

Perancangan Mesin Pembuat *Chips* dan Pereduksi Kandungan Kalsium Oksalat pada Umbi Porang

Widya Prapti Pratiwi ¹, Riky Adhiharto ², Muhammad Ilham Abdurrahman ³

¹⁻³ Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

Email: widyapp@de.polman-bandung.ac.id

Informasi Artikel:	ABSTRAK
<i>Received:</i> 19 Juli 2024 <i>Accepted:</i> 01 Oktober 2024 <i>Available:</i> 15 November 2024	Kendala utama yang dihadapi pada proses pengolahan umbi porang adalah keseragaman ketebalan <i>chips</i> porang dan kandungan kalsium oksalat yang tinggi. Umbi porang melalui tiga tahapan untuk dapat menjadi <i>chips</i> porang : pencucian, perajangan, dan perebusan. Rancangan mesin pada penelitian ini merupakan kombinasi dari mesin pencuci, perajang dan perebus. Cara kerja dari mesin ini adalah memasukkan umbi porang pada hopper, lalu porang mengalami proses pencucian dengan bantuan sikat pencuci yang berputar dengan gerakan translasi dari screw conveyor. Setelah itu umbi porang masuk ke ruang perajangan dengan output berbentuk chips. Selanjutnya chips tersebut direbus dengan larutan NaCl untuk mereduksi kandungan kalsium oksalat pada umbi porang. Penelitian ini menggunakan metodologi perancangan VDI 2222 meliputi merencana, mengonsep, merancang, dan penyelesaian. Proses perancangan dan validasi komponen kritis dilakukan menggunakan Software CAE (Computer Aided Engineering). Setelah melalui proses perancangan dihasilkan rancangan mesin dengan kapasitas produksi 500 kg/jam.
Kata Kunci:	ABSTRACT
Perancangan Mesin Teknologi Pasca Panen Umbi Porang	<i>The main constraint in porang processing are porang chips thickness uniformity and high calcium oxalate content. There are three stages of porang processing are washing, slicing, and boiling. The machine designed in this research combining the function of three machines : washing machine, slicer, and boiler. First, porang roots is placed into the hopper, then porang is cleaned using rotating washing brush with the translational movement of the screw conveyor. After that, porang is sliced and boiled in NaCl solution to reduce its calcium oxalate content.</i> <i>This research uses VDI 2222 design methodology including planning, conceptualizing, designing, and finishing. The design and validation process of critical components is carried out using CAE (Computer Aided Engineering) software. After going through the design process, a machine design was produced with a production capacity of 500 kg/hour.</i>

jtrm.polman-bandung.ac.id

1 PENDAHULUAN

Umbi porang merupakan jenis umbi yang termasuk dalam genus *Amorphophallus*. Umbi porang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan pangan. Tepung umbi porang dapat diolah menjadi mi, agar-agar, dan tahu. Selain sebagai bahan pangan, tepung umbi porang juga dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan lem dan kosmetik. Umbi porang memiliki kandungan glukomanan yang cukup tinggi sehingga umbi porang memiliki manfaat bagi kesehatan antara lain dapat menekan risiko penyakit kardiovaskular, kegemukan, kolesterol, dan diabetes. Umbi porang memiliki potensi besar untuk dapat menjadi komoditi ekspor Indonesia. Pada tahun 2021, Indonesia mengspor porang sebanyak 14,8 ribu ton ke Tiongkok, Vietnam, Thailand, dan Jepang. Umbi porang banyak dimanfaatkan dalam bentuk tepung porang, tepung glukomanan, dan *chips*. Porang dalam bentuk *chips* memiliki harga jual lima kali lipat lebih tinggi daripada umbi porang basah.



Gambar 1. Umbi Porang dan Olahannya (www.kompas.com dan www.trubus.id)

Pengolahan umbi porang menjadi *chips* dilakukan melalui tiga tahap: pencucian, perajangan, dan perebusan. Tahap pencucian berfungsi untuk menghilangkan tanah dan pengotor pada umbi porang. Tahap perajangan berfungsi untuk memotong porang menjadi lembaran *chips* dengan ketebalan tertentu. *Chips* porang harus memiliki ketebalan yang sama agar kadar air dalam porang dapat seragam. Perbedaan kadar air dalam *chips* porang dapat mempengaruhi kualitas *chips*. Kendala lain yang dihadapi dalam pengolahan umbi porang adalah kandungan kalsium oksalat pada umbi porang yang dapat menimbulkan rasa gatal pada kulit. Untuk mengurangi kadar kalsium oksalat pada umbi porang, maka porang harus direndam dengan air bersuhu 34°C - 48°C selama 4 jam. Saat ini proses pengolahan umbi porang masih dilakukan oleh beberapa mesin terpisah yang masing-masing hanya memiliki satu atau dua fungsi.

