

INOVASI TEKNOLOGI PENGHANCUR DAN PENGERING TULANG IKAN *ZERO WASH* DENGAN *ZERO ONE*

Oleh: Hasmawaty. AR, Amiluddin Zahri, Ch. Desi Kusmindari, Rian Defriadi

Abstrak

Inovasi teknologi disesuaikan dengan kondisi usahanya. Inovasi teknologi sangat membantu usaha menengah ke bawah, tetapi tetap teknologinya tepat guna. Contoh usaha/industri yang menggunakan teknologi tepat guna seperti industri makanan dan lainnya. Teknologi yang di inovasi adalah mesin pengering dan penghancur tulang ikan. Hasil inovasi teknologi yang dihasilkan diharapkan dapat disosialisasikan ke beberapa kabupaten yang mempunyai peternakan atau industri pengolahan makanan dari ikan yang ada di Provinsi Sumatera Selatan, khususnya kabupaten yang telah peneliti kunjungi. Hasil analisis; (1) menghasilkan rancangan mesin dalam memanfaatkan limbah tulang ikan menjadi limbah lebih bernilai, yaitu menghasilkan tepung atau bubuk yang dengan cara meredesain gigi pada mesin prototype penghancur, hasilnya sehalus 10mesh.(2) desain mesin prototype yang dihasilkan sesuai dengan standar ergonomis untuk pekerja sebagai operator. (3) menghasilkan usulan dimensi mesin prototype dari 3 alternative, yaitu bahan desain besi, dimensi 100x80x150)cm, tenaga penggerak menggunakan tenaga listrik, pengoperasiannya otomatis, umur teknis usia > 7 tahun, kerangka kaki berbentuk persegi, dan perawatan mesinnya mudah.

Kata kunci: *Nordic body map, morphological, zero one, dan zero wash.*

Abstract

Technology innovation is adjusted with the bussiness condition. The Technology innovation is not only giving the sponsorship to the middle-class, but also it's appropriate. One of the example of the industry that is using the appropriate technology is food industry. The inovated technology is dryer and fish bone crusher machine. The result it self is expected to be able sosialized to many districts that own the stock raising or industry which processing food from fish in Province of South Sumatera, especially in the district where the author had visited before. Analytical results; (1) To produce the machine design which can utilize and change fish bone waste to be a more valuable waste, like flour or powder which redesigns the prototype machine into as smooth as 10 mesh, (2) The prototype machine design is suitable with the ergonomic standard for worker as an operator, (3) To produce the proposal of prototype machine from 3 alternatives, by using iron-based design with dimension 100x80x50 cm, using electrical power which automatically operated, technically more than 7 years, squared-framework in shape, and easy handling in maintainance.

Keywords: Nordic body map, morphological, zero one, and zero wash.

A. PENDAHULUAN

Teknologi penghancur bahan menjadi bubuk adalah salah satu kreativitas dalam menciptakan teknologi yang baru, yaitu peralihan dari teknologi manual dengan cara ditumbuk dengan alat yang disebut lesung menjadi teknologi yang lebih canggih atau dikatakan modern yaitu menggunakan mesin.

Mesin prototype seperti penghancur bahansudah banyak dijual ditoko-toko mesin, namun teknologi mesin belum diperhitungkan kenyamanan dan kesehatan pemakai atau pengguna mesin tersebut. Karena banyak keluhan dari pengguna mesin penghancur bahan yang dipakai secara kontinyu, maka peneliti menganalisis mesin yang ada dan menginovasi teknologi mesinnya menjadi lebih manusiawi dengan cara memperhitungkan ergonomik dari mesin tersebut.

Inovasi teknologi mesin penghancur bahan ini adalah diperuntukan untuk menghancurkan tulang ikan. Selama ini tulang ikan dibuang dan menjadi limbah yang merusak lingkungan, karena tersebar di beberapa tempat menjadi tumpukan tulang ikan yang disebut sampah. Sampah ini berasal dari sisa suatu industri yang memproduksi makanan dari ikan. Limbah dari industri yang non kimia ini jika tidak di efektifkan proses pengolahan limbahnya akan berubah menjadi industri kimia. Hasmawaty (2017).

Sampai sekarang belum ada industri atau kelompok masyarakat yang memanfaatkan limbah tulang ikan menjadi bahan makanan yang lebih bernilai. Belum adanya peneliti untuk menganalisis teknologi penghancur tulang ikan menjadi bubuk tulang ikan,

sehingga bubuk dari tulang ikan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat atau pengusaha yang memproduksi bahan makanan ikan.

Proses produksi yang tidak menyisakan limbah dari bahan yang dipakai, maka dapat dikatakan teknologinya adalah zero wash, suatu istilah untuk teknologi yang ramah lingkungan, artinya limbah dari produksi yang dikeluarkan limit mendekati nol (0), Hasmawaty (2015).

