerata masing-masing sebesar 388 kg/jam dan 380 kg/jam, yang keduanya masuk dalam notasi “b”. Artinya, kapasitas kerja antara M2 dan M4 tidak berbeda nyata satu sama lain, namun keduanya berbeda nyata terhadap M3. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perlakuan M3 memberikan hasil terbaik dalam meningkatkan kapasitas kerja mesin dibandingkan dengan perlakuan M2 dan M4.

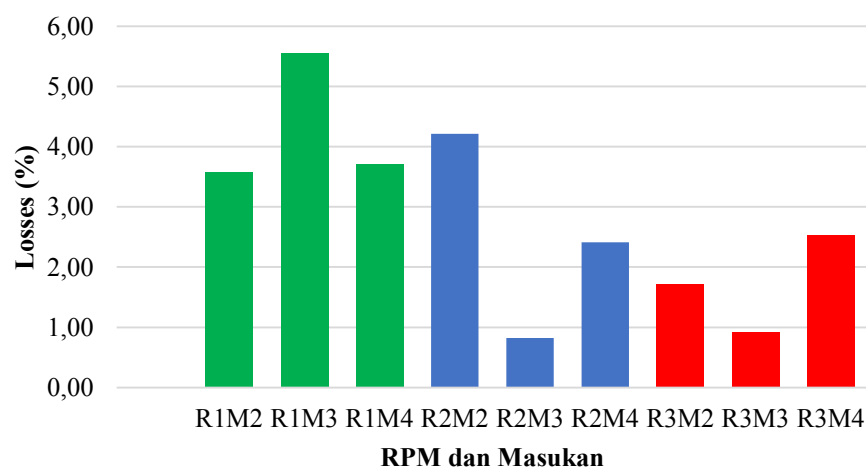
3.1.2 Losses

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi jumlah masukan

batang singkong dalam satu kali proses perajangan, yaitu sebanyak 2 batang, 3 batang, dan 4 batang, serta dikombinasikan dengan tiga tingkat kecepatan putaran mesin (RPM) yang berbeda, yaitu 1500 RPM, 2000 RPM, dan 2700 RPM. Data hasil pengukuran *losses* dari setiap kombinasi jumlah masukan dan kecepatan RPM disajikan secara lengkap pada Tabel 8. Untuk mengetahui rata-rata *losses*, dapat dilihat pada Grafik Gambar 2.

Tabel 5. *Losses* (%)

Perlakuan	Ulangan			Rata-rata
	1	2	3	
R1M2	2,41	5,43	2,87	3,57
R1M3	7,77	6,82	2,07	5,55
R1M4	4,10	5,02	2,00	3,71
R2M2	7,36	2,49	2,80	4,22
R2M3	0,28	1,18	1,01	0,82
R2M4	3,37	2,11	1,74	2,41
R3M2	2,46	1,64	1,04	1,71
R3M3	0,23	1,59	0,93	0,92
R3M4	3,10	2,96	1,56	2,54

Gambar 2. Grafik rata-rata *losses*

Berdasarkan Gambar 2 pada RPM 1500 (R1) masukan 2 (M2) rata-rata *losses* 3,57 % dan masukan 3 (M3) rata-rata *losses* 5,55 % dan masukan 4 (M4) rata-rata *losses* 3,71 % terlihat pada RPM 1500 (R1) masukan 3 (M3) rata-rata yang tertinggi 5,55 %. Hal ini terjadi karena pada RPM rendah jumlah masukan mempengaruhi hasil dari *losses* dengan masukan 3 (M3) batang singkong mesin mengalami peningkatan beban sehingga *losses* mengalami peningkatan. Pada RPM 2000 (R2) masukan 2 (M2) rata-rata *losses* 4,22 % dan masukan 3 (M3) rata-rata *losses* 0,82 % dan masukan 4 (M4) rata-rata *losses* 2,41 % terlihat pada RPM 2000 (R2) masukan 3 (M3) rata-rata terendah. Hal ini terjadi karena pada peningkatan RPM mempengaruhi *losses*.

Pada RPM 2700 (R3) masukan 2 (M2) rata-rata *losses* 1,71 % dan masukan 3 (M3) rata-rata *losses* 0,92 % dan masukan 4 (M4) rata-rata *losses* 2,54 % terlihat pada RPM 2700 (R3) terjadinya *losses* lebih rendah. Hal ini terjadi karena pada RPM tinggi mesin dalam mencacah batang singkong lebih optimal.

Pada RPM 1500 dengan masukan 3 (M3) mendapatkan losses tertinggi 5,55 % dan RPM 2000 losses tertinggi pada masukan 2 (M2) dengan nilai 4,22 % dan RPM 2700 losses tertinggi pada masukan 4 (M4) dengan nilai 2,54 %. Secara keseluruhan hasil yang paling optimal pada RPM yang lebih tinggi (R3) hal ini terjadi karena peningkatan RPM berpengaruh langsung terhadap perajangan semakin tinggi RPM, maka losses akan semakin menurun sehingga perlu dilakukan uji *Anova* agar dapat melihat hasil perbandingannya uji *Anova* dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah.