Penelitian mengenai teknologi pengolah hasil pertanian telah banyak dikembangkan di seluruh dunia. Umbi porang memiliki profil yang mirip dengan umbi-umbian lain seperti singkong, sehingga teknologi pasca panen pengolah singkong dapat dijadikan sebagai referensi rujukan tambahan. Mesin perajang singkong bertenaga motor bensin dirancang oleh M.Ndukwu, et.al [1] dengan bilah pemotong yang berputar secara vertikal. Mesin pemotong bertenaga motor listrik juga telah dirancang oleh beberapa peneliti dengan berbagai model pemotong. Mesin pemotong dengan gerakan *slicer* bolak-balik secara linear dirancang pada penelitian oleh C.Kadurumba, et.al [2] dan T.K. Jinyemiema, et.al [3]. Sementara itu, mesin dengan 9 dan 15 mesin pemotong yang terpasang pada *shaft* yang berputar dirancang oleh O.Seth [4]. Mekanisme berbeda dirancang oleh V.Wanguanklang, et.al [5] yang merancang alat pemotong dengan empat buah pemotong dengan posisi tetap di dasar tabung dan bilah berputar untuk mendorong umbi menuju pisau pemotong.

Secara spesifik, mesin pemroses umbi porang pun telah dikembangkan di Indonesia. Suharto et al. [6] merancang mesin pencuci porang berpengerak motor bensin dengan poros penyikat

sebagai alat pencuci umbi. Mesin perajang umbi porang hasil rancangan K.Umam dan Wilarso [7] menggunakan pisau horizontal sebagai alat pemotong dan motor bensin sebagai alat penggerak. Rancangan mesin perajang lainnya oleh E.Yuniwati, et.al [8] menggunakan perajang yang dipasang pada piringan yang berputar untuk menghasilkan lebih dari 1 ton rajangan porang tiap jamnya. Sementara itu, Nurhibatullah dan Haryadi [9] merancang mesin perajang umbi porang yang dilengkapi dengan sistem kendali menggunakan PLC (*programmable logic controller*). Rancangan mesin yang menggabungkan fungsi pencuci dan perajang dirancang oleh R.Y. Panjaitan, et.al [10].

Pada penelitian ini akan dirancang mesin yang dapat menggabungkan tiga fungsi pengolahan sekaligus yaitu pencucian, perajangan, dan penghilangan kandungan kalsium oksalat. Mesin yang dirancang akan memiliki fitur semi otomatis yang dapat mengurangi tenaga kerja dan meningkatkan produktivitas produksi pasca panen. Manfaat yang dapat dinikmati oleh masyarakat dengan penggunaan mesin ini adalah peningkatan nilai ekonomi umbi porang karena nilai jual *chips* umbi porang lebih tinggi daripada umbi porang basah. Hal tersebut dapat berdampak pada peningkatan pendapatan petani umbi porang.



Gambar 2. Chips Umbi Porang (www.antaraneews.com)

2 METODE PELAKSANAAN

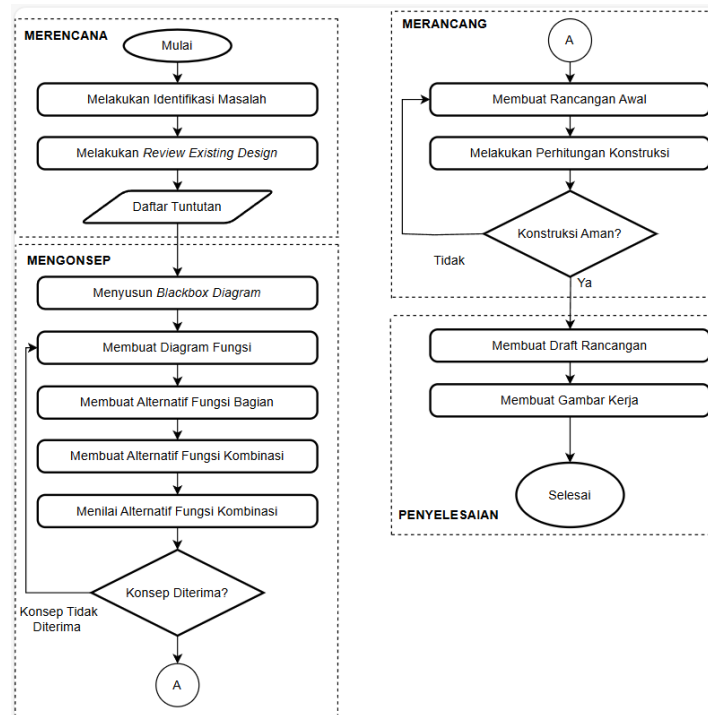
Mesin perajang dan perebus umbi porang ini dirancang menggunakan metode VDI 2222 yang merupakan salah satu metode perancangan yang terdiri atas empat tahapan yaitu merencana, mengonsep, merancang, dan penyelesaian. Diagram alir perancangan mesin pembuat *chips* dan pereduksi kalsium oksalat umbi porang ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini.

2.1 Tahap Merencana

Tahap pertama atau tahap merencana dibagi menjadi tiga kegiatan yaitu identifikasi masalah dan *review existing design*, serta penyusunan daftar tuntutan. Permasalahan yang dihadapi dalam pengolahan umbi porang adalah tuntutan keseragaman ketebalan *chips* porang dan kandungan kalsium oksalat yang tinggi pada umbi porang. Perbedaan ketebalan *chips* porang dapat mempengaruhi kualitas produk akhir setelah proses pengeringan. Perbedaan ketebalan *chips* menyebabkan hasil pengeringan tidak merata, sehingga *chips* berpotensi ditumbuhi jamur. Permasalahan lain yang dihadapi adalah kandungan kalsium oksalat yang tinggi pada umbi porang. Kalsium oksalat atau getah pada umbi porang dapat menimbulkan rasa gatal pada kulit dan mulut. Oleh karena itu, kadar kalsium oksalat harus dikurangi hingga mencapai kadar yang aman melalui proses perebusan atau perendaman dengan larutan garam.

