

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Limbah Ikan

Limbah ikan merupakan sisa hasil samping yang dihasilkan dari aktivitas penangkapan, penanganan, dan pengolahan ikan, baik pada skala rumah tangga, industri kecil menengah (IKM), maupun industri pengolahan ikan berskala besar. Limbah ini umumnya berasal dari bagian ikan yang tidak dimanfaatkan sebagai produk utama, seperti kepala, tulang, kulit, sisik, jeroan, serta sisa daging yang masih melekat pada tulang ikan. Limbah ikan terdiri dari dua jenis, yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah cair berupa darah, lendir, dan lemak atau bagian ini juga disebut sebagai jeroan (4,8%). Sedangkan limbah padat berupa kepala (12,0%), sirip (3,4%), kulit (4,0%), tulang (11,7%), dan sisik/duri (2,0%). Limbah tersebut diperkirakan memiliki proporsi sekitar 30-40% dari total berat ikan, moluska dan krustasea. (Nurhayati and Peranginangin, 2009). Seperti yang terdapat pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2. 1 Limbah ikan

<https://jakrev.com/nasional/didaktika/mahasiswa-umm>

Mahalnya harga pakan ikan membuat para peternak ikan harus mengeluarkan biaya lebih. Maka dilakukan upaya pengolahan pakan ikan yang

berasal dari limbah ikan untuk mengurangi biaya produksi. Selain meningkatkan nilai ekonomi, pengolahan limbah ikan menjadi pakan juga dapat memberikan manfaat lingkungan yang signifikan. Pengurangan limbah organik yang dibuang ke lingkungan dapat mengurangi risiko pencemaran air dan tanah, serta menurunkan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari pembusukan limbah ikan. Selain itu, penggunaan pakan dari limbah ikan dapat membantu mengurangi tekanan terhadap sumber daya perikanan liar, yang sering kali dieksploitasi secara berlebihan. Dengan memanfaatkan limbah ikan sebagai bahan pakan, industri perikanan dapat menerapkan praktik yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan, sekaligus meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat pesisir yang bergantung pada industri ini (Sahar *et al.*, 2024).

Pemanfaatan limbah ikan secara baik akan menghasilkan dampak positif karena limbah ikan mengandung berbagai nutrisi penting seperti protein, lemak esensial, mineral, dan vitamin yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan dan kesehatan ikan. Protein dari limbah ikan menyediakan asam amino esensial yang mendukung pertumbuhan jaringan, sementara lemaknya mengandung asam lemak omega-3 dan omega-6 yang meningkatkan kualitas daging ikan (Sahar *et al.*, 2024).

2.2 Tepung Limbah Ikan

Limbah yang digunakan untuk diolah menjadi tepung harus dibersihkan terlebih dahulu dengan cara dicuci menggunakan air bersih, lalu didiamkan agar air tidak ada air yang menetes, lalu limbah ikan dikeringkan dengan cara dijemur dan disangrai/oven dengan suhu 102°C selama 2-5 menit (Sihite, 2013).

Tepung limbah ikan merupakan produk hasil pengolahan limbah ikan yang

telah melalui proses perlakuan fisik, seperti pencucian, pengeringan, dan pengecilan ukuran hingga diperoleh bentuk serbuk atau tepung. Tepung limbah ikan adalah tepung yang terbuat dari limbah ikan yang dikeringkan sampai kandungan air nya sangat kecil < 12% menurut SNI (Sihite, 2013). Limbah ikan yang sudah diolah menjadi tepung akan berubah menjadi lebih kecil dan halus seperti gambar 2.2



Gambar 2. 2 Tepung limbah ikan

(Sahar *et al.*, 2024)

Gambar 2.2 menunjukkan bentuk fisik tepung limbah ikan yang dihasilkan dari proses pengolahan dan penepungan limbah ikan. Secara visual, tepung limbah ikan memiliki tekstur halus hingga agak kasar tergantung pada proses penggilingan dan ukuran saringan yang digunakan. Warna tepung umumnya cenderung coklat hingga keabu-abuan, yang dipengaruhi oleh jenis limbah ikan, metode pengeringan, serta tingkat kehalusan hasil penepungan.

2.3 Teori Perancangan

Menurut (Harsokoesoemo, 2004) proses perancangan produk pada dasarnya merupakan suatu kegiatan yang dilakukan secara terstruktur melalui beberapa tahapan utama yang saling berkaitan. Tahapan tersebut meliputi penentuan dan perumusan kebutuhan, pengembangan konsep rancangan, perancangan bentuk

produk, serta perancangan secara rinci. Dalam penerapannya, tahapan-tahapan ini tidak selalu dijalankan secara berurutan dan terpisah, karena pada kondisi tertentu sebagian aspek perancangan detail dapat mulai dipertimbangkan sejak tahap perancangan bentuk. Hal ini menunjukkan bahwa proses perancangan bersifat dinamis dan memungkinkan terjadinya pengulangan maupun penyesuaian antar tahap.

Setiap tahapan dalam proses perancangan menghasilkan keluaran tertentu yang menjadi dasar bagi tahapan berikutnya, seperti daftar kebutuhan dan spesifikasi teknis yang dirumuskan pada tahap awal. Keluaran tersebut tidak hanya berfungsi sebagai acuan lanjutan, tetapi juga dapat digunakan sebagai umpan balik untuk melakukan evaluasi dan perbaikan pada tahapan sebelumnya. Dengan pendekatan ini, proses perancangan memungkinkan terjadinya penyempurnaan secara berkelanjutan seiring dengan berkembangnya hasil rancangan pada tahap-tahap selanjutnya (Harsokoemo, 2004).

2.3.1 Perancangan Proyek dan Penjelasan Tugas

Tahap awal dalam proses perancangan produk bertujuan untuk merumuskan kebutuhan dan spesifikasi teknis sebagai dasar pengembangan rancangan. Spesifikasi ini disusun berdasarkan kebutuhan pengguna dan batasan yang ada, serta mencakup persyaratan fungsional dan kendala teknis yang relevan. Seluruh informasi tersebut dihimpun secara sistematis dan dituangkan dalam bentuk daftar persyaratan teknis yang menjadi acuan pada tahapan perancangan berikutnya. Keberhasilan tahap ini dipengaruhi oleh kesesuaian perumusan kebutuhan dengan kondisi pasar dan ketersediaan sumber daya, serta didukung oleh perencanaan proyek yang mencakup pengaturan jadwal dan pemanfaatan sumber daya agar

proses perancangan dapat berlangsung secara efektif dan efisien (Harsokoesoemo, 2004).