Contoh produksi yang zero wash seperti pembuatan sambal dari bahan baku ikan. Sambal yang diproduksi berkualitas tinggi karena daging ikan mengandung protein tinggi dan tulang ikan mengandung kalsium yang tinggi pula. Sehingga sambal dari bahan baku ikan dapat direfrensikan pada semua kalangan umur, karena tulang ikan yang tinggi kalsium dijadikan bahan campuran dalam pembuatan sambal.

Penelitian ini mengembangkan produk prototype penghancur tulang ikan patin, sebagai inovasi makanan kaleng seperti sambal ikan patin salai dalam kaleng, dan hasilnya menunjukkan bahwa produk sambal ini dalam kaleng dapat dikembangkan menjadi produk unggulan baru dari suatu daerah yang berpotensi membudi dayakan ternak ikan patin, yang dapat diterapkan dalam skala Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM).

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah “bagaimana menganalisis suatu prototype mesin penghancur tulang yang menghasilkan bubuk tulang dengan aspek ergonomic”. Metode yang digunakan *zero-one*. Tujuannya adalah menganalisis dengan menginovasi prototype mesin penghancur tulang yang ada, menjadi proto type mesin

penghancur tulang ikan zero wash yaitu tulang ikan yang dihancurkan menjadi bubuk halus, dan mesin diperhitungkan untuk mengurangi keluhan akibat cedera *musculoskeletal* dari tenaga kerja yang menggunakan mesin dijual di toko-toko mesin yang tidak ergonomis.

Manfaat penelitian menghasilkan inovasi teknologi untuk pengusaha/masyarakat didaerah yang berpotensi budidaya ikan patin, khususnya pengembangan bisnis sambal ikan salai yang ramah lingkungan dan aman untuk kesehatan pekerja (pengguna mesin), juga produksi sambalnya sehat untuk konsumen.

Analisis mesin penghancur/penghalus tulang ikan menjadi bubuk, diawali mengganti pisau-pisau pada alat penghancur yang lebih rapat dan tajam, tujuannya tulang ikan akan menjadi halus. Kemudian dianalisis dengan menggunakan pendekatan *Nordic Body Map (NBM)*, tujuannya untuk mengidentifikasi keluhan yang terjadi pada tubuh operator, sehingga diperoleh suatu posisi kerja yang Efektif, Nyaman, Aman, Sehat, Efisien (ENASE).

Sedangkan fungsi metode *morphological chart* yang digunakan peneliti dapat memberikan desain usulan perbaikan dan alternatif-alternatif yang dibutuhkan operator, Widodo. 2003.

B. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian bersifat pengembangan yaitu menginovasi prototype mesin penghancur tulang yang telah ada (Gambar 1), dengan cara mendesain mesin disk mill. Mesin akan dijadikan referensi untuk mesin penghancur tulang yang ergonomis, dengan produksi

bubuk tulang halus dengan ukuran butur tulang menjadi 18mesh.

Tahapan-tahapan yang dilakukan diantaranya; (1) desain gigi/pisau mesin disk mill Gambar 1, menjadi lebih kecil untuk menghasilkan bubuk tulang ikan dengan ukuran 18mesh. (2) analisis posisi kerja untuk mengurangi cedera *musculoskeletal* dengan pendekatan *NBM*. (3) desain mesin disk mill Gambar 1, dengan usulan perbaikan untuk kebutuhan operator dengan metode *morphological chart*.

Data yang diperlukan untuk penghancur/penghalus tulang ikan adalah (1) mesin yang akan dijadikan sample untuk didesain ulang adalah gigi/pisaunya seperti Gambar 1. (Santoso dkk, 2016). (2) tulang ikan yang diproduksi dalam keadaan telah dikeringkan terlebih dahulu. (3) pekerja operator mesin disk mill (dalam hal ini untuk penghancur/penghalus tulang ikan) dari Toko Buana Pasar Sekanak Jl. Sekanak Palembang.

Data yang diperlukan adalah data antropometri diperlukan untuk menentukan ukuran dimensi mesin *disk mill*. (4) data antropometri yang dikumpulkan adalah data tinggi badan dalam posisi berdiri, tinggi mata dalam posisi berdiri dan jangkauan tangan, berdasarkan uji kecukupan data yang telah dilakukan, maka hanya diperlukan beberapa data saja.

Berikut ini atribut Kriteria Mesin Disk Mill (KMDM) lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data KMDM

Kriteria	Uraian
Bahan	Dasar pertimbangan atribut ini adalah desain terbuat dari bahan yang baik untuk mesin dan mudah didapat.
Desain	
Dimensi	Dasar pertimbangan atribut ini adalah yang sesuai dengan

	pengguna mesin tersebut, dimana penggunaan mesin tersebut dengan posisi berdiri.
Tenaga Penggerak	Dasar pertimbangan atribut ini adalah tenaga penggerak yang sesuai dengan mesin <i>disk mill</i> karena dalam hal ini mesin tersebut digunakan untuk membuat makanan.
Mudah Pengoperasian	Dasar pertimbangan atribut ini adalah pengopresian yang mudah dan tidak memerlukan tenaga manusia yang berlebihan.
Umur Teknis	Dasar pertimbangan atribut ini adalah dengan umur teknis yang lama akan memberikan keuntungan bagi pengguna.
Kerangka Kaki	Dasar pertimbangan atribut ini adalah dengan kerangka kaki yang sesuai dengan mesin maka akan memudahkan dalam pembuatan kerupuk tersebut.
Perawatan	Dasar pertimbangan atribut ini adalah dengan perawatan yang mudah sehingga pengguna tidak merasa tidak kesulitan dalam merawat mesin tersebut.