Mesin pengolah umbi porang yang dijadikan rujukan dalam kegiatan *review existing design* adalah mesin dengan fungsi pencuci dan perajang umbi porang sekaligus yang dijual di e-

commerce. Luaran dari mesin tersebut adalah *chips* umbi porang dengan kandungan kalsium oksalat yang tinggi. Oleh karena itu, masih diperlukan proses lanjutan untuk menghilangkan kandungan kalsium oksalat dalam *chips* umbi porang. Penelitian ini akan mengadaptasi dan mengembangkan rancangan mesin perajang porang dan menambah satu fungsi yaitu fungsi perebusan.



Gambar 3. Diagram Alir Metode Perancangan VDI 2222

Berdasarkan identifikasi masalah dan *review existing design* yang telah dilakukan, maka dapat disusun Daftar Tuntutan yang berisi spesifikasi mesin yang diinginkan. Daftar Tuntutan mesin pembuat *chips* dan pereduksi kandungan kalsium oksalat untuk umbi porang dicantumkan dalam Tabel 1 berikut.

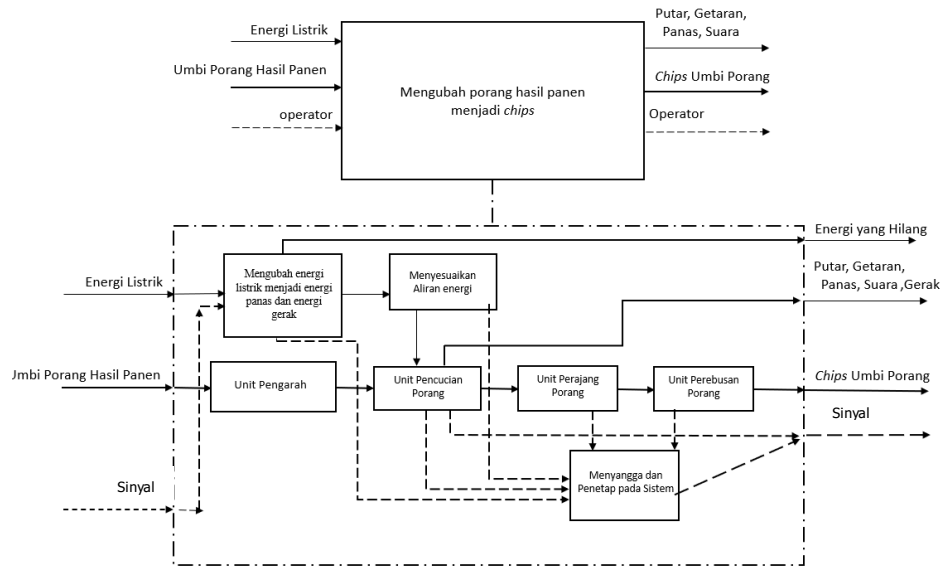
Tabel 1. Daftar Tuntutan Mesin Pembuat Chips dan Pereduksi Kalsium Oksalat pada Umbi Porang

Tuntutan	Keterangan
Tuntutan Utama	
Kapasitas produksi	500 kg/ jam
Ketebalan <i>chips</i>	± 10 mm
Dimensi mesin	Lebar < 5000 mm ; Tinggi 2000 – 2600 mm
Kadar kalsium oksalat	Tereduksi hingga 90% (<0,5 gram/ kg)
Tuntutan Tambahan	
Mudah pengoperasian	Mesin bekerja secara semi otomatis
Mudah perawatan	Dilakukan berkala dalam jangka waktu yang lama

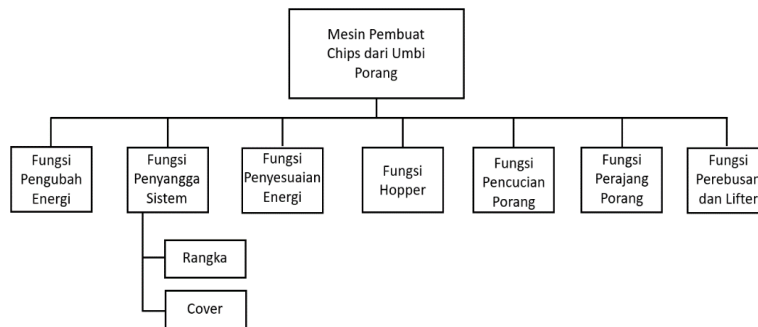
2.2 Tahap Mengonsep

Secara garis besar, prinsip kerja dari mesin pembuat *chips* dan pereduksi kandungan kalsium oksalat ini adalah membersihkan umbi porang lalu merajangnya menjadi bentuk lembaran, kemudian merebusnya. Mesin pembuat *chips* terdiri atas beberapa fungsi bagian : fungsi

penggerak, fungsi rangka, fungsi transmisi, fungsi penampung (*hopper*), fungsi pencuci, fungsi perajang, fungsi perebus, dan fungsi pemindah. Prinsip kerja mesin berdasarkan fungsi-fungsi bagiannya ditampilkan dalam Gambar 4 dan 5 berikut.