Tabel 6. Uji ANOVA pengaruh interaksi jenis RPM dengan jumlah masukan terhadap losses

SK	DB	JK	KT	Fhit	F Tab	F Tab	ket
					0,05	0,01	
Perlakuan	8	59,56	7,44	2,74	2,51	3,71	**
R	2	30,94	15,47	5,69	3,55	6,01	**
M	2	2,47	1,24	0,45	3,55	6,01	TN
R*M	4	26,14	6,54	2,40	2,93	4,58	**
Galat	18	48,98	2,72				
Total	26	108,54					

Berdasarkan Tabel 6 di atas merupakan hasil uji Anova pengaruh interaksi jenis RPM dengan jumlah masukan. F hitung (Fhit) untuk perlakuan sebesar 2,74, lebih besar dari F tabel 0,05 (2,51) namun masih lebih kecil dari F tabel 0,01 (3,71), sehingga pengaruh perlakuan secara keseluruhan dinyatakan signifikan pada taraf 5%, yang ditandai dengan simbol ** (dua bintang). Artinya, ada perbedaan nyata antar kombinasi perlakuan terhadap losses. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Putra dan Ardiansyah (2021), yang menyatakan bahwa nilai F hitung yang berada di antara F tabel 5% dan 1% menunjukkan adanya pengaruh perlakuan secara signifikan dalam pengujian kinerja mesin pertanian menggunakan pendekatan statistik ANOVA.

Untuk faktor rotasi mesin (R), nilai Fhit sebesar 5,69 lebih besar dari kedua nilai F tabel (3,55 dan 6,01), sehingga signifikan pada taraf 5%, namun tidak signifikan pada taraf 1%. Ini menunjukkan bahwa variasi kecepatan atau putaran mesin memberikan pengaruh nyata terhadap kehilangan hasil. Sementara itu, faktor jumlah masukan (M) menunjukkan Fhit sebesar 0,45, yang lebih kecil dari nilai F tabel 0,05 (3,55), sehingga dinyatakan tidak signifikan (TN). Dengan kata lain, perbedaan jumlah batang singkong yang dimasukkan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah losses yang terjadi.

Namun, untuk interaksi antara rotasi dan jumlah masukan (R*M), nilai Fhit sebesar 2,40 lebih besar dari F tabel 0,05 (2,93), tetapi masih di bawah F tabel 0,01 (4,58). Hal ini menunjukkan bahwa interaksi antara kedua faktor tersebut berpengaruh signifikan pada taraf 5% terhadap losses. Artinya, gabungan antara tingkat putaran dan jumlah masukan secara bersama-sama memengaruhi besarnya hasil yang hilang dalam proses perajangan, maka perlu dilakukan uji BNT seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Uji BNT jenis RPM terhadap losses

Perlakuan R	Rerata	Notasi
R1	4,3	a
R2	2,5	b
R3	1,7	b

Berdasarkan hasil Uji BNT pada Tabel 7, diketahui bahwa perlakuan jenis RPM memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai *losses*. Perlakuan R1 memiliki nilai *losses* rata-rata tertinggi sebesar 4,3% dan diberi notasi (a), yang berarti berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sementara itu, perlakuan R2 dan R3 masing-masing memiliki rata-rata *losses* sebesar 2,5% dan 1,7%, keduanya diberi notasi yang sama yaitu (b), yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata antara keduanya. Namun, keduanya berbeda nyata jika dibandingkan dengan R1. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kecepatan putaran mesin yang rendah dapat meningkatkan jumlah *losses*. Berdasarkan hasil Uji BNT pada Tabel 8, diketahui bahwa jenis masukan tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap *losses*. Hal ini ditunjukkan oleh notasi huruf yang sama (a) pada seluruh perlakuan, yaitu M2, M3, dan M4.

Tabel 8. Uji BNT jenis masukan terhadap *losses*

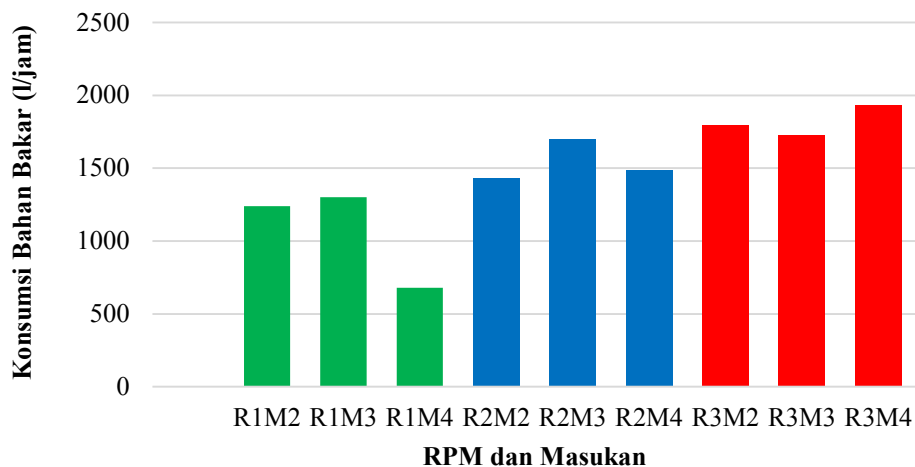
Perlakuan M	Rerata	Notasi
M2	3,2	a
M3	2,4	a
M4	2,9	a