2.3.2 Perancangan Konsep Produk

Berdasarkan spesifikasi teknis yang dihasilkan pada tahap awal perancangan, dilakukan pencarian berbagai alternatif konsep produk yang mampu memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Konsep-konsep tersebut dianggap sebagai solusi atas permasalahan perancangan yang sedang dihadapi. Umumnya, bentuk dari konsep produk ini disajikan dalam gambar sketsa atau diagram sederhana yang telah mencakup seluruh elemen serta komponen penting yang diperlukan dalam sistem produk. Setelah beberapa alternatif konsep berhasil dirumuskan, langkah selanjutnya adalah mengembangkan dan melakukan evaluasi terhadap masing-masing alternatif. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan sejumlah kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya, seperti aspek teknis, aspek ekonomi, dan parameter relevan lainnya. Konsep-konsep yang tidak sesuai dengan spesifikasi teknis akan dieliminasi, sedangkan konsep yang memenuhi kriteria akan dipertimbangkan untuk tahap lanjutan. Dalam beberapa kasus, lebih dari satu konsep terbaik dapat ditemukan dan seluruhnya tetap dikembangkan pada fase berikutnya. Berdasarkan diagram alur proses perancangan yang dikemukakan oleh Pahl dan Beitz, fase pengembangan konsep produk ini terdiri atas sejumlah langkah sistematis yang saling terkait dan bertujuan untuk menghasilkan solusi desain yang optimal (Harsokoesoemo, 2004).

2.3.3 Fase Perancangan Bentuk atau *Embodiment Design*

Tahap perancangan bentuk (*embodiment design*) dalam model perancangan menurut Pahl dan Beitz terdiri atas sejumlah langkah yang lebih kompleks

dibandingkan dengan tahapan perancangan konsep (Harsokoesoemo, 2004). Pada fase ini, konsep yang telah dirumuskan sebelumnya mulai diwujudkan dalam bentuk fisik. Elemen-elemen dalam skema atau sketsa awal, yang sebelumnya hanya digambarkan secara sederhana sebagai garis atau batang, kini mulai dirancang secara rinci agar membentuk sistem produk yang utuh dan berfungsi tanpa terjadi interferensi antar komponen saat bergerak. Dalam proses ini, setiap komponen diberi bentuk geometris, ditentukan materialnya, serta dilakukan perhitungan kekuatan struktur dan aspek teknis lainnya. Hasil rancangan awal dituangkan dalam bentuk *preliminary layout*, yang menggambarkan struktur keseluruhan dari produk berdasarkan konsep yang telah dikembangkan. Jika terdapat lebih dari satu konsep produk, maka dapat dihasilkan beberapa versi *preliminary layout*.

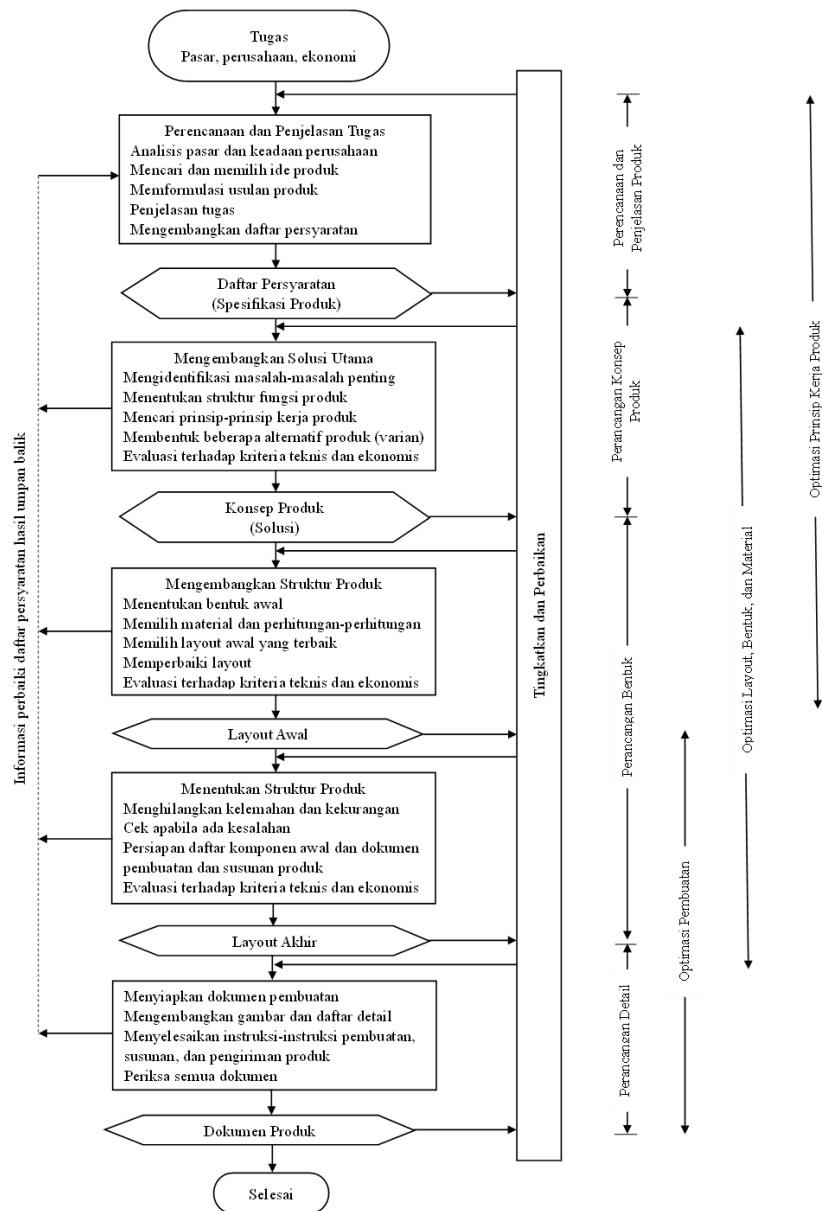
Preliminary layout tersebut kemudian disempurnakan untuk mengatasi berbagai kelemahan yang mungkin ada, dan hasil penyempurnaan tersebut dievaluasi secara lebih ketat berdasarkan kriteria teknis, ekonomis, dan faktor-faktor lain yang relevan. Dari proses evaluasi ini, dipilih satu rancangan terbaik yang disebut *definitive layout*. *Definitive layout* merupakan hasil akhir dari tahap perancangan bentuk yang telah melalui pengujian terhadap fungsionalitas produk, kekuatan struktur, serta kelayakan dari sisi biaya (Harsokoesoemo, 2004).

2.3.4 Fase perancangan detail

Tahap perancangan detail merupakan fase akhir dalam proses perancangan, di mana seluruh elemen produk yang sebelumnya telah dirancang mulai ditetapkan secara menyeluruh. Pada tahap ini juga dilakukan analisis mengenai metode manufaktur yang memungkinkan untuk setiap komponen, serta dilakukan estimasi biaya produksi secara lebih akurat. Hasil dari fase ini meliputi gambar teknik

lengkap, spesifikasi teknis produk yang akan digunakan dalam proses produksi, serta daftar komponen atau *bill of materials*.