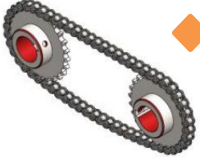
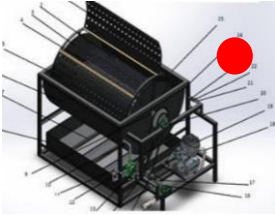
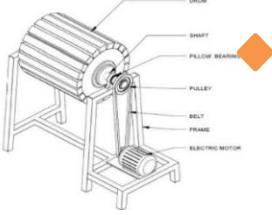
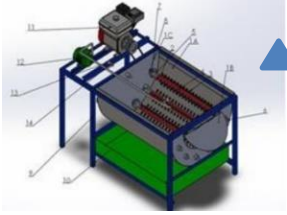
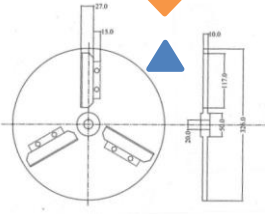
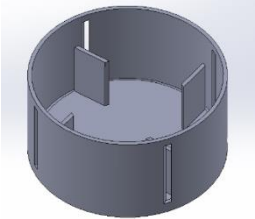
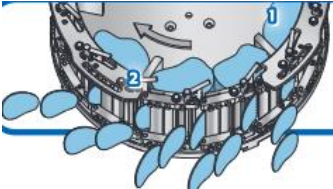
Gambar 4. Black Box Diagram Mesin Pembuat Chips

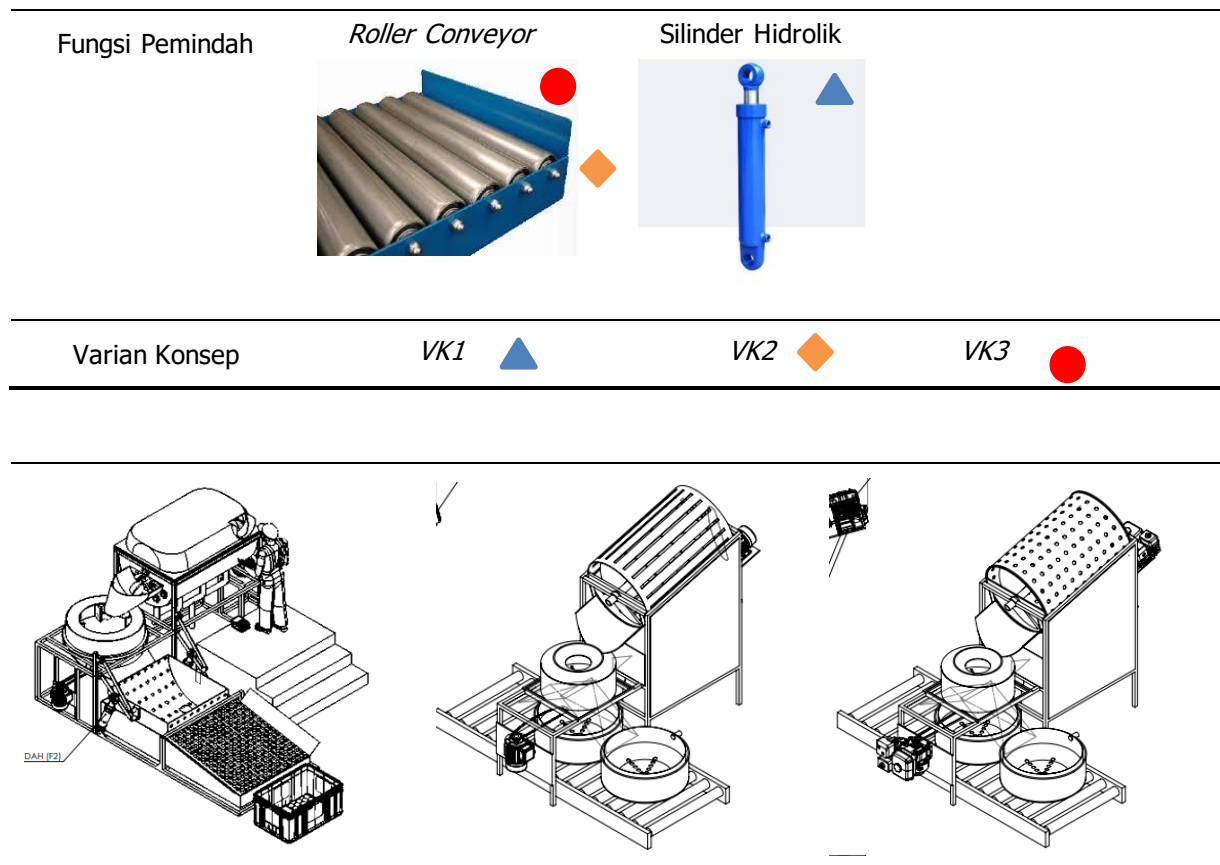


Gambar 5. Fungsi Bagian Mesin Pembuat Chips

Kegiatan berikutnya dalam tahap mengonsep adalah menentukan alternatif pilihan dari fungsi-fungsi bagian mesin pembuat *chips*. Alternatif dari masing-masing fungsi tersebut kemudian dikombinasikan menjadi tiga alternatif fungsi kombinasi. Ketiga alternatif fungsi kombinasi tersebut kemudian dinilai menggunakan metode VDI 2205 untuk mendapatkan fungsi kombinasi yang paling optimal berdasarkan aspek teknis dan ekonomis. Alternatif fungsi bagian mesin pembuat *chips* dalam kotak morfologi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kotak Morfologi