3.1.3 Konsumsi Bahan Bakar

Pengujian kinerja alat perajang batang singkong tipe *slicer* tidak hanya mencakup hasil cacahan dan susut bobot, tetapi juga mencakup konsumsi bahan bakar yang digunakan selama proses perajangan. Aspek ini penting untuk mengetahui efisiensi energi dari mesin dalam setiap proses operasionalnya. Data konsumsi bahan bakar dari setiap kombinasi jumlah masukan dan RPM disajikan secara lengkap pada Tabel 9. Untuk mengetahui rata-rata konsumsi bahan bakar, dapat dilihat pada Grafik Gambar 3.

Tabel 9. Konsumsi bahan bakar (l/jam)

Perlakuan	Ulangan			Rata-rata
	1	2	3	
R1M2	1380	1140	1200	1240
R1M3	1200	1440	1260	1300
R1M4	600	660	780	680
R2M2	1470	1380	1440	1430
R2M3	1800	1620	1680	1700
R2M4	1530	1440	1500	1490
R3M2	1872	1770	1740	1794
R3M3	1800	1710	1680	1730
R3M4	2010	1860	1920	1930



Gambar 3.1 Grafik rata-rata konsumsi bahan bakar

Berdasarkan gambar di atas pada RPM 1500 (R1) masukan 2 (M2) rata-rata konsumsi bahan bakar 1,240 l/jam dan masukan 3 (M3) rata-rata konsumsi bahan bakar 1,300 l/jam dan masukan 4 (M4) rata-rata konsumsi bahan bakar 680 l/jam terlihat pada RPM 1500 (R1) masukan 3 (M3) rata-rata yang tertinggi 1,300 l/jam. Hal ini terjadi karena pada RPM rendah jumlah masukan mempengaruhi hasil konsumsi bahan bakar dengan masukan 3 (M3) batang singkong mesin mengalami peningkatan beban sehingga konsumsi bahan bakar mengalami peningkatan.

Pada RPM 2000 (R2) masukan 2 (M2) rata-rata konsumsi bahan bakar 1,430 l/jam dan masukan 3 (M3) rata-rata konsumsi bahan bakar 1,700 l/jam dan masukan 4 (M4) rata-rata konsumsi bahan bakar 1,490 l/jam terlihat pada RPM 2000 (R2) masukan 3 (M3) rata-rata tertinggi. Hal ini terjadi karena pada peningkatan RPM dan jumlah masukan mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Pada RPM 2700 (R3) masukan 2 (M2) rata-rata konsumsi bahan bakar 1,794 l/jam dan masukan 3 (M3) rata-rata konsumsi bahan bakar 1,730 l/jam dan masukan 4 (M4) rata-rata konsumsi bahan bakar 1,930 l/jam terlihat pada RPM 2700 (R3) terjadinya konsumsi bahan bakar lebih tinggi. Hal ini terjadi karena pada RPM tinggi mesin dalam mencacah batang singkong memberikan peningkatan pada konsumsi bahan bakar.

Secara keseluruhan hasil yang paling tinggi konsumsi bahan bakar pada RPM yang lebih tinggi (R3) hal ini terjadi karena peningkatan RPM berpengaruh langsung terhadap perajangan semakin tinggi RPM, maka konsumsi bahan bakar akan semakin meningkat sehingga perlu dilakukan uji *Anova* agar dapat melihat hasil perbandingannya uji *Anova* dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Uji ANOVA interaksi jenis RPM dengan jumlah masukan terhadap konsumsi bahan bakar

SK	DB	JK	KT	Fhit	F Tab		Ket.
					0,05	0,01	
Perlakuan	8	3433562,67	429195,33	58,01	2,51	3,71	**
R	2	2548770,67	1274385,33	172,25	3,55	6,01	**
M	2	200050,67	100025,33	13,52	3,55	6,01	**
R*M	4	684741,33	171185,33	23,14	2,93	4,58	**
Galat	18	133176,00	7398,66				
Total	26	3566738,66					

Berdasarkan hasil Uji ANOVA yang ditampilkan pada Tabel 10, diketahui bahwa perlakuan kombinasi antara jenis RPM dan jumlah masukan memberikan pengaruh yang sangat nyata

terhadap konsumsi bahan bakar mesin. Hal ini terlihat dari nilai Fhitung (Fhit) sebesar 58,01, yang jauh lebih besar dibandingkan F tabel pada taraf signifikan 5% (2,51) maupun 1% (3,71). Dengan demikian, secara keseluruhan perlakuan RPM dan jumlah masukan dalam penelitian ini berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah bahan bakar yang dikonsumsi.