Sumber: Ginting, 2009

Desain mesin disk mill yang akan dijadikan referensi lihat Gambar 1(a), sedangkan alat pengering (*pre-heating*) Gambar 1(b).



Sumber: Santoso dkk, 2016

(a)

(b)

Gambar.1 (a) Desain Mesin Disk Mill dan (b) Alat Pengering (*Pre-Heating*)

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Perancangan Mesin Pengering dan Penghancur

Mesin disk mill penghancur tulang ikan yang dipakai dengan gigi/pisau disk mill seperti Gambar 1 (a), Santoso dkk (2016) didesain gigi/pisaunya dengan dibuat lebih rapat

Sehingga tulang ikan dihasilkan benar-benar halus dan aman untuk dikonsumsi seperti Gambar 2.



Gambar 2. Bubuk Tulang Ikan

Penelitian pembuatan *prototype* mesin untuk pemanfaatan tulang ikan sebagai salah satu bahan baku pembuatan sambal, dilakukan dengan cara fisik yaitu membuat unit-unit mesin yang ergonomi.

Desain mesin penghalus dengan diameter 15 cm yang terbuat dari baja, dan tinggi *body* 90 cm. Sedangkan bahan yang digunakan terdiri dari; besi siku 50 mm, plat Tebal 2-3 mm, kisaran, bearing kodok, As penghubung.

Tulang ikan yang telah dipisahkan dari dagingnya dicuci bersih kemudian dikeringkan dengan alat pengering (*pre-heating*). Sedangkan pembuatan proto typenya dengan bahan yang dipakai menurut Santoso dkk, 2016 diantaranya; plat tebal 2 mm, besi siku 20 mm, pisau, *puly*, *belt*, *bearing*, UNP50, besi 4 mm, motor penggerak Honda 6-8 pk, kawat las RB 26, cat dan dempul.

Setelah melewati mesin cacah ini ukuran tulang menjadi kecil, ukuran yang dihasilkan

kurang lebih 2 sampai 2,5 cm. Tulang ikan tersebut dikeringkan pada alat pengering (*pre-heating*) selama kurang lebih 30menit, lamanya pengeringan ini tergantung dengan kondisi kandungan air pada tulang, sedangkan temperatur sekitar 60-70⁰C.

Pengering didesain dua tingkat seperti oven pengering kue, dimana api dibuat dua tempat diatas dan dibawah tujuannya untuk mempercepat pengeringan tulang ikan tersebut.

Ukuran alat pengering didesain dengan panjang 80 cm, lebar 80 cm, dan tinggi 150 cm, dan piring yang terbuat dari nampan stenis untuk menyusun tulang ikan yang akan dikeringkan dibuat dengan ukuran 75 x 75 cm dengan tinggi 12 cm.

Bahan pembuatan rangka alat pengering terbuat dari terdiri plat dengan tebal 2-3 mm, sebagai tungku pemanas pengering adalah tabung gas elpigi, alat pengeringnya seperti Gambar 1 (b) yang direnovasi ukurannya saja karena disesuaikan kebutuhan banyaknya tulang ikan yang akan dikeringkan setiap kali pekerjaan.

Tulang ikan setelah dikeringkan sedikit lebih getas sehingga lebih mudah dihancurkan. Tulang ikan akan dimanfaatkan untuk bahan baku campuran pembuatan sambal ikan salai, maka hasil pengeringan tulang ikan ini perlu dihaluskan lagi.

Mesin penghancur atau penghalus dibuat dengan menggunakan motor penggerak Honda 6-8 pk, sebagai bahan pembantunya adalah menggunakan kawat las dengan RB 26, menggunakan dempul kemudian cat untuk ketahanan rangka mesin penghancur dari korosi. (Ulrich dkk, 2003).

Desain mesin penghancur/penghalus ini menghasilkan serbuk yang jauh lebih halus

dengan ukuran kurang lebih 1 sampai 2 milimeter, tujuan penghalusan ini untuk menghasilkan bahan baku sambal ikan salai yang lebih efektif dan efisien dalam proses pembuatan sambalnya. Bubuk tulang ikan tersebut adalah bahan baku yang halus akan menyatu dengan daging ikan yang dihaluskan secara bersama-sama.