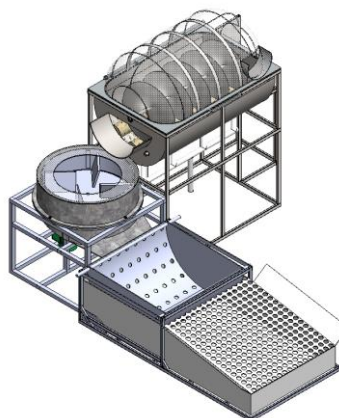
Fungsi Bagian	Alternatif Konstruksi		
	1	2	3
Fungsi Penggerak	Motor Listrik 	Motor Bensin 	
Fungsi Bagian	Alternatif Konstruksi		
	1	2	3
Fungsi Transmisi	V-Belt dan Pulley 	Timing-belt dan Pulley 	Rantai dan Sproket 
Fungsi Pencuci	Bejana Berlubang [6] 	Wash & Peeling Machine [11] 	Poros Penyikat [6] 
Fungsi Perajang	Slicer Disc [12] 	Urschel Microadjustable Slicer  	



Gambar 6. Alternatif Varian Konsep Mesin Pembuat Chips 1, 2, dan 3

2.3 Tahap Penyelesaian

Kegiatan yang dilakukan dalam tahap penyelesaian antara lain membuat gambar *draft*, gambar bagian, dan gambar susunan. Gambar konstruksi rancangan mesin pembuat *chips* umbi porang ditunjukkan pada Gambar 7 di bawah.



Gambar 7. Konstruksi Rancangan Lengkap

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancangan berupa alternatif varian konsep mesin pembuat *chips* umbi porang yang telah terpilih kemudian divalidasi untuk memastikan apakah mesin rancangan dapat memenuhi fungsi dan aman untuk digunakan.

3.1 Perhitungan Sistem Penggerak

Berdasarkan perhitungan dengan formula (1) dan (2) berikut, didapatkan bahwa daya yang diperlukan oleh mesin pencuci adalah 7,28 kW dan daya yang diperlukan untuk mesin perajang adalah 2,31 kW. Oleh karena itu, diperlukan daya mesin yang minimal sama dengan hasil perhitungan tersebut. Spesifikasi daya motor terpilih ditampilkan pada Tabel 3.

$$P_{\text{mesin pencuci}} = \frac{P_{\text{cuci}} + P_{\text{screw}}}{\eta_{\text{puli1}} \times \eta_{\text{puli2}} \times \eta_{\text{puli3}}} = 7,28 \text{ kW} \quad (1)$$

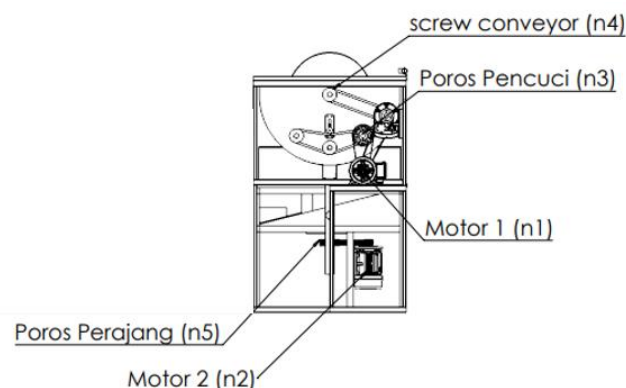
$$P_{\text{mesin pemotong}} = \frac{P_{\text{potong}}}{\eta_{\text{puli}}} = 2,31 \text{ kW} \quad (2)$$

Tabel 3. Spesifikasi Motor

Merk Mesin	ELECTRIC MOTOR YUEMA TYPE : Y3 (MOTOR 1)	ELECTRIC MOTOR YUEMA TYPE : YU-132S (MOTOR 2)
Daya maksimal mesin (P_m)	7,5 kW / 10 HP	5,5 kW / 7,5 HP
Putaran saat daya maksimal (n_M)	1000 rpm	1500 rpm
Torsi Maksimal Mesin (T_M)	105,4 Nm	23,3 Nm
Voltase (V)	220 – 380 V	220 – 380 V
Frekuensi (f)	50 Hz	50 Hz

3.2 Perhitungan Sistem Transmisi

Sistem penggerak pada konsep rancangan mesin adalah sebagai berikut, putaran motor pertama akan ditransmisikan dengan perlambatan menuju 3 (tiga) buah poros pencuci yang kemudian akan ditransmisikan lagi ke *screw conveyor*. Sementara putaran pada motor kedua akan ditransmisikan dengan perlambatan menuju poros perajang. Sistem pencucian dan perajangan umbi porang memerlukan jumlah putaran yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan rasio yang sesuai untuk masing-masing fungsi. Skema putaran antar fungsi dan data elemen transmisi ditampilkan pada Gambar 8 dan Tabel 4 berikut.