Tabel 1. Uji BNT jenis RPM terhadap konsumsi bahan bakar

Perlakuan R	Rerata	Notasi
R3	1818	a
R2	1540	b
R1	1073	c

Berdasarkan hasil Uji BNT pada Tabel 11 di atas, diketahui bahwa jenis RPM memberikan pengaruh yang nyata terhadap konsumsi bahan bakar mesin. Hal ini ditunjukkan dari perbedaan notasi huruf pada setiap perlakuan, yang berarti setiap tingkat RPM memiliki perbedaan yang signifikan satu sama lain.

Tabel 2 Uji BNT jenis masukan terhadap konsumsi bahan bakar

Perlakuan M	Rerata	Notasi
M2	1577	a
M1	1488	b
M3	1367	c

Berdasarkan hasil Uji BNT pada Tabel 12 diatas, diketahui bahwa jenis masukan memberikan pengaruh yang nyata terhadap konsumsi bahan bakar mesin. Hal ini ditunjukkan dari perbedaan notasi huruf pada setiap perlakuan, yang berarti setiap tingkat masukan memiliki perbedaan yang signifikan satu sama lain.

3.1.4 Keseragaman Hasil Perajangan

Proses perajangan batang singkong menggunakan alat perajang tipe *slicer* menghasilkan potongan dengan empat kategori ukuran, yaitu: 0,1 mm, 0,2 mm, 0,5 mm, dan lebih dari 0,5 mm. Hasil keseragaman perajangan dari setiap kombinasi perlakuan dapat dilihat pada table 16 berikut:

Tabel 3 Hasil keseragaman dalam 1 jam

Perlakuan	Lolos Ayakan 0,1 mm	Lolos Ayakan 0,2 mm	Lolos Ayakan 0,5	Ayakan Lebih Dari 0,5 mm
R1M2U1	35%	29%	36%	1%
R1M2U2	29%	34%	36%	1%
R1M2U3	30%	30%	38%	2%
R1M3U1	31%	32%	37%	1%
R1M3U2	33%	32%	35%	1%
R1M2U3	29%	31%	37%	3%
R1M4U1	20%	23%	55%	2%
R1M4U2	24%	20%	56%	0%
R1M4U3	28%	27%	43%	3%
R2M2U1	40%	24%	36%	0%
R2M2U2	38%	34%	28%	0%
R2M2U3	38%	34%	27%	0%
R2M3U1	40%	28%	32%	0%
R2M3U2	35%	32%	33%	0%

Perlakuan	Lolos Ayakan 0,1 mm	Lolos Ayakan 0,2 mm	Lolos Ayakan 0,5	Ayakan Lebih Dari 0,5 mm
R2M3U3	40%	33%	28%	0%
R2M4U1	39%	32%	29%	0%
R2M4U2	42%	27%	31%	0%
R2M4U3	41%	31%	27%	0%
R3M2U1	55%	28%	17%	0%
R3M2U2	51%	33%	16%	0%
R3M2U3	54%	24%	22%	0%
R3M3U1	51%	27%	22%	0%
R3M3U2	50%	20%	30%	0%
R3M3U3	58%	23%	19%	0%
R3M4U1	58%	30%	13%	0%
R3M4U2	56%	25%	19%	0%
R3M4U3	58%	24%	17%	0%

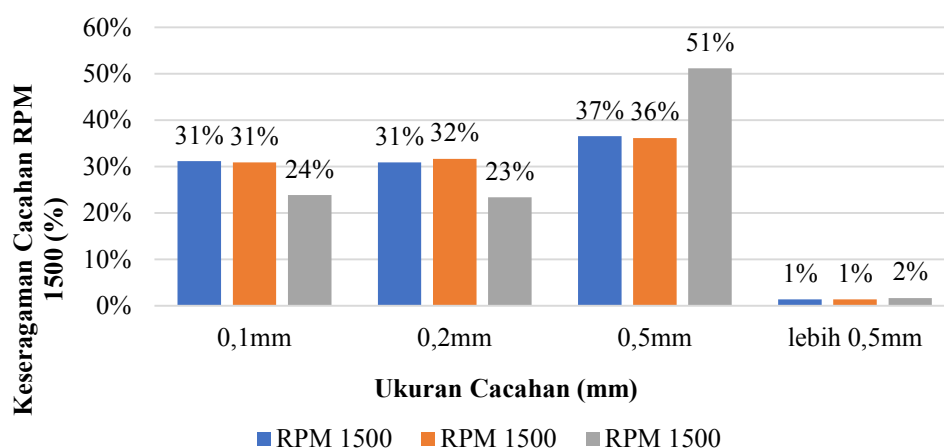
1. RPM 1500

Hasil rata-rata keseragaman dari RPM 1500 dengan jumlah masukan 2 batang, 3 batang, dan 4 batang dapat dilihat pada Tabel 14. Tabel 14 menunjukkan distribusi hasil perajangan batang singkong pada putaran mesin RPM 1500, berdasarkan ukuran rajangan yang melewati saringan (mesh) 0,1 mm, 0,2 mm, 0,5 mm, dan yang berukuran lebih dari 0,5 mm, untuk tiga jenis masukan (M2, M3, dan M4).