Ketiga hasil tersebut menjadi bagian penting dari dokumentasi teknis yang diperlukan untuk proses pembuatan produk secara nyata. Dokumentasi ini berfungsi sebagai pedoman utama dalam tahap implementasi atau manufaktur, sehingga harus disusun secara rinci dan akurat agar produk dapat diproduksi sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan Pahl & Beitz (Harsokoesoemo, 2004). Tahapan-tahapan tersebut dibuat menjadi sebuah diagram alir yang dapat lebih mudah dipahami, seperti pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2. 3 Diagram alir proses perancangan Pahl dan Beitz
(Harsokoesoemo, 2004)

2.4 Evaluasi Berdasarkan Matriks Keputusan Dasar

Metode matriks Keputusan, atau metode pugh adalah metode yang sederhana dan sudah terbukti efektif untuk membandingkan konsep-konsep produk alternatif. Bentuk matriks Keputusan adalah seperti digambarkan pada Tabel dibawah ini.

Pada Prinsipnya, metode ini memberikan cara untuk menilai (dengan memberi angka) setiap alternatif terhadap alternatif lainnya secara relatif dalam kemampuannya untuk memenuhi kriteria yang dibuat berdasarkan keinginan pengguna. Dengan membandingkan nilai (angka) yang diperoleh oleh masing-masing alternatif, diperoleh gambaran atau informasi tentang alternatif mana yang lebih baik. Hal tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk membuat Keputusan. Metode matriks Keputusan akan lebih efektif lagi, jika masing-masing anggota tim perancang membuat penilaian sendiri-sendiri dan kemudian membandingkan hasil-hasilnya. Langkah-langkah metode ini terdiri dari :

1. Menyusun kriteria untuk membandingkan produk.

Kriteria untuk membandingkan satu konsep produk dengan konsep produk lainnya. Pada tahapan ini penyusunan keinginan-keinginan pengguna didasarkan pada dua keinginan, yaitu keinginan yang harus dipenuhi dan keinginan-keinginan yang diurut menurut prioritas sesuai dengan nilai/angka skornya.

2. Memberi bobot pada setiap kriteria

Masing-masing kriteria kemudian diberi bobot sesuai dengan pentingnya kriteria tersebut. Kriteria yang lebih penting diberi bobot yang lebih tinggi daripada bobot kriteria yang kurang penting.

3. Memilih alternatif konsep produk yang akan dibandingkan.

Konsep-konsep produk yang akan dibandingkan dipilih dari daftar konsep produk yang dibuat pada tahap penyusunan konsep produk dan telah lolos dari tahap evaluasi sebelum ini.

4. Memilih alternatif konsep produk

Setiap anggota tim perancang yang akan melakukan evaluasi memilih satu

alternatif konsep produk yang dijadikan alternatif referensi atau datum. Setiap anggota tim perancang biasanya mempunyai alternatif konsep produk yang disenangi yang ditemukannya selama proses penyusunan alternatif produk. Konsep-konsep produk lainnya satu persatu kemudian dibandingkan dengan alternatif konsep produk referensi ini.

Untuk setiap perbandingan suatu kriteria antara konsep produk yang sedang dinilai dengan konsep produk referensi, maka dinilai apakah konsep produk yang sedang dinilai lebih baik, lebih jelek atau sama saja dengan konsep produk referensi. Jika, untuk suatu kriteria konsep produk yang sedang dinilai lebih baik dari konsep produk referensi, maka diberi nilai +, jika sama saja diberi nilai S, dan jika lebih buruk diberi nilai -. Pada waktu menjumlahkan nilai semua kriteria, maka +, S dan -, diberi nilai masing-masing angka 1,0,-1.

5. Menghitung nilai akhir

Setelah semua kriteria untuk konsep produk yang sedang dinilai diberi nilai (+, S, -), maka nilai akhir dari konsep produk yang sedang dinilai adalah jumlah dari nilai setiap kriteria yang sudah dikalikan dengan bobot kriteria tersebut.

Proses perhitungan nilai akhir tersebut merupakan proses yang iteratif, yaitu setelah perhitungan nilai pertama selesai, maka perhitungan nilai yang kedua dilakukan dengan memikirkan ulang pemberian bobot setiap kriteria sebelumnya, yaitu apakah perlu memberi nilai bobot yang baru dan menghitung Kembali hasil perkalian nilai bobot yang baru dengan nilai kriteria (1, 0, -1). Dan seterusnya dengan perhitungan nilai akhir yang ketiga dan kriteria tersebut perlu diberi uraian dan penjelasan baru dan karena itu bobot baru.

Setelah semua anggota tim menyelesaikan penilaian akhirnya masing-masing,

maka dilakukan perbandingan antara semua nilai akhir tersebut. Diskusi antara anggota kelompok dapat menghasilkan perbaikan konsep produk, atau memperoleh klarifikasi lebih lanjut tentang kriteria-kriteria penilaian. Diskusi tersebut dapat pula menghasilkan konsep produk baru.

Penilaian pada matriks keputusan dilakukan dengan menggunakan 14 kriteria evaluasi yang masing-masing memiliki bobot tertentu sesuai tingkat kepentingannya terhadap proses perancangan mesin. Setiap kriteria dinilai menggunakan simbol (+), (S), dan (-) yang menunjukkan tingkat kesesuaian alternatif terhadap kriteria yang ditetapkan. Simbol (+) menunjukkan bahwa alternatif tersebut memenuhi atau memiliki keunggulan terhadap kriteria yang dinilai, (S) menunjukkan kondisi netral atau tidak terdapat perbedaan yang signifikan, sedangkan (-) menunjukkan bahwa alternatif tersebut kurang memenuhi kriteria yang dimaksud.

Setiap simbol (+) akan dikalikan dengan bobot kriteria yang bersangkutan, kemudian seluruh nilai dari masing-masing kriteria dijumlahkan untuk memperoleh nilai total alternatif. Apabila suatu alternatif memperoleh nilai (+) pada seluruh 14 kriteria, maka jumlah nilai yang diperoleh akan mencapai nilai maksimum sebesar 100, yang menunjukkan bahwa alternatif tersebut memenuhi seluruh kriteria yang telah ditetapkan secara optimal. Dengan demikian, semakin besar nilai total yang diperoleh suatu alternatif, maka semakin baik tingkat kesesuaiannya terhadap kebutuhan perancangan mesin yang direncanakan.

2.5 Jenis Mesin Penggiling Pakan

Proses pengecilan ukuran bahan merupakan salah satu tahapan penting dalam pengolahan limbah ikan menjadi tepung. Untuk menghasilkan tepung dengan

ukuran yang sesuai, diperlukan mesin penggiling yang bekerja secara efektif dan sesuai dengan karakteristik bahan yang diolah. Setiap jenis mesin penggiling memiliki prinsip kerja, kemampuan, dan aplikasi yang berbeda, sehingga pemilihannya harus mempertimbangkan sifat bahan, kapasitas produksi, serta tujuan penggunaan. Oleh karena itu, pemahaman mengenai jenis dan tipe mesin penggiling menjadi dasar penting dalam menentukan sistem penggilingan yang tepat pada perancangan mesin pembuat tepung limbah ikan. Berikut ini adalah beberapa mesin yang digunakan untuk membuat pakan.

2.5.1 *Hammer Mill*

Hammer mill merupakan alat yang sangat berguna dalam industri peternakan, terutama dalam proses penggilingan bahan pakan ternak. Alat ini beroperasi dengan efisien, di mana bahan-bahan pakan dimasukkan ke dalam mesin dan kemudian digiling melalui tumbukan yang kuat dengan palu (*hammer*) yang berputar secara cepat. Proses penggilingan ini sangat penting untuk menghasilkan pakan ternak dengan ukuran yang seragam dan mudah dicerna oleh hewan (Johansen, 2023).