Gambar 8. Skema Hubungan Elemen Transmisi Antar Fungsi

Tabel 4. Spesifikasi Rancangan Puli

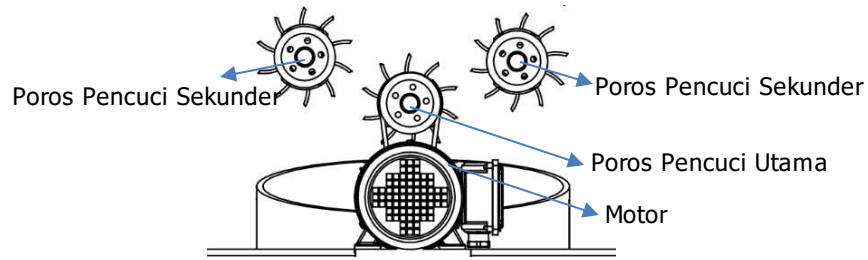
Parameter	Puli 1	Puli 2	Puli 4	Puli 5
Daya Awal	12 kW	11,25 kW	11,25 kW	8,25 kW
Rasio Puli	2	1	0,873	2,143
Tipe Puli	T10	B/17	SPA	A/13
Diameter Puli penggerak	Ø95,5 mm	Ø112 mm	Ø90 mm	Ø71 mm
Diameter Puli yang digerakan	Ø191 mm	Ø112 mm	Ø78,5 mm	Ø150 mm
Rentang Jarak antar Puli	300 mm	302,4 mm	227,5 mm	301,25 mm
Panjang Sabuk	1050 mm	956,658 mm	719,92 mm	958,47 mm
Jarak Antar Poros	296,13 mm	304,071 mm	227,562 mm	302,2 mm
Pitch Gigi Sabuk	10 mm	-	-	-
Parameter	Puli 1	Puli 2	Puli 4	Puli 5
Jumlah Gigi Puli Penggerak	30 mm	-	-	-
Jumlah Gigi Puli yang digerakan	60 mm	-	-	-
Menghitung lebar sabuk	50 mm	63mm (3 groove Pulley)	63mm (3 groove Pulley)	50mm (3 groove Pulley)
Jarak Pengencangan sabuk	31,5 dan 15,75 mm	28,8 mm dan 14,4 mm	21,6 mm dan 10,8 mm	28,8 mm dan 14,4 mm
Kecepatan Puli	5 m/s	2,932 m/s	0,157 m/s	5,576 m/s
Gaya sabuk pada poros	2,639 kN	3,837 kN	15,97 kN	2,071 kN

3.3 Perhitungan Komponen Kritis

Perhitungan pada komponen-komponen yang paling banyak menerima gaya, atau lebih dikenal dengan komponen kritis, perlu dilakukan untuk memastikan kekuatan dan keamanan konstruksi mesin. Selain itu, perhitungan komponen kritis dilakukan untuk membuktikan bahwa geometri komponen dan material mesin mampu memenuhi fungsi yang direncanakan. Hasil perhitungan kemudian divalidasi menggunakan simulasi *software*. Bagian-bagian kritikal yang dihitung pada rancangan mesin pembuat *chips* ini antara lain bagian pencuci dan bagian perajang.

3.3.1 Perhitungan Poros Pencuci

Poros pencuci utama merupakan poros pencuci yang terhubung langsung dengan motor kemudian akan meneruskan putaran kepada dua poros pencuci sekunder melalui puli 1 dan 2. Ilustrasi hubungan antara poros pencuci utama dengan poros pencuci sekunder dan diagram benda bebas poros pencuci utama ditampilkan dalam Gambar 9 dan Gambar 10.