Tabel 4 Rata-rata hasil perajangan RPM 1500

Perlakuan	0,1mm	0,2mm	0,5mm	lebih 0,5mm
M2	31%	31%	37%	1%
M3	31%	32%	36%	1%
M4	24%	23%	51%	2%

Gambar 4 merupakan grafik rata-rata keseragaman perajangan RPM 1500 bahwa nilai rata-rata terbesar untuk keseragaman perajangan terdapat pada hasil rajangan yang lolos mesh 0,5, pada masukan 4 (M4) sebesar 51%, kemudian pada masukan 2 (M2) sebesar 37%, dan pada masukan 3 (M3) sebesar 36%. Hal ini terjadi karna RPM rendah hasil perajangan lebih dominan 0,5 mm.



Gambar 4. Grafik rata-rata RPM 1500

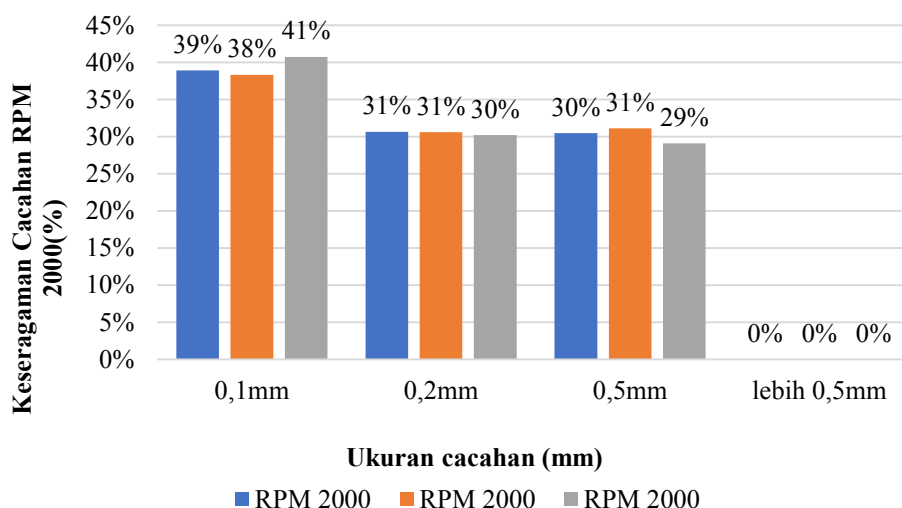
2. RPM 2000

Hasil rata-rata keseragaman dari RPM 2000 dengan jumlah masukan 2 batang, 3 batang, dan 4 batang dapat dilihat pada Tabel 15. Tabel 15 diatas menunjukkan distribusi hasil perajangan batang singkong pada putaran mesin RPM 2000, berdasarkan ukuran rajangan yang melewati saringan (mesh) 0,1 mm, 0,2 mm, 0,5 mm, dan yang berukuran lebih dari 0,5 mm, untuk tiga jenis masukan (M2, M3, dan M4).

Tabel 5 Rata-rata hasil perajangan RPM 2000

Perlakuan	0,1mm	0,2mm	0,5mm	lebih 0,5mm
M2	39%	31%	30%	0%
M3	38%	31%	31%	0%
M4	41%	30%	29%	0%

Gambar 5 merupakan grafik rata-rata keseragaman perajangan RPM 2000 bahwa nilai rata-rata terbesar untuk keseragaman perajangan terdapat pada hasil rajangan yang lolos mesh 0,1 mm, pada masukan 4 (M4) sebesar 41%, kemudian pada masukan 2 (M2) sebesar 39%, dan pada masukan 3 (M3) sebesar 38%. Hal ini terjadi karna peningkatan RPM mempengaruhi keseragaman cacahan semakin tinggi RPM tingkat keseragaman semakin meningkat dan hasil lebih dominan pada ukuran 0,1 mm.

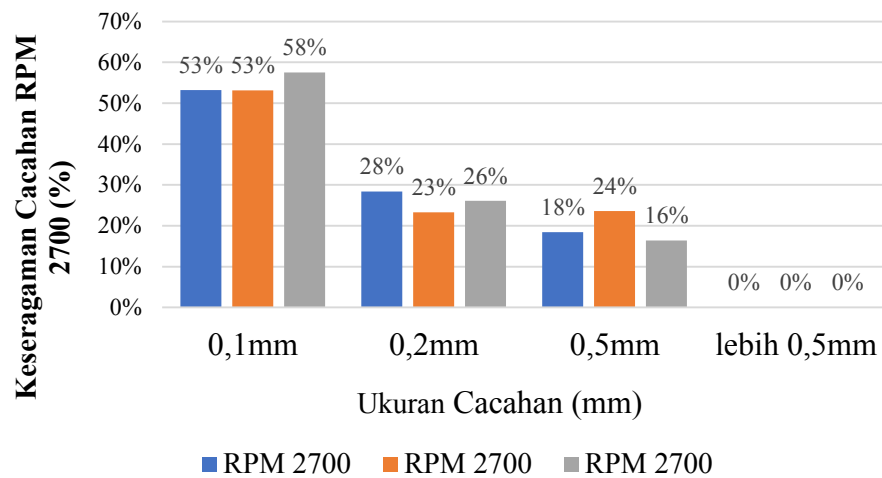


Gambar 5. Grafik rata-rata RPM 2000

Tabel 16 menunjukkan hasil rata-rata bobot rajangan batang singkong pada putaran mesin RPM 2700, berdasarkan ukuran saringan (mesh) yaitu 0,1 mm, 0,2 mm, dan 0,5 mm, untuk masing-masing jenis masukan (M2, M3, dan M4).