Hammer mill menggunakan alat yang dilengkapi dengan permukaan bergerigi tajam, mesin ini memiliki kemampuan untuk menghancurkan berbagai macam bahan baku secara efektif. Meskipun termasuk benda-benda yang keras, seperti kopi, tulang ikan, kayu, dan berbagai jenis bahan baku industri lainnya, mesin serbaguna ini mampu menggilingnya menjadi tepung yang sangat halus. (Rifki Zulkarnain *et al.*, 2014). Gambar 2.4 berikut merupakan bentuk mesin *hammer mill* yang digunakan untuk proses pembuatan tepung dari bahan baku yang keras.



Gambar 2. 4 Mesin *hammer mill*

(<https://www.powderbulksolids.com/size-reduction/versatile-hammer-mills>)

Mesin *hammer mill* memiliki keuntungan dan kerugian dalam penggunaannya. Penggunaan *hammer mill* memiliki beberapa keuntungan, diantaranya adalah efisien dalam waktu, dapat digunakan berbagai jenis bahan, memiliki desain yang sederhana, biaya operasi dan pemeliharaan lebih murah. Mesin *hammer mill* juga memiliki beberapa kerugian, diantaranya adalah konsumsi energi yang cukup besar, memiliki kebisingan yang tinggi, dan hasil ukuran partikel penggilingan tidak seragam. (Rifki Zulkarnain *et al.*, 2014)

2.5.2 Roller Mill

Roller Mill adalah sebuah mesin penggilingan untuk menghasilkan tepung dengan menggunakan dua buah *roll*. Proses kerja *Roller Mill* dimulai dengan menghidupkan mesin sebelum bahan dimasukkan ke dalam *loading hopper*. Bahan akan digiling mencapai kehalusan yang diinginkan dengan gesekan antara dua *roll*. Bahan akan keluar melalui tempat penggilingan, setelah melalui proses penggilingan. *Roller Mill* melaksanakan berbagai proses, diantaranya seperti *grinding, reducing, rolling, crushing, cracking, crimping, crumbling, flaking, steaming, shearing, dan cutting* (Raharja *et al.*, 2021). Bentuk *roller mill*

ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 5 Roller mill

[\(https://rmsroller-grinder.com/equipment/roller-mills/\)](https://rmsroller-grinder.com/equipment/roller-mills/)

Pembuatan tepung menggunakan mesin *roller mill* melibatkan penekanan bahan antara dua *roll* yang berputar searah. Saat proses pengolahan berlangsung, bahan di dalam mesin akan mengalami tekanan yang tinggi akibat jepitan dan gesekan antara permukaan *roll*, menghasilkan kompresi bahan secara efisien. Prinsip kerja *roller mill* berbeda dengan *hammer mill*, dimana *roller mill* bekerja dengan menerapkan gaya tekan pada bahan menggunakan *roller*. Akibatnya, bahan tersebut mengalami deformasi dan mengalami penurunan ukuran (Johansen, 2023).

2.5.3 Disc Mill

Disc mill merupakan alat penggiling yang terdiri dari dua piringan, yaitu piringan dinamis dan piringan statis. Komponen-komponen utama dari *disc mill* meliputi corong masukan, corong keluaran, piringan penggiling, dinding penutup, dan poros penggerak. (Rohman, 2016). Bentuk mesin *disc mill* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 6 Mesin *disc mill*

id.made-in-china.com/Wheat-Maize-Rice-Flour-Mill-Disk-Mill-Food-Grinding-Machinery

Prinsip kerja mesin *disc mill* yaitu bahan baku dimasukkan ke dalam *hopper* lubang pemasukan, setelah itu akan langsung ditumbuk oleh pisau yang berbentuk balok yang berputar dikombinasikan dengan pisau penepung statis, satu lingkaran penuh mesin berputar dan memotong bahan baku tersebut menjadi tepung yang berukuran kecil sesuai dengan *mesh* atau ukuran saringan yang digunakan pada *disc mill*. Mesin ini menggunakan putaran tinggi untuk dapat memecah bahan baku yang dimasukkan menjadi bagian-bagian kecil dan halus.

Selama proses penggilingan, bahan akan mengalami gesekan antara kedua piringan dalam *disc mill* yang mengakibatkan penurunan ukuran bahan hingga menjadi lebih kecil dan halus sampai bahan tersebut dapat keluar melalui *mesh* yang ada. Mesin ini lebih sesuai digunakan untuk menghancurkan bahan-bahan yang relatif lunak seperti jagung, kedelai, singkong, dan sejenisnya.

2.5.4 Burr mill

Burr mill adalah mesin yang berfungsi untuk menggiling bahan baku menjadi ukuran yang lebih kecil, mesin ini bekerja dengan prinsip dua lempeng

yang berputar dan dipisahkan oleh jarak yang bisa diatur oleh pengguna. Proses *burr mill* dimulai memasukkan bahan melalui *hopper*. Kedua lempeng berputar dan saling bergesekan, sehingga menghancurkan bahan. Setelah proses penghancuran bahan, kemudian dikeluarkan melalui tempat pengeluaran. Proses yang terjadi ketika *burr mill* bekerja, terjadi proses *cutting*, *crushing*, dan *shearing* (Juanda *et al.*, 2024). Adapun bentuk mesin *burr mill* dapat dilihat pada Gambar 2.6 .



Gambar 2. 7 *Burr mill*

(<https://astromesin.com/product/mesin-giling-tepung-dsc-150/>)

Burr mill kurang cocok untuk bahan yang keras dan abrasif, seperti tulang ikan berukuran besar, karena dapat mempercepat keausan permukaan piringan dan mengurangi umur pakai mesin. Dari segi kapasitas, *burr mill* umumnya dirancang untuk produksi skala kecil, sehingga kurang efisien apabila digunakan untuk proses penepungan bahan pakan dalam jumlah menengah hingga besar.

Dalam konteks pengolahan limbah ikan menjadi tepung pakan ikan, *burr mill* dinilai kurang optimal karena limbah ikan memiliki struktur yang berserat dan tidak seragam serta membutuhkan gaya penghancuran yang lebih kuat. Oleh sebab itu, mesin ini lebih sesuai digunakan pada aplikasi penggilingan bahan kering non-berserat dengan kapasitas kecil, sementara untuk pengolahan limbah ikan skala kecil hingga menengah, mesin tipe *disc mill* lebih direkomendasikan karena

memiliki kemampuan penghancuran yang lebih efektif dan stabil.