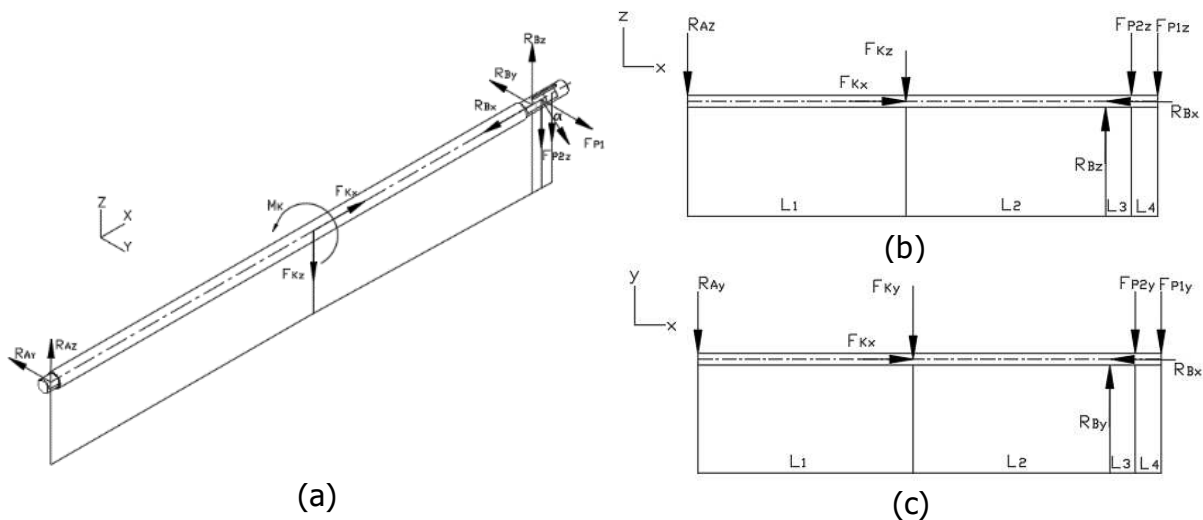


Gambar 9. Ilustrasi Hubungan Poros Pencuci Utama dengan Poros Sekunder

Gaya-gaya yang bekerja pada poros pencuci utama ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Perhitungan Poros Pencuci

Besaran	Deskripsi	Nilai
F_{P1}	Gaya Poros Berdasarkan Puli 1	2,813 kN
F_{P2}	Gaya Poros Berdasarkan Puli 2	5,371 kN
F_K	Gaya Poros Berdasarkan Pengikatan dengan Sikat	4,38 kN
α_{P1}	Sudut Kemiringan Puli 1	0°
α_{P2}	Sudut Kemiringan Puli 2	$28,24^\circ$



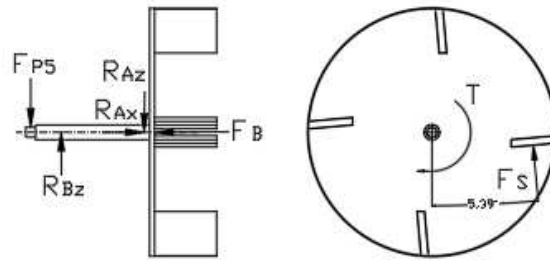
Gambar 10. Diagram Benda Bebas Poros Pencuci (a) DBB Poros Pencuci Sumbu XYZ, (b) DBB Poros Pencuci Sumbu XZ, (c) DBB Poros Pencuci Sumbu XY

3.3.2 Perhitungan Poros Perajang

Poros perajang berfungsi untuk mentransmisikan putaran dari puli menuju ke pengarah perajang agar umbi porang dipastikan menyentuh pisau perajang sehingga terjadinya proses perajangan. Gaya-gaya yang bekerja pada poros perajang dan diagram benda bebas poros perajang ditampilkan dalam Tabel 6 dan Gambar 11 berikut.

Tabel 6. Data Perhitungan Poros Perajang

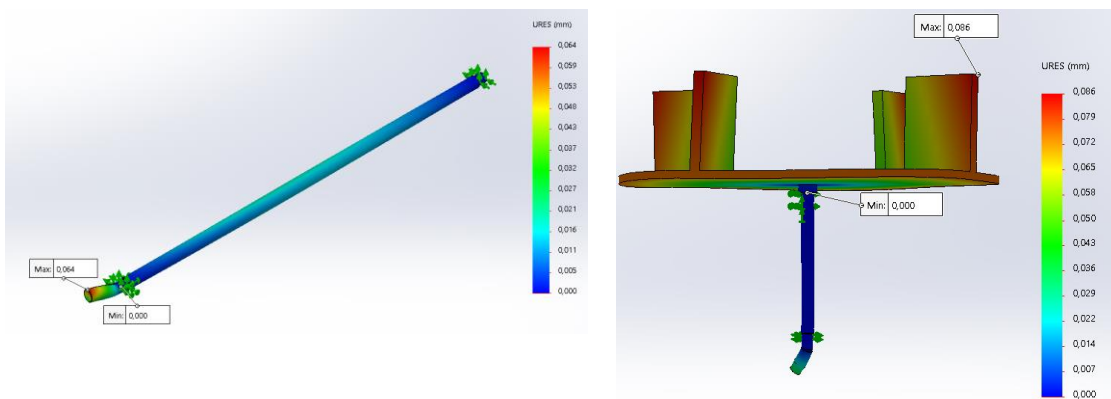
Besaran	Deskripsi	Nilai
F_{P5}	Gaya Poros Berdasarkan Puli 5	2,071 kN
F_B	Gaya Poros Berdasarkan Bobot Perajang	0,297 kN
α_{P5}	Sudut Kemiringan Puli 5	0°



Gambar 11. Diagram Benda Bebas Poros Perajang

3.4 Validasi Menggunakan CAE *Solidworks*

Tahap validasi perhitungan dilakukan menggunakan perhitungan CAE pada *software Solidworks*. Simulasi CAE dilakukan untuk mensimulasikan tegangan von mises, defleksi, dan faktor keamanan. Hasil simulasi CAE ditampilkan pada gambar dan tabel berikut.