Pencampuran akan lebih menghemat waktu pengadukan juga lebih cepat menjadi kalis. Bentuk mesin penghancur/penghalus dan bubuk tulang ikan yang telah dihaluskan dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

2. Proses Pengering dan Penghancur Tulang

Tulang ikan yang dipakai untuk sampel dalam pembuatan sambal ikan salai adalah tulang dari ikan patin. Kandungan yang ada pada tulang ikan patin kurang lebih sama dengan kebanyakan tulang yang lainnya yaitu mengandung kalsium, protein, lemak , serat dan abu.

Tulang yang paling baik untuk dijadikan bubuk atau tepung adalah tulang yang mempunyai tekstur kasar seperti tulang ikan selain banyak mengandung gizi dan proses penghalusannya sangat mudah, biayanya juga cukup murah jika dibandingkan dengan tulang yang besar, karena tulang ikan proses pengecilannya cukup sederhana.

Beberapa alat penghancur untuk tulang ikan yang akan dijadikan tepung tulang dengan mesin penghancur tulang dengan bahan aluminium atau *stanless steel*, diantaranya:

- a. Mangkok dari stanles untuk menampung tulang beserta kepala ikan yang sudah dipotong-potong.

- b. Piring nampan dari stanles untuk menampung bubuk tulang dan kepala ikan yang halus seperti tepung.
- c. Mesin penghancur tulang dengan ukuran (100x80x150) cm, dengan daya 7.500 Watt dan tegangan 380 voltage. Kapasitas mesin yang dapat menghasilkan tepung tulang ikan mencapai rata-rata 350kg/jam.
- d. Wadah untuk perendaman tulang ikan yang telah dikeringkan di dalam oven dengan larutan kapur sebanyak 10% dengan air panas.
- e. Alat pencuci dengan menggunakan aquades atau air bersih.
- f. Alat pengeringan dan penghancur tulang ikan.

Beberapa bahan yang diperlukan :

- a. Tulang ikan dan kepala ikan patin
- b. Larutan kapur 10 %
- c. Aquades atau air bersih.

Cara membuat tepung tulang:

- a. Diawali dengan memisahkan tulang ikan dari dagingnya, kemudian setelah tulangnya bersih dipotong kecil-kecil dengan ukuran ± 10 cm.
- b. Tulang yang berukuran lebih kecil ± 10 cm, direndam dalam lauran air kapur $\pm 10\%$ selama $\pm 2-4$ hari, lalu cuci dengan menggunakan air aquades.
- c. Proses pengeringan sampai kadar air pada tulang hanya ± 5 %, pengeringan tulang bisa dilakukan dengan menggunakan oven Gambar 1(b) dengansuhu 60°C selama 2jam, Lalu dengan suhu 70°C selama 2 jam dan terakhir dengan suhu 100°C selama 3 jam. Bisa juga

menggunakan sinar matahariapa bila dimusim panas.

- d. Proses selanjutnya menghaluskan tulang hingga menjadi bubukberukuran 10 mesh seperti pada Gambar 2. Pekerjaannya dimulai dengan tulang yang sudah berukuran ± 10 cm, kemudian dimasukkan ke dalam mesin penghancur/penghalus tulang, hingga tulang tadi menjadi ukuran lebih kecil menjadi bubuk.
- e. Bubuk tulang ikan dikeringkan lagi hingga benar-benar kering lalu siap dipakai, atau dibungkus (*packing*) jika mau dijual.

3. Analisis *Anthropometry*

Analisis posisi kerja untuk mengurangi cedera *musculoskeletal* dengan pendekatan NBM. Mengetahui apakah data yang diperoleh cukup atau tidak maka menurut (Yassierli, 2014) akan dilakukan uji kecukupan data seperti tinggi badan dan tinggi mata dalam posisi berdiri, dengan cara mengetahui apakah data yang dikumpulkan sudah cukup atau belum maka dilakukan uji kecukupan data dengan tingkat ketelitian 5% dan tingkat kepercayaan 95%.

Berdasarkan hasil dari uji kecukupan data tinggi badan dalam posisi berdiri menunjukkan nilai dari N' adalah $1,75 \approx 2$ sedangkan niali N adalah 10, dari hasil tersebut maka data yang dikumpulkan cukup karena $N' \leq N$.

Mengetahui apakah data yang dikumpulkan sudah cukup atau belum maka dilakukan uji kecukupan data jangkauan tangan, dengan tingkat ketelitian 5% dan tingkat kepercayaan 95%.