Tabel 6 Rata-rata perajangan RPM 2700

Perlakuan	0,1mm	0,2mm	0,5mm	lebih 0,5mm
M2	53%	28%	18%	0%
M3	53%	23%	24%	0%
M4	58%	26%	16%	0%



Gambar 2 Grafik rata-rata RPM 2700

Gambar 6 merupakan grafik rata-rata keseragaman perajangan RPM 2700 bahwa nilai rata-rata terbesar untuk keseragaman perajangan terdapat pada hasil rajangan yang lolos mesh 0,1 mm, pada masukan 4 (M4) sebesar 58%, kemudian pada masukan 2 (M2) dan masukan 3 (M3) sebesar 53%. Hal ini terjadi karna peningkatan RPM mempengaruhi keseragaman cacahan semakin tinggi RPM tingkat keseragaman semakin meningkat dan hasil lebih dominan pada ukuran 0,1 mm.

Tabel 7 Uji ANOVA pengaruh interaksi RPM dengan jumlah masukan terhadap keseragaman perajangan

SK	DB	JK	KT	Fhit	F Tab		Ket.
					0,05	0,01	
Perlakuan	8	244094,83	30511,85	110,86	2,51	3,71	**
R	2	224340,67	112170,33	407,56	3,55	6,01	**
M	2	4535,55	2267,77	8,24	3,55	6,01	**
R*M	4	15218,61	3804,65	13,82	2,93	4,58	**
Galat	18	4954,08	275,22				
Total	26	249048,91					

Berdasarkan hasil Uji ANOVA pada Tabel 17, diketahui bahwa interaksi antara putaran mesin (RPM) dan jumlah masukan memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap keseragaman hasil perajangan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai F hitung (Fhit) untuk perlakuan sebesar 110,86, yang jauh lebih tinggi dibandingkan nilai F tabel pada taraf signifikansi 5% (2,51) dan 1% (3,71). Dengan demikian, perlakuan secara keseluruhan berpengaruh sangat nyata.

Tabel 18. Uji BNT jenis RPM terhadap keseragaman pencacahan

Perlakuan R	Rerata	Notasi
R3	504	a
R2	372	b
R1	282	c

Berdasarkan Tabel 18, hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) menunjukkan bahwa jenis RPM berpengaruh nyata terhadap keseragaman pencacahan hasil perajangan. Hal ini terlihat dari

perbedaan notasi huruf (a, b, c) pada setiap perlakuan, yang menandakan bahwa setiap jenis RPM menghasilkan tingkat keseragaman yang berbeda secara signifikan.

Perlakuan R3 (putaran tinggi) menghasilkan rata-rata keseragaman pencacahan tertinggi, yaitu 504, dan diberi notasi “a”, yang berarti hasilnya berbeda nyata dari R2 dan R1. Ini menunjukkan bahwa pada RPM tinggi, mesin mampu menghasilkan rajangan yang lebih seragam.

Tabel 8 Uji BNT jenis masukan terhadap keseragaman perajangan

Perlakuan M	Rerata	Notasi
M3	403	a
M2	383	b
M4	372	b

Berdasarkan hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada Tabel 19, diketahui bahwa jenis masukan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keseragaman hasil perajangan batang singkong. Hal ini terlihat dari perbedaan notasi huruf pada setiap perlakuan, yang menunjukkan perbedaan nyata antara perlakuan M3 dengan M2 dan M4.

Perlakuan M3 memiliki rata-rata keseragaman perajangan tertinggi, yaitu sebesar 403, dan diberi notasi “a”, yang menunjukkan bahwa hasilnya berbeda nyata secara statistik dari perlakuan lainnya. Ini menunjukkan bahwa jenis masukan M3 menghasilkan rajangan yang lebih seragam dibandingkan masukan lainnya.