Gambar 12. Defleksi Poros Pencuci (kiri) dan Poros Perajang (kanan)

Tabel 7. Hasil Validasi Perhitungan Poros Pencuci

	Perhitungan Manual	Analisis Software	Selisih
Von Mises	132,929 MPa	133,116 MPa	0,187 MPa
Defleksi	0,073 mm	0,064 mm	0,009 mm
Safety Factor	2,238	2,066	0,172

Hasil validasi perhitungan manual menggunakan simulasi *software* menghasilkan selisih yang relatif kecil. Selisih perhitungan von mises antara perhitungan manual dengan simulasi *software* adalah 0,187 MPa. Sementara selisih nilai defleksi antara perhitungan manual dengan simulasi *software* adalah 0,009 mm. Nilai *safety factor* rancangan pada kedua perhitungan lebih besar dari 1 sehingga rancangan komponen aman untuk digunakan.

Tabel 8. Hasil Validasi Perhitungan Poros Perajang

	Perhitungan Manual	Analisis Software	Selisih
Von Mises	109,621 MPa	102,023 MPa	7,598 MPa
Defleksi	0,039 mm	0,086 mm	0,043 mm
Safety Factor	2,509	2,695	0,186

Hasil validasi perhitungan manual menggunakan simulasi *software* menghasilkan selisih yang relatif kecil. Selisih perhitungan von mises antara perhitungan manual dengan simulasi *software* adalah 7,598 MPa. Sementara selisih nilai defleksi antara perhitungan manual dengan simulasi *software* adalah 0,043 mm. Nilai *safety factor* rancangan pada kedua perhitungan lebih besar dari 1 sehingga rancangan komponen aman untuk digunakan.

4 KESIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan rancangan mesin pembuat *chips* dan pereduksi kandungan kalsium oksalat pada umbi porang berdaya 7,5 kW. Mesin yang dirancang memiliki tiga fungsi utama: fungsi pencucian menggunakan sikat dan *screw conveyor*, fungsi perajang menggunakan sistem pisau sentrifugal, dan fungsi perebusan menggunakan metode perebusan dengan larutan NaCl. Mesin pembuat *chips* yang dirancang memiliki kapasitas sebesar 1074 ton. Jumlah ini mampu memenuhi 13% dari jumlah kebutuhan ekspor umbi porang.

5 REFERENSI

- [1] M. Ndukwu, G. Afam dan N. Nwakuba, "Development and Optimization of a Manual Fed Cassava Root Chipper for Household Cassava Processors," *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, pp. 283-295, 2020.
- [2] C. Kadurumba, J. Aririguzo, O. Uzoma, S. Ogbonnaya dan O. Ogbonna, "Development of a Reciprocating Motion Cassava slicing Machine," *Nigerian Agricultural Journal*, pp. 194-201, 2021.
- [3] T. K. Jinyemiema, T. G. Amie-Ogan, G. Dan-Orawari dan A. Hachimenum, "Design of Versatile Cassava Shredding Machine for Food Processing Industries," *International Journal of Innovative Research & Development Vol 11 Issue 2*, pp. 1-5, 2022.
- [4] O. Seth, "Design of a Portable Cassava Chopping Machine," *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering, and Technology*, pp. 13840-13850, 2020.
- [5] V. Wangkuanklang, W. Meeklangsaen, J. Suntudprom, P. Akkarakultron, K. Phasinam dan D. Watcharinrat, "Designing and Constructing a Cassava Slicing Machine for Household Use," *International Journal of Mechanical Engineering Vol 6 No 3*, pp. 536-540, 2021.
- [6] Suharto, Suryanto, Sarana dan T. B. Santosa, "Rancang Bangun Mesin Pencuci Umbi Porang untuk Meningkatkan Kinerja Pengolahan Porang," *Jurnal Teknologi Terapan Volume 4 No.2*, pp. 108-112, 2018.

- [7] K. Umam dan Wilarso, "Perencanaan Mesin Perajang Umbi Porang Dengan Pisau Horizontal," *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur, dan Energi*, pp. 75-82, 2022.
- [8] E. Yuniwati, E. Trianasari dan IndralokaAldy Bahadury, "Peningkatan Kualitas dan Kuantitas Perajangan Porang Melalui Teknologi Tepat Guna Mesin Perajang Porang," *Abdimas UNWAHAS*, pp. 90-98, 2022.
- [9] M. T. Nurhibatullah dan Haryadi, "Perancangan Alat Perajang Umbi Porang dengan Pendorong Pneumatik dan Kontrol PLC," dalam *Prosiding the 12th Industrial Research Workshop and National Seminar*, Bandung, 2021.
- [10] R. Y. Panjaitan, Junaidi dan Yulfitra, "Rancang Bangun Mesin Perajang Model Vertikal dengan Spinner Pencuci Umbi-Umbian Kapasitas 60 kg/jam," *Buletin Utama Teknik Vol.18 No.3*, pp. 223-229, 2023.
- [11] E. Alhassan, O. Ijabo dan E. Afolabi, "Development of Cassava Peeling Machine Using an Abrasive Mechanism," *Journal of Production Engineers*, vol. 21, no. 1, p. 16, 2018.
- [12] S. Sonawane, G. Sharma dan A. Pandya, "Design and Development of Power Operated Banana Slicer for Small Scale Food Processing Industries," *Research in Agricultural Engineering*, vol. 57, no. 4, pp. 144-152, 2011.