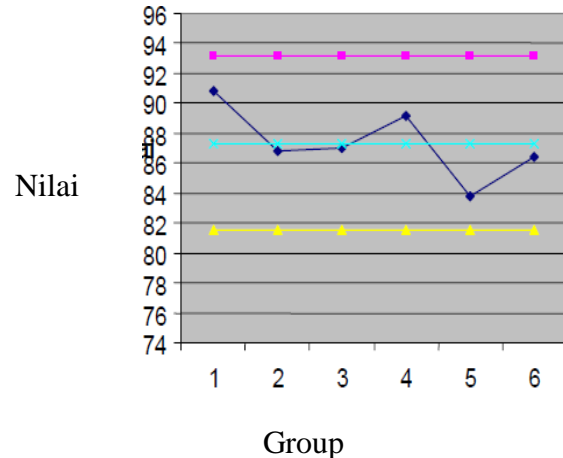
Berdasarkan hasil dari uji kecukupan data tinggi badan dalam posisi berdiri menunjukkan nilai dari N' adalah 0,19 sedangkan nilai N adalah 10, dari hasil tersebut maka data yang dikumpulkan cukup karena $N' \leq N$.

Tabel 2. Rekap Uji Kecukupan Data

Uji Kecukupan Data	N	N'	Keterangan
Tinggi badan dalam posisi berdiri	10	1,47	Cukup
Tinggi mata dalam posisi berdiri	10	1,75	Cukup
Jangkauan tangan	10	0,19	Cukup

Mengetahui apakah data yang diperoleh sudah seragam atau belum maka akan dilakukan uji keseragaman data tinggi badan dalam posisi berdiri ini penulis akan menghitung rata-rata, menghitung standar deviasi, menghitung batas kontrol atas dan menghitung batas kontrol bawah.

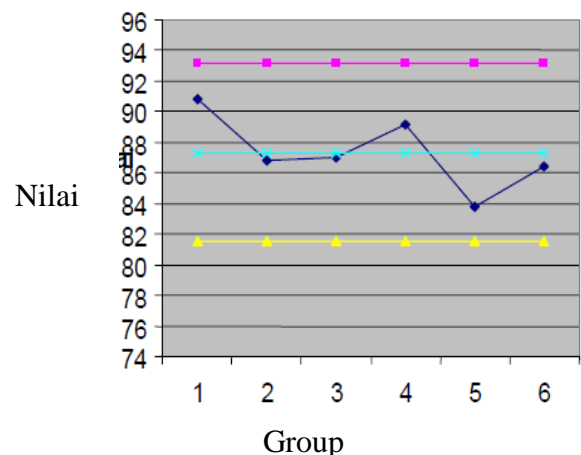
Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat Gambar 2, dengan garis vertical adalah nilai dan garis horizontal adalah sub grup. Keterangan hasil analisis menyatakan garis warna merah adalah nilai kondisi BKA, garis warna kuning adalah nilai kondisi BKB, sedangkan garis warna biru muda adalah nilai kondisi rata-rata group, dan garis warna biru tua yang berfluktuasi adalah nilai kondisi data keseragaman.



Gambar.3. Data Tinggi Badan Saat Berdiri

Berdasarkan hasil uji keseragaman data dan grafik diatas maka data yang diperoleh telah seragam karena tidak ada data yang keluar dari batas kontrol.

Dalam uji keseragaman data tinggi mata dalam posisi berdiri ini penulis akan menghitung rata-rata, menghitung standar deviasi, menghitung batas kontrol atas dan menghitung batas kontrol bawah. Hasil perhitungan data keseragaman dapat dilihat Grafik 3.



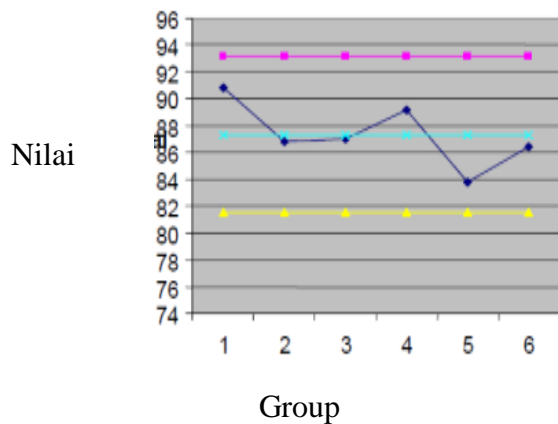
Gambar 4. Data Tinggi Mata Saat Berdiri

Berdasarkan hasil uji keseragaman data dan grafik diatas maka data yang

diperoleh telah seragam karena tidak ada data yang keluar dari batas kontrol.

Dalam uji keseragaman data jangkauan tangan ini dengan menghitung rata-rata, menghitung standar deviasi, menghitung batas kontrol atas dan menghitung batas kontrol bawah.

Hasil perhitungan ke empat tersebut dapat dibuatkan kedalam grafik yaitu data keseragaman untuk jangkauan tangan dapat dilihat Gambar 5.



Gambar 5. Data Jangkauan Tangan

Berdasarkan hasil uji keseragaman data dan grafik diatas maka data yang diperoleh telah seragam karena tidak ada data yang keluar dari batas kontrol.