3.1.5 Ergonomika

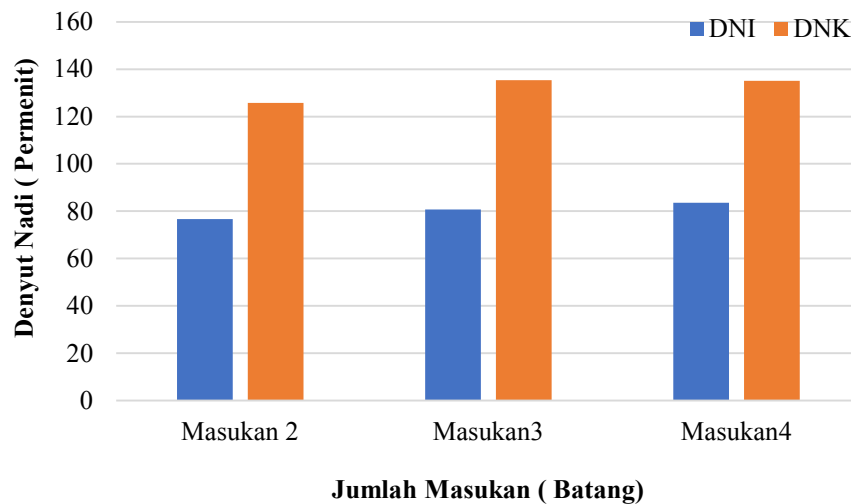
Tinggi hopper (corong pengumpan) mesin perajang dari lantai adalah 98 cm. Berdasarkan data antropometri masyarakat Indonesia menurut Perhimpunan Ergonomi Indonesia (2021), diketahui bahwa rata-rata tinggi tubuh orang Indonesia adalah 152,58 cm, panjang rentang tangan ke depan sebesar 66,18 cm, panjang genggam tangan ke depan sebesar 64,51 cm, dan tinggi siku dalam posisi berdiri rata-rata adalah 95,65 cm.

Mengacu pada prinsip desain ergonomis untuk pekerjaan dalam posisi berdiri, tinggi hopper yang berada pada kisaran 98 cm dinilai sesuai karena berada sedikit di atas tinggi siku operator. Hal ini penting karena posisi tersebut memungkinkan operator bekerja dengan posisi tubuh yang alami dan tidak membungkuk, sehingga dapat mengurangi risiko kelelahan otot dan gangguan muskuloskeletal. Hal ini sejalan dengan pendapat Kroemer dan Grandjean (2001), yang menyatakan bahwa peralatan kerja sebaiknya dirancang agar sesuai dengan postur kerja alami manusia untuk meminimalkan ketegangan fisik dan meningkatkan kenyamanan kerja.

Panjang hopper 18 cm dan Lebar hopper pada bagian pemasukan ke dalam kerangka mesin adalah 19 cm. Ukuran ini dinilai cukup lebar untuk memasukkan batang singkong tanpa hambatan, namun tetap aman bagi tangan operator. Desain ini telah mempertimbangkan ukuran genggam tangan operator, sehingga mendukung kelancaran aktivitas memasukkan bahan ke dalam mesin. Menurut Bridger (2003), dimensi alat sebaiknya mempertimbangkan ruang gerak anggota tubuh agar pekerjaan dapat dilakukan secara efisien dan aman.

Untuk mengevaluasi aspek keergonomisan secara langsung, dilakukan uji coba terhadap enam orang operator yang diminta untuk mengoperasikan mesin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh operator menyatakan bahwa proses menyalakan dan mengoperasikan mesin tergolong mudah. Selain itu, aktivitas mengambil dan memasukkan batang singkong juga dapat dilakukan dengan lancar tanpa menimbulkan kesulitan. Modifikasi ini menunjukkan bahwa rancangan mesin sudah sesuai dengan kebutuhan pengguna sebagaimana dianjurkan oleh Salvendy (2006) dalam prinsip rekayasa manusia (*human factors engineering*).

Selanjutnya, data pengukuran denyut jantung operator saat menggunakan mesin Rabakong tipe slicer disajikan pada Gambar 7. Berdasarkan hasil pengujian yang ditampilkan pada Gambar 7, terlihat bahwa semakin besar beban kerja dalam hal ini jumlah batang singkong yang dimasukkan ke dalam *hopper* maka semakin tinggi pula denyut jantung operator saat mengoperasikan mesin. Peningkatan denyut jantung ini merupakan respon fisiologis tubuh terhadap peningkatan beban kerja fisik.

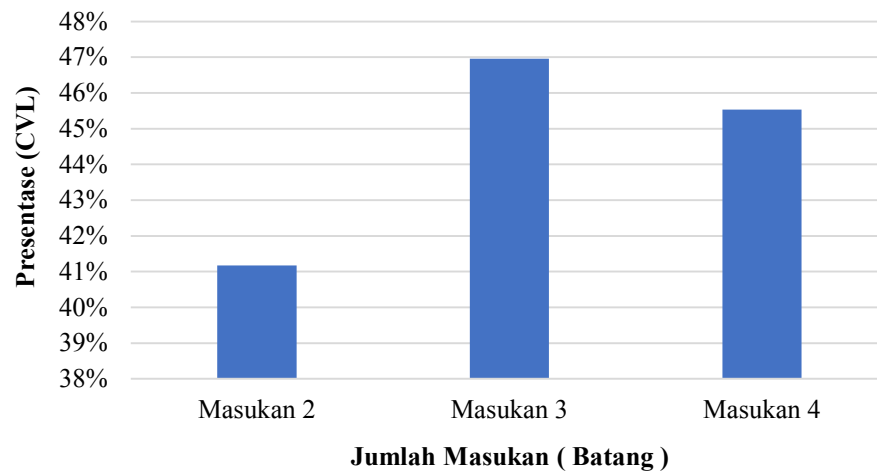


Gambar 7. Grafik denyut nadi

Menurut Husein (2004), beban kerja fisik yang meningkat akan menyebabkan peningkatan denyut jantung dan tekanan darah. Selain itu, kondisi ini juga dapat menyebabkan kontraksi otot secara statis yang berkelanjutan, yang pada akhirnya mengakibatkan kelelahan otot, penurunan kesiagaan, dan rasa letih pada operator.