2.6 Macam-Macam Jenis Motor Penggerak

2.6.1 Motor Listrik

Motor listrik bekerja dengan prinsip yang didasarkan pada hukum dasar elektromagnetisme, yaitu hubungan antara medan magnet dan arus listrik yang menghasilkan putaran atau gaya mekanis. Prinsip ini dijelaskan melalui Hukum Lorentz, yang menyatakan bahwa ketika arus listrik mengalir melalui konduktor yang berada dalam medan magnet, konduktor tersebut akan mengalami gaya magnetik. Gaya ini adalah dasar yang menyebabkan sebuah rotor dalam motor listrik dapat bergerak. Selain itu, Hukum Faraday juga memiliki peran dalam proses ini, di mana perubahan medan magnet dalam suatu rangkaian listrik akan menghasilkan gaya gerak listrik (*electromotive force* atau EMF). (Oliver, 2023). Ilustrasi motor listrik dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.8 Motor listrik

(<https://robotics.instiperjogja.ac.id/post/aktuator>)

Gambar 2.7 merupakan contoh motor listrik yang bekerja dengan melibatkan dua komponen utama, yaitu stator dan rotor. Stator sendiri merupakan bagian dalam motor listrik yang diam dan mengandung kumparan medan atau

magnet permanen, sedangkan rotor adalah bagian yang bergerak dan biasanya dilengkapi dengan kumparan penghantar listrik. Ketika arus listrik dialirkan ke stator, kumparan tersebut menciptakan medan magnet. Medan magnet ini berinteraksi dengan medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik pada rotor. Interaksi antara medan magnet ini menghasilkan gaya elektromagnetik yang memutar rotor. Proses ini disebut sebagai induksi elektromagnetik. Rotor kemudian mengubah gerakan rotasi ini menjadi energi mekanis yang dapat *burr mill* gunakan untuk menggerakkan beban tertentu, seperti roda, baling-baling, atau poros mesin.

2.6.2 Motor Bensin

Mesin penggerak bensin untuk mesin *disc mill* adalah jenis mesin pembakaran dalam yang menggunakan bensin sebagai bahan bakar untuk menghasilkan tenaga mekanik. Mesin ini berfungsi untuk memutar poros utama *disc mill* melalui sistem transmisi seperti *V-belt* dan *pulley*, sehingga dapat menggerakkan dua piringan (*disc*) penggiling yang berputar dan menghancurkan bahan menjadi tepung. Bentuk motor bensin ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 9 Motor bensin

<https://www.perkakasku.com/mesin-penggerak-engine-bensin-honda>

Selain itu, motor bensin seperti pada gambar 2.8 memiliki kemampuan respon yang baik terhadap perubahan beban. Ketika limbah ikan dengan ukuran atau

kepadatan berbeda masuk ke ruang penggilingan, motor bensin dapat menyesuaikan putaran dengan cepat melalui pengaturan bukaan gas. Hal ini sangat penting untuk menjaga kestabilan proses penepungan dan mencegah terjadinya mesin tersendat atau mati mendadak. Fleksibilitas pengaturan putaran ini mendukung proses pengujian dan optimasi kinerja mesin, seperti pengaturan bukaan gas pada variasi tertentu.

Penggunaan motor bensin pada mesin penepung limbah ikan dinilai sesuai karena karakteristik bahan limbah ikan yang relatif keras, berserat, dan memiliki kepadatan tidak seragam. Kondisi tersebut menyebabkan kebutuhan daya dan torsi yang cukup besar, terutama pada saat awal penggilingan ketika bahan pertama kali masuk ke ruang giling. Motor bensin mampu menyediakan daya yang relatif stabil pada rentang putaran menengah hingga tinggi, sehingga proses penghancuran limbah ikan dapat berlangsung secara kontinu tanpa penurunan kinerja yang signifikan.

Hubungan antara daya, torsi, dan kecepatan sudut pada motor bensin sebagai mesin penggerak, tetap berlaku sama seperti pada mesin lain: daya mekanis pada poros dapat dihitung dari torsi dan putaran. Secara matematis:

- a) Perhitungan gaya pada motor listrik (Sularso and Suga, 2004)

$$F = m \cdot a \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

F = Gaya (N)

m = Massa Beban (Kg)

a = Percepatan (m/s²)

- b) Torsi

Besarnya torsi dapat dinyatakan dengan rumus :

$$T = F \cdot r \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

T = Torsi (Nm) atau (kgf.mm) ; 1 Nm = 101.9716212978 (kgf.mm)

F = Gaya (N)

r = Jari-jari (mm)

c) Perhitungan Daya

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{60} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

P = Daya *Input* (kW)

n = Putaran Mesin (rpm)

T = Torsi (Nm)

d) Perencanaan daya

$$P_d = f_c \cdot P \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

P_d = Daya rencana (kW)

f_c = Faktor Koreksi (daya rata-rata yang digunakan) = 1,3

P = Daya yang digunakan motor listrik (kW)

2.6.3 Motor Diesel

Mesin penggerak diesel adalah jenis mesin pembakaran dalam yang menggunakan bahan bakar solar (diesel) dan bekerja berdasarkan prinsip kompresi tinggi tanpa menggunakan busi. Mesin ini menghasilkan tenaga mekanik dari

proses pembakaran bahan bakar di dalam silinder dan digunakan untuk menggerakkan berbagai peralatan berat maupun mesin industri, termasuk mesin *disc mill*. Mesin diesel berfungsi sebagai sumber tenaga utama yang menggerakkan poros penggiling pada mesin *disc mill*. Energi mekanik dari mesin diesel diteruskan ke *disc mill* melalui sistem transmisi (seperti *V-belt* dan *pulley*) untuk memutar dua buah piringan bergigi yang berfungsi menggiling bahan, misalnya limbah ikan kering menjadi tepung. Adapun bentuk motor diesel dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 10 Motor diesel

(www.yanmar.com/media/news/2020/02/21045916/img_tf_series1-300x235.jpg)

Dalam konteks pengolahan limbah ikan, motor diesel memiliki keunggulan utama berupa torsi yang besar pada putaran rendah, sehingga sangat mampu menangani beban berat dan tidak seragam. Limbah ikan yang telah dikeringkan umumnya memiliki struktur keras dan berserat, serta variasi ukuran yang dapat menyebabkan fluktuasi beban pada mesin penepung. Torsi besar yang dihasilkan motor diesel memungkinkan proses penghancuran bahan berlangsung lebih stabil, terutama pada saat awal penggilingan ketika beban mesin relatif tinggi.

2.7 Macam-Macam Jenis Poros

Poros didefinisikan sebagai elemen mekanis utama yang digunakan untuk

mentransmisikan torsi atau daya mekanis. Poros dirancang untuk menerima momen puntir dan beban lentur yang dihasilkan dari komponen yang terpasang seperti roda gigi, *pulley*, atau roda (Budynas and Nisbett, 2015). Dalam konteks ini, poros berfungsi sebagai penghubung utama dalam sistem transmisi daya. Fungsinya adalah untuk mentransfer daya atau tenaga melalui putaran sehingga poros ikut berputar.