Tabel 3. Keseragaman Data

Uji Keragaman Data	BKA	BKB	□	Keterangan
Tinggi badan dalam posisi berdiri	253,53	81,27	167,4	Seragam
Tinggi mata dalam posisi berdiri	245,99	67,01	156,5	Seragam
Jangkauan tangan	82,27	76,93	79,8	Seragam

4. Hasil Perhitungan Persentil

Berdasarkan hasil perhitungan persentil untuk tinggi badan dalam posisi berdiri, persentil untuk tinggi mata dalam posisi berdiri dan persentil untuk jangkauan tangan

berdasarkan teori dari Yassierli, 2014, maka didapat hasil perhitungan persentil untuk kasus ini sebagai berikut :

- 1) Perhitungan persentil tinggi badan dalam posisi berdiri yaitu sebesar P5 = 120,17, P50 = 167,4, dan P95 = 214,63.
- 2) Perhitungan persentil tinggi mata dalam posisi berdiri yaitu sebesar P5 = 107,43, P50 = 156,5, dan P95 = 205,57.
- 3) Perhitungan persentil jangkauan tangan yaitu sebesar P5 = 78,34, P50 = 79,8, dan P95 = 81,26

5. Analisis Menggunakan Metode Zero-One

Metode ini digunakan untuk menentukan alternatif-alternatif untuk mendesain kerangka mesin disk mill. Untuk memaksimalkan produktivitas operator.

Menghitung *zero-one* maka ada 3 alternatif dalam metode ini, alternatif tersebut dapat dilihat dari Tabel 4.

Tabel 4. Alternatif Solusi Akan Dicapai

Kriteria	Alternatif		
	1	2	3
Bahan Desain	Besi	Besi	Aluminium
Dimensi	(100x80x150)cm	(170x60x170)cm	(150x90x170)cm
Tenaga Penggerak	Listrik	Tenaga manusia	Bahan Bakar
Mudah Pengoperasian	Otomatis	Manual	Semi Otomatis
Umur Teknis	< 4 tahun	4 tahun - 7 tahun	>7 tahun
Kerangka kaki	Persegi	Bulat	Persegi Panjang
Perawatan	Sedikit susah	Mudah	Susah

Sumber: Sritomo, 2003

Tabel 4 digunakan untuk mendapatkan alternatif yang terbaik maka digunakan *zero-one method*. Solusi yang mungkin

diterapkan dari 3 alternatif bahan rangka dengan menggunakan *zero-one* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 . Alternatif *Zero-One*

Altternatif	Pilihan		
1	1 < 2	3 = 1	
2	2 > 1	2 > 3	
3	1 = 3	3 < 2	

Langkah-langkah yang diperhitungkan diantaranya:

a. Bahan Desain

Berdasarkan pilihan diatas maka dapat ditentukan indeks *zero-one* untuk bahan desain. Nilai *zero-one indeksi* untuk bahan desain dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. *Zero-One* Bahan Desain

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	X	0	0,5	0,5	0,17
2	1	X	1	2	0,67
3	0,5	0	X	0,5	0,17

b. Dimensi

Sedangkan untuk menentukan indeks *zero-one* untuk dimensi lihat Tabel 7.

Tabel 7. *Zero-One* Dimensi

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	X	1	0,5	1,5	0,5
2	0	X	0,5	0,5	0,17
3	0,5	0,5	X	1	0,33

c. Tenaga Penggerak

Solusi yang mungkin diterapkan dari 3 alternatif untuk tenaga penggerak dengan menggunakan *zero-one* lihat Tabel 8.

Tabel 8. *Zero-One* Tenaga Penggerak

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	X	0	0,5	0,5	0,17
2	1	X	1	2	0,67
3	0,5	0	X	0,5	0,17

d. Mudah Pengoperasian

Solusi yang mungkin diterapkan dari 3 alternatif untuk mudah pengoperasian dengan menggunakan *zero-one* dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. *Zero-One* Mempermudah Pengoperasian

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	X	1	0,5	1,5	0,5
2	0	X	0,5	0,5	0,17
3	0,5	0,5	X	1	0,33

e. Umur Teknis

Solusi yang mungkin diterapkan dari 3 alternatif untuk umur teknis dengan menggunakan *zero-one* lihat Tabel 10.

Tabel 10. *Zero-One* Umur Teknis

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	X	0,5	0	0,5	0,17
2	0,5	X	0	0,5	0,17
3	1	1	X	2	0,67

f. Kerangka Kaki

Solusi yang mungkin diterapkan dari 3 alternatif untuk kerangka kaki dengan menggunakan *zero-one* lihat Tabel 11.

Tabel 11. *Zero-One* Kerangka kaki

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
------------	---	---	---	--------	--------

1	X	0	0,5	0,5	0,17
2	1	X	1	2	0,67
3	0,5	0	X	0,5	0,17

g. Perawatan

Solusi yang mungkin diterapkan dari 3 alternatif untuk perawatan dengan menggunakan *zero-one* lihat Tabel 12.