Pada pengujian dengan jumlah masukan 2, 3, dan 4 batang singkong dan kecepatan putaran mesin (RPM) masing-masing 1500, 2000, dan 2700, tercatat bahwa rata-rata denyut jantung operator adalah 125, 135, dan 135 denyut per menit. Berdasarkan klasifikasi beban kerja menurut Tarwaka (2004), rentang denyut jantung antara 100 hingga 140 denyut per menit dikategorikan sebagai beban kerja sedang. Oleh karena itu, pengoperasian mesin Rabakong tipe *slicer* pada rentang beban kerja tersebut dapat dikategorikan ke dalam aktivitas dengan intensitas sedang.

Kategori beban kerja sedang ini menunjukkan bahwa mesin dapat dioperasikan dalam waktu tertentu tanpa menimbulkan kelelahan yang berlebihan, selama disertai dengan pengaturan waktu kerja dan istirahat yang memadai. Hal ini juga sejalan dengan panduan ergonomi kerja menurut Grandjean (1993), yang menyatakan bahwa beban kerja yang sesuai dengan kapasitas fisik individu akan meningkatkan efisiensi kerja dan menurunkan risiko kelelahan jangka panjang.



Gambar 3 Grafik CVL

Berdasarkan Gambar 8, diketahui bahwa nilai persentase *Cardiovascular Load* (CVL) pada saat pengujian dengan masukan 2, 3, dan 4 batang berturut-turut adalah sebesar 41%, 47%, dan 46%. Menurut Tarwaka (2004), apabila nilai CVL berada pada kisaran $30\% < CVL \leq 60\%$, maka hal tersebut menunjukkan bahwa beban kerja tergolong sedang dan masih dapat diterima, namun tetap diperlukan perbaikan atau penyesuaian dalam sistem kerja untuk mencegah terjadinya kelelahan yang berlebihan pada pekerja.

Jika dilihat lebih lanjut, nilai CVL mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada masukan 3 batang dan 4 batang dibandingkan dengan masukan 2 batang. Peningkatan nilai ini mengindikasikan adanya peningkatan beban fisiologis yang dialami oleh operator mesin akibat meningkatnya jumlah masukan bahan yang harus diolah. Hal ini sejalan dengan pendapat Suma'mur (2009), yang menyatakan bahwa semakin berat beban kerja fisik, maka semakin tinggi pula respons denyut jantung sebagai indikator kelelahan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Perbedaan Jenis RPM dan jumlah masukan dalam penelitian ini mempengaruhi kapasitas kerja, konsumsi bahan bakar, *losses*, dan keseragaman perajangan. Kapasitas Kerja optimal pada RPM 1500 dengan jumlah masukan 2 batang singkong dengan nilai sebesar 319,4 kg/jam. Kapasitas kerja optimal pada RPM 2000 dengan masukan 3 dengan nilai sebesar 413,8 kg/jam. Kapasitas kerja optimal pada RPM 2700 dengan masukan 4 dengan nilai sebesar 522,2 kg/jam.
2. Perbandingan kinerja mesin perajang batang singkong tipe *slicer* dengan mesin perajang batang singkong tipe sebelumnya yaitu dari kapasitasnya tipe *slicer* memiliki kapasitas 522,2 kg/jam sedangkan kapasitas tipe sebelumnya hanya 194,448 kg/jam dan konsumsi bahan bakar terendah dari tipe *slicer* adalah 680 ml dengan hasil rajangan 246,4 kg/jam sedangkan tipe sebelumnya bahan bakar terendah 1,073 l/jam dengan hasil 126,81 kg/jam.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik. (2018). *Produksi singkong nasional dan Provinsi Lampung tahun 2018*. Jakarta: BPS RI.
- Fadli, A., Nasution, R. M., & Marpaung, B. O. Y. (2015). *Analisis performansi mesin pencacah batang singkong sebagai bahan baku bioetanol*. Jurnal Teknik Mesin, 6(2), 45–53.
- Putra, W. Y., & Ardiansyah, A. (2021). Analisis performansi mesin pencacah serbaguna terhadap

- efisiensi kerja operator menggunakan pendekatan statistik. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 10(1), 23–30.
- Sukandi. (2017). *Pengaruh kecepatan putaran pisau terhadap hasil perajangan keripik singkong*. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 12(1), 60–67.
- Sumanda, A. (2011). *Pengolahan limbah batang singkong sebagai pakan ternak alternatif*. Bandung: Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Tarwaka. (2004). *Ergonomi untuk keselamatan kerja dan produktivitas*. Surakarta: Harapan Press.