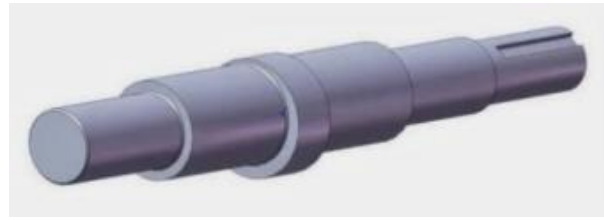
2.7.1 Poros Transmisi (*Transmission Shaft*)

Poros ini berfungsi untuk menyalurkan daya dari motor penggerak ke sistem penggilingan. Dalam mesin *disc mill*, daya dari motor (diesel atau bensin) diteruskan melalui sistem *pulley* dan *V-belt* ke poros utama. Poros transmisi bekerja sebagai elemen penghubung antara sumber energi dan komponen kerja mesin. Poros ini mengalami kombinasi beban puntir (torsi) dan lentur, karena selain meneruskan putaran, poros juga menahan beban dari *pulley* dan sabuk. Dalam mesin penepung limbah ikan, poros ini berperan penting dalam menjaga kestabilan putaran sehingga proses penghancuran material dapat berlangsung secara optimal.

2.7.2 Poros Mesin / Poros Utama (*Machine Shaft / Main Shaft*)

Poros utama adalah komponen inti dalam mekanisme penepungan karena berfungsi sebagai dukungan bagi elemen penghancur seperti piringan berputar atau pisau. Ketika mesin beroperasi, poros ini berputar dengan kecepatan tinggi (± 3000 – 4000 rpm), sehingga menghasilkan gaya mekanik yang diperlukan untuk menghancurkan limbah ikan menjadi partikel halus. Poros ini biasanya dibuat dari material baja karbon (misalnya ST 41) agar mampu menahan beban dinamis dan gesekan yang terjadi selama proses penggilingan. Sebagai contoh dapat dilihat pada

gambar 2.10.



Gambar 2. 11 Poros

<https://maretaramadhanis.wordpress.com/2016/05/13/macam-macam-poros/>

Dalam praktiknya, poros ini juga terhubung dengan *bearing* untuk menjaga kestabilan putaran dan mengurangi gesekan. Jika terjadi kerusakan pada *bearing* atau poros, maka proses penepungan akan terganggu, seperti yang dilaporkan pada penelitian perawatan mesin *disc mill*

Perencanaan poros harus memperhitungkan berbagai faktor sesuai dengan standar yang ditetapkan. Perhitungan tersebut mencakup daya yang direncanakan, tegangan geser, dan tegangan geser maksimum. Proses perencanaan poros ini melibatkan perhitungan dan analisis yang tepat sesuai dengan pedoman yang telah ditentukan(Sularso and Suga, 2004).

- a) Menghitung daya yang ditransmisikan (Sularso and Suga, 2004)

$$P_d = f_c \cdot P \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

P_d = Daya rencana (kW)

f_c = Faktor koreksi daya yang ditransmisikan

P = Daya (kW)

- b) Torsi

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{P_d}{n^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

T = Torsi (Nm)

Pd = Daya Rencana (kW)

n = Putaran Mesin (rpm)

c) Tegangan geser

$$\tau_A = \frac{\sigma_B}{sf_1 \cdot sf_2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

τ_A = Tegangan geser yang diizinkan (kg/mm²)

σ_B = Kekuatan tarik material (kg/mm²) = 58 kg/mm²

Sf_1 = *Safety Factor* (faktor keamanan) = 6,0

Karena memakai baja paduan

Sf_2 = *Safety Factor* (faktor keamanan) = 1,3

dikarenakan pengaruh kekasaran pasak dan poros bertingkat

d) Diameter Poros Akibat Torsi dan Momen Lentur

$$D = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot \tau_{izin}}^{1/3} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

D = Diameter poros (mm)

T = Momen puntir (N.mm)

τ_{izin} = Tegangan geser ijin material poros (N/mm²)

2.8 Macam-Macam Jenis Pasak

Pasak merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk menghubungkan komponen berputar, seperti roda gigi atau pulley, ke poros, sehingga torsi dapat ditransmisikan tanpa tergelincir. Dalam proses transmisi daya, pasak berperan penting

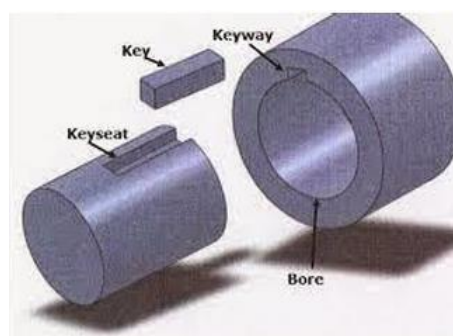
untuk memastikan gaya puntir yang dihasilkan oleh sumber tenaga (misalnya motor atau mesin penggerak) dapat diteruskan secara efisien ke komponen yang digerakkan (Sularso and Suga, 2004).

2.8.1 Pasak Persegi / Pasak Paralel (*Square/Parallel Key*)

Bentuk pasak dapat bervariasi, namun secara umum dibedakan menjadi beberapa tipe, seperti pasak paralel, pasak pas, dan pasak bulat. Pemilihan jenis pasak disesuaikan dengan bentuk sambungan, besar torsi, dan beban kerja dari sistem mekanis. Salah satu jenis yang paling banyak digunakan dalam industri adalah pasak paralel karena kemudahan dalam pemasangan dan perawatannya (Budynas and Nisbett, 2015).

2.8.2 Pasak Tirus (*Taper Key*)

Pada mesin penepung limbah ikan, pasak dipasang di antara poros utama dan komponen seperti pulley atau piringan penghancur. Ketika poros berputar akibat tenaga dari motor, pasak akan menerima gaya geser dari poros dan meneruskannya ke komponen yang terpasang. Dengan demikian, seluruh sistem berputar secara bersamaan dan proses penghancuran dapat berlangsung. Ilustrasi pasak yang digunakan pada mesin ini dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2. 12 Pasak

<https://mochsafarudin.wordpress.com/wp-content/uploads/2019>

Seperti pada gambar 2.11 pasak ini memiliki bentuk penampang persegi atau

persegi panjang dengan bagian atas dibuat sedikit miring atau bertirus, sehingga saat dipasang akan menghasilkan ikatan yang lebih kuat antara poros dan hub. Prinsip kerja pasak tirus yaitu dengan memanfaatkan gaya tekan akibat kemiringan sudut pasak. Ketika pasak dimasukkan ke dalam alur pasak pada poros dan hub, bagian yang bertirus akan memberikan tekanan sehingga komponen menjadi lebih rapat dan kokoh. Oleh karena itu, pasak tirus mampu menahan beban puntir dan getaran yang terjadi selama mesin beroperasi.

$$T_{\text{izin}} = \frac{2T}{d.l.b} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

d = diameter poros (mm)

l = panjang pasak (mm)

b = berdasarkan tabel DIN 6885

Dalam proses perancangan pasak, penentuan dimensi pasak harus disesuaikan dengan ukuran diameter poros agar sambungan mampu meneruskan daya dan putaran dengan aman serta mengurangi risiko kerusakan pada komponen. Salah satu parameter yang perlu ditentukan adalah nilai lebar pasak (b) yang umumnya mengacu pada standar DIN 6885. Standar tersebut memuat ukuran pasak yang telah disesuaikan dengan diameter poros sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam proses perancangan. Adapun nilai b berdasarkan standar DIN 6885 dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 1 DIN 6885