Tabel 12. *Zero-One* Perawatan

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	X	0	0,5	0,5	0,17
2	1	X	1	2	0,67
3	0,5	0	X	0,5	0,17

Setelah dilakukan pengolahan data dengan metode *zero-one*, maka untuk mengambil keputusan dari beberapa alternatif desain dengan hasil sebagai berikut; untuk alternatif 1 = 0,61, untuk alternatif 2 = 2,39, dan untuk alternatif 1 = 3,57

5. Analisis *Morphological Chart*

Desain mesin disk mill Gambar 1 tujuannya untuk kebutuhan operator dengan menganalisis *morphological chart*.

Tahapannya dengan membuat tabel ciri atau fungsi yang perlu dari suatu produk: (1). Daftar fungsi yang perlu dari produk mesin *disk mill* diantaranya *fungsi*, *human error*, perawatan dan *reliabel*. (2) Membuat cara-cara untuk mencapai fungsi-fungsi yang perlu tersebut.

Cara mencapai masing-masing fungsi tersebut dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13 Cara Mencapai Fungsi Produk Mesin *Disk Mill*

Fungsi	Cara Mencapai Fungsi
Fungsional	Bahan, dimensi, kerangka
<i>Human Factor</i>	Mudah pengoperasian
Perawatan	Perawatan
Reliabel	Tenaga penggerak, umur teknis

Membuat *morphological chart* tujuannya untuk memperlihatkan solusi rancangan yang mungkin diterapkan. *Morphological chart* dari produk mesin *disk mill* ini ditampilkan dalam bentuk matriks 7 x 3. Angka 7 adalah fungsi yang harus dicapai dan angka 3 adalah alternatif yang mungkin diterapkan.

Morphological chart dari mesin *disk mill* ini dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. *Morphological Chart* Produk Mesin *Disk Mill*

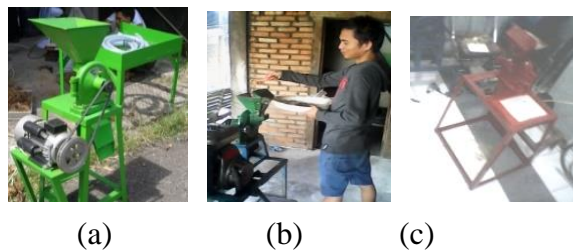
Kriteria	Cara Mencapai Fungsi		
	1	2	3
Bahan	Baja	Besi	Aluminium
Desain	(100x80x150)	(170x60x170)	(150x90x170)cm
Dimensi	cm	cm	cm
Tenaga Penggerak	Tenaga Manusia	Listrik	Bahan Bakar Minyak
Mudah Pengoperasian	Otomatis	Manual	Semi Otomatis
Umur Teknis	< 4 tahun	4 tahun-7 tahun	>7 tahun
Kerangka kaki	Bulat	Persgi	Persegi Panjang
Perawatan	Sedikit susah	Mudah	Susah

Mengidentifikasi kombinasi solusi rancangan yang dapat diterapkan adalah kombinasi diidentifikasi dari seluruh solusi rancangan yang mungkin di terapkan. Berdasarkan hasil dari *zero-one* diatas maka kombinasi yang akan diterapkan dari solusi rancangan untuk mesin *disk mill* dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Kombinasi Solusi Perancangan Mesin *Disk Mill*

Kriteria	Alternatif		
	1	2	3
Bahan Desain	Baja	Besi	Aluminium
Dimensi	(100x80x150)cm	(170x60x170)cm	150x90x170)cm
Tenaga Penggerak	Tenaga Manusia	Listrik	Bahan Bakar Minyak
Mudah Pengoperasian	Otomatis	Manual	Semi Otomatis
Umur Teknis	< 4 tahun	4 tahun – 7 tahun	>7 tahun
Kerangka kaki	Bulat	Persegi	Persegi Panjang
Perawatan	Sedikit susah	Mudah	Susah

Hasil redesain penghancur tulang yang ditampilkan pada Gambar 6 adalah menginovasi alat penghancur tulang dari alat yang dijual di Toko Buana Gambar 6 (b) dengan merubah gigi/alat penghancur yang didesain oleh Santoso dkk (2016) seperti Gambar 6 (a) menjadi mesin penghancur tulang yang sudah diredesign seperti pada Gambar 6 (c) yang ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Redesain Penghancur Tulang Ikan

Dari hasil pengolahan data pada *zero-one method* dan *morphological chart method* bahwa dari 3 alternatif yang ada, alternatif yang dominan dipilih oleh para ahli adalah alternatif 2 yaitu :

- a. Bahan desain yang terbuat dari besi

- b. Dimensi mesin dengan ukuran 100 cm x 80 cm x 150 cm
- c. Tenaga penggerak dengan menggunakan tenaga listrik
- d. Pengoperasian dengan cara otomatis
- e. Umur teknis yang mempunyai usia > 7 tahun
- f. Kerangka kaki yang berbentuk persegi.
- g. Perawatan yang dikehendaki yaitu perawatan yang mudah.

Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin dirujuk dari buku karangan Suga, 2008.