(<https://avslid.com.sg/din-keys-keyways-to-iso/>)

Diameter d		in accordance to DIN 6885/1				in accordance to DIN 6885/3			
above	to	Width b 1)	Depth h	Shaft Keyway Depth t_s	Hub Keyway Depth $d = t_s$	Width b 2)	Depth h	Shaft Keyway Depth t_s	Hub Keyway Depth $d = t_s$
mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
6	8	2	2	1,2	d + 1				
8	10	3	3	1,8	d + 1,4				
10	12	4	4	2,5	d + 1,8				
12	17	5	5	3	d + 2,3	5	3	1,9	d + 1,2
17	22	6	6	3,5	d + 2,8	6	4	2,5	d + 1,6
22	30	8	7	4	d + 3,3	8	5	3,1	d + 2,0
30	38	10	8	5	d + 3,3	10	6	3,7	d + 2,4
38	44	12	8	5	d + 3,3	12	6	3,9	d + 2,2
44	50	14	9	5,5	d + 3,8	14	6	4,0	d + 2,1
50	58	16	10	6	d + 4,3	16	7	4,7	d + 2,4
58	65	18	11	7	d + 4,4	18	7	4,8	d + 2,3
65	75	20	12	7,5	d + 4,9	20	8	5,4	d + 2,7
75	85	22	14	9	d + 5,4	22	9	6	d + 3,1
85	95	25	14	9	d + 5,4	25	9	6,2	d + 2,9
95	110	28	16	10	d + 6,4	28	10	6,9	d + 3,2
110	130	32	18	11	d + 7,4	32	11	7,6	d + 3,5
130	150	36	20	12	d + 8,4	36	12	8,3	d + 3,8
150	170	40	22	13	d + 9,4				
170	200	45	25	15	d + 10,4				
200	230	50	28	17	d + 11,4				
230	260	56	32	20	d + 12,4				
260	290	63	32	20	d + 12,4				
290	330	70	36	22	d + 14,4				
330	380	80	40	25	d + 15,4				
380	440	90	45	28	d + 17,4				
440	550	100	50	31	d + 19,5				

2.9 Macam-macam Jenis Sistem Transmisi untuk Mesin Pembuat Tepung

2.9.1 Transmisi *Sprocket* dan Rantai

Sistem transmisi rantai adalah mekanisme pemindah tenaga dari mesin penggerak (seperti motor bensin atau diesel) ke komponen kerja utama (dalam hal ini poros *disc mill*) menggunakan rantai dan *sprocket* (*gear* bergerigi). Sistem ini bekerja dengan cara mentransmisikan gerakan putar dari *sprocket* penggerak ke *sprocket* yang digerakkan, melalui rantai yang terhubung di antara keduanya. Komponen *sprocket* dan rantai diperlihatkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 13 *Sprocket* dan rantai

https://id.made-in-china.com/co_hengna-rear-axle/product_630-Type-Single-Rchain

Sprocket merupakan salah satu komponen transmisi mekanik yang berfungsi untuk meneruskan daya dan putaran dari sumber penggerak ke komponen yang digerakkan melalui media rantai. *Sprocket* memiliki gigi-gigi di sekelilingnya yang berfungsi untuk mengait mata rantai sehingga perpindahan daya dapat berlangsung tanpa slip. Sistem transmisi *sprocket* dan rantai bekerja berdasarkan prinsip keterkaitan mekanis langsung, sehingga menghasilkan efisiensi transmisi yang tinggi dan mampu mentransfer torsi secara stabil.

2.9.2 Transmisi *Pulley* dan *V-Belt*

Sistem transmisi *pulley* dan *V-belt* adalah metode pemindahan daya dari

mesin penggerak ke mesin yang digerakkan menggunakan sabuk berbentuk V (*V-belt*) dan *pulley*. Sistem ini mengandalkan gesekan antara *V-belt* dan alur *pulley* untuk mentransmisikan putaran dari poros penggerak ke poros yang digerakkan.

V-belt berfungsi sebagai elemen penghubung antara *pulley* penggerak dan *pulley* yang digerakkan. Bentuk penampang V pada sabuk memberikan gaya cengkeram yang lebih baik terhadap alur *pulley*, sehingga slip dapat diminimalkan. Hal ini sangat penting pada mesin penepung limbah ikan karena beban kerja yang tidak konstan dapat menyebabkan perubahan torsi secara tiba-tiba. *V-belt* juga memiliki sifat elastis yang mampu meredam getaran dan kejutan beban, sehingga komponen mesin lebih awet dan kerja mesin menjadi lebih stabil. Bentuk komponen *V-belt* dan *pulley* dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 14 *Pulley* dan *V-Belt*

http://id.made-in-china.com/co_sjzhspt/product_Electric-Motor-System-V-Belt-Pulley-Spb_ysiiirgsy.html

Pulley berfungsi sebagai media pemindah putaran yang dipasang pada poros motor dan poros penggiling. Perbedaan diameter *pulley* pada poros penggerak dan poros yang digerakkan dimanfaatkan untuk mengatur perbandingan putaran (rasio transmisi). Dengan pengaturan rasio *pulley* yang tepat, putaran motor yang relatif tinggi dapat diturunkan sehingga sesuai dengan kebutuhan kerja *disc mill*, sekaligus meningkatkan torsi yang dibutuhkan untuk proses penghancuran limbah ikan. Sistem transmisi ini dipilih karena memiliki konstruksi yang sederhana, mudah

dipasang, serta mampu bekerja dengan baik pada kondisi beban yang relatif fluktuatif, seperti yang terjadi pada proses penepungan limbah ikan.

a) Perhitungan Perbandingan Transmisi *Pulley* (i) (Sularso and Suga, 2004)

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_p}{d_p} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

d_p = Diameter *Pulley* 1 (mm)

D_p = Diameter *Pulley* 2 (mm)

n_1 = Putaran *Pulley* penggerak (rpm)

n_2 = Putaran *Pulley* yang digerakkan (rpm)

b) Menentukan panjang sabuk

$$C = \pi (R_1 + R_2) + 2x + \frac{(R_2 - R_1)^2}{x} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

R_1 = Jari-jari *pulley* penggerak (mm) = 50 mm

R_2 = Jari-jari *pulley* yang digerakkan (mm) = 73 mm

x = Jarak antar kedua *pulley* (mm) = 450 mm

L = Panjang *V-Belt* (mm)

c) Kecepatan Linier Sabuk-V (v) (Sularso and Suga, 2004)

$$v_c = \frac{\pi \times D_p \times n_1}{60} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan:

v_c = Kecepatan sabuk (m/s)

D_p = Diameter *pulley* penggerak (m) = 0,01 m

n_1 = Kecepatan *pulley* penggerak (rpm) = 2460 rpm

d) Menghitung gaya tarik efektif (Sularso and Suga, 2004)

Keterangan:

$$F_{rated} = \frac{102 \times Pd}{v} \dots\dots\dots (2.13)$$

F_{rated} = Gaya tarik efektif (N)

Pd = Daya perencanaan (kW)

v = Kecepatan keliling (m/s)

2.9.3 Transmisi Roda Gigi

Sistem transmisi roda gigi adalah sistem pemindahan tenaga mekanik dari mesin penggerak ke mesin kerja menggunakan pasangan roda gigi (*gear*) yang saling bersinggungan langsung. Tenaga putar dari poros penggerak ditransmisikan ke poros *disc mill* melalui kontak gigi-gigi roda *gear*, sehingga menghasilkan putaran dengan torsi dan kecepatan yang sesuai. Pada mesin pembuat tepung limbah ikan, transmisi roda gigi berperan dalam menyalurkan daya ke poros penggiling apabila dibutuhkan rasio putaran yang tetap dan torsi yang besar. Bentuk transmisi roda gigi ditampilkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 15 Transmisi roda gigi

<https://teknikmesinmanufaktur.blogspot.com/2020/04/kelebihan-dan-kekurangan-transmisi-roda-gigi.html>

Sistem transmisi roda gigi bekerja berdasarkan kontak positif antar gigi, sehingga mampu mentransmisikan daya tanpa slip dan dengan tingkat ketelitian putaran yang tinggi. Jenis roda gigi yang umum digunakan antara lain roda gigi lurus, roda gigi heliks, dan roda gigi bevel, yang pemilihannya disesuaikan dengan arah dan posisi poros yang dihubungkan.

2.10 Macam-macam Jenis *Hopper*

2.10.1 *Hopper* Kerucut

Hopper kerucut adalah komponen berbentuk corong dengan desain mengerucut ke bawah yang berfungsi sebagai penampung dan pengarah bahan baku sebelum masuk ke dalam ruang giling mesin *disc mill*. Bentuk kerucut ini membantu material mengalir ke bawah secara gravitasi dengan lancar menuju bagian penggiling. *Hopper* kerucut juga salah satu jenis *hopper* yang umum digunakan seperti pada Gambar 2.15.



Gambar 2. 16 *Hopper* kerucut

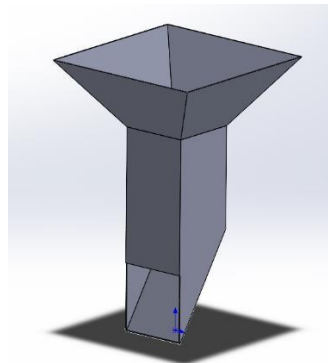
https://id.made-in-china.com/co_ezotank/product_Stainless-Steel-Industrial

Hopper berbentuk kerucut memiliki keterbatasan dari sisi kapasitas tampung karena bentuknya yang menyempit ke arah bawah menyebabkan volume efektif menjadi lebih kecil dibandingkan *hopper* persegi dengan dimensi tinggi

yang sama. Pada pengolahan limbah ikan, kondisi ini kurang menguntungkan karena bahan baku sering diproses secara *batch* dan membutuhkan ruang penampung yang cukup besar sebelum proses penepungan dimulai.

2.10.2 *Hopper* Persegi atau Piramida

Hopper persegi atau piramida adalah corong untuk memasukkan bahan baku yang memiliki bentuk dasar segi empat (persegi) dan menyempit ke bawah menyerupai piramida terbalik. *Hopper* jenis ini digunakan pada mesin *disc mill* untuk menampung dan mengarahkan bahan baku (seperti limbah ikan kering) secara gravitasi ke ruang penggiling. Desain *hopper* persegi dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2. 17 *Hopper* persegi

Hopper ini umumnya dirancang dengan dinding vertikal atau sedikit miring, sehingga bahan baku ditampung dalam volume yang relatif besar sebelum dialirkan ke bagian bawah *hopper* menuju mesin penggiling. Dari sisi konstruksi, *hopper* persegi relatif mudah dibuat karena hanya memerlukan pemotongan dan pengelasan plat logam tanpa proses pembentukan lengkung. Hal ini menjadikan *hopper* persegi lebih ekonomis dan sederhana dari segi fabrikasi.

Hopper berbentuk persegi dapat dianggap lebih baik dibandingkan *hopper* kerucut apabila ditinjau dari aspek kapasitas, kemudahan fabrikasi, dan fleksibilitas

desain. Bentuk persegi memungkinkan pemanfaatan volume ruang secara lebih maksimal karena seluruh penampang dapat digunakan sebagai ruang penampung bahan. Hal ini sangat menguntungkan ketika mesin dioperasikan dengan sistem pengumpanan *batch* atau membutuhkan penampungan bahan baku dalam jumlah relatif besar sebelum proses penggilingan dimulai.

2.10.3 Hopper Bergetar

Hopper bergetar adalah jenis *hopper* (corong pemasukkan bahan) yang dilengkapi dengan mekanisme getaran (*vibrator*) untuk membantu mengalirkan bahan baku secara lancar dan teratur ke dalam ruang giling mesin *disc mill*. Getaran ini biasanya dihasilkan oleh motor vibrator atau sistem eksentrik yang dipasang pada dinding *hopper*. Bentuk *hopper* getar diperlihatkan pada Gambar 2.17.



Gambar 2. 18 *Hopper* getar

https://id.made-in-china.com/co_zoneding/product_Coal-Vibrating-Hopper-Feeder

Penggunaan *hopper* bergetar juga memberikan keuntungan dalam menjaga kontinuitas proses, terutama pada pengoperasian jangka panjang atau kapasitas produksi yang lebih besar. Aliran bahan yang stabil mengurangi kebutuhan intervensi manual oleh operator, sehingga meningkatkan keselamatan kerja dan efisiensi operasional. Selain itu, *hopper* bergetar memungkinkan pengaturan laju aliran bahan melalui pengaturan intensitas getaran, sehingga dapat disesuaikan dengan kapasitas mesin penggiling.

Namun demikian, *hopper* bergetar memiliki beberapa keterbatasan, antara lain kebutuhan energi tambahan untuk sistem getar, peningkatan tingkat kebisingan dan getaran pada struktur mesin, serta kompleksitas konstruksi dan perawatan yang lebih tinggi dibandingkan *hopper* statis. Getaran yang berlebihan juga berpotensi memengaruhi kestabilan rangka mesin apabila tidak dirancang dengan baik.

2.11 Macam-Macam Mesh

Mesh mengacu pada jumlah lubang per inci panjang semakin besar angka *mesh*, semakin halus lubangnya. Misalnya, *mesh* 100 lubang lebih kecil daripada *mesh* 80; sehingga partikel yang lolos *mesh* 100 lebih kecil, yaitu $\pm 150 \mu\text{m}$, sedangkan *mesh* 80 adalah $\pm 180 \mu\text{m}$.

2.11.1 Mesh 80

Mesh 80 menghasilkan tepung dengan partikel ukuran sekitar $\pm 180 \mu\text{m}$, lebih kasar dan relatif cepat dalam proses pengayakan.

2.11.2 Mesh 100

Mesh 100 menghasilkan tepung yang lebih halus, yakni sekitar $\pm 150 \mu\text{m}$, membutuhkan waktu penggilingan lebih lama dan potensi penyumbatan saringan lebih tinggi.