Tabel 16. Hasil *Zero-One Method* dan *Morphological Chart Method*

Gambar	Keterangan
	Bahan Desain Besi Dimensi mesin dengan ukuran 100 cm x 80 cm x 150 cm Kerangka kaki yang berbentuk persegi.
	Tenaga penggerak dengan menggunakan tenaga listrik Pengoperasian dengan cara otomatis. umur teknis yang mempunyai usia > 7 tahun
	Perawatan yang dikehendaki yaitu perawatan yang mudah

Hasil analisis menyeluruh terhadap operator:

1. Sebelum Redesign
 - a. Operator mempunyai keluhan yang dirasakan selama bekerja seperti

menyebabkan kaki sakit, pembengkakan kaki, varises, kelelahan otot umum, nyeri pinggang serta kekakuan pada leher dan bahu.

- b. Rancangan yang dibuat operator kurang memiliki nilai ergonomis sehingga membuat produktivitas operator menurun.
 - c. Masih menggunakan tangan untuk membawa wadah bahan baku.
2. Sesudah Redesign
- a. Keluhan yang dialami operator tidak lagi terasa karena telah dirancang ulang kerangka mesin disk mill yang lebih tepat ergonomis serta menambahkan kursi operator pada saat mesin beroperasi.
 - b. Dengan menggunakan metode zero one dan morfologi chart dapat menentukan material yang digunakan dengan tepat dan ergonomis untuk operator.
 - c. Disamping mesin disk mill diberikan tempat wadah bahan baku.

Dari hasil redesign yang telah dilakukan diharapkan keluhan yang terjadi pada operator selama ini dapat berkurang dan dapat menunjang kerja operator. Dengan kondisi kerja yang aman, nyaman, efisien, dan efektif operator akan mencapai produktivitas dalam bekerja.

Beberapa perbaikan kondisi kerja operator dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Perbaikan Kondisi Kerja

Sebelum Redesign	Sesudah Redesign	Hasil Analisis
------------------	------------------	----------------

Kerangka mesin yang tidak ergonomis	Kerangka mesin yang tepat dan ergonomis	Sesudah redesign lebih baik
Tidak menggunakan kursi operator	Menggunakan kursi operator	Sesudah redesign lebih baik
Tidak adanya tempat wadah bahan baku	Disamping mesin disk mill diberikan tempat wadah bahan baku.	Sesudah redesign lebih baik
Banyak keluhan operator.	Meminimalisir keluhan fisik operator.	Sesudah redesign lebih baik

Dari tabel diatas dapat dilihat perbaikan kondisi kerja sesudah redesign dan sebelum redesign jauh lebih baik bagi operator dengan menggunakan pendekatan Metode morphology chart.

Simpulan

Hasil penelitian diharapkan dapat disosialisasikan ke beberapa kabupaten yang mempunyai perternakan atau industri pengolahan makanan dari ikan yang ada di Provinsi Sumatera Selatan, khususnya kabupaten yang telah peneliti kunjungi, sehingga:

1. Dapat memanfaatkan hasil perancangan mesin yang telah dibuat ini, di dalam memanfaatkan limbah tulang ikan, menjadi limbah lebih bernilai. Tepung atau bubuk yang diperoleh dari meredesain gigi pada mesin prototype penghancur sehalus 18 mesh.
2. Dengan mesin yang dihasilkan sesuai dengan standar ergonomis untuk pekerja sebagai operator. Perhitungan ergonomis yang dianalisis diantaranya: posisi kerja yang dilakukan oleh pekerja yaitu berdiri tegak pada saat proses penggilingan. Metode kerja mesin yang digunakan operator tidak menimbulkan potensi penyakit

seperti kelelahan dan cedera otot-otot kaki, punggung, kaki dan leher akibat lamanya berdiri secara continue.

3. Menghasilkan usulan dimensi mesin prototype dari 3 alternative, yaitu bahan desain besi, dimensi (100x80x150)cm, tenaga penggerak menggunakan tenaga listrik, pengoperasiannya otomatis, umur teknis usia > 7 tahun, kerangka kaki berbentuk persegi, dan perawatan yang mudah.

Daftar Rujukan

- Hasmawaty, AR. 2015. Pengetahuan Lingkungan (Udara, Air, dan Tanah). ISBN 978-979-078-533-5 Penerbit Dian Rakyat. Cetakan Pertama. Jakarta.
- Hasmawaty, AR, Amiludin Zahri, Budi Santoso, 2016. Pembuatan *Prototype* Mesin Untuk Pemanfaatan Batang Kelapa Sawit dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku *Plup*. Jurnal Kinetik. Vol 7 No 2 Hal 1-50, ISSN 1693-9050.
- Hasmawaty, AR. 2017. Industri Kimia (Macam, Manfaat, Dampak Lingkungan). ISBN 978-978-29-6371-7. Penerbit ANDI. Cetakan Pertama. Yogyakarta.
- Hardianto Iridiastadi, dan Yassierli. 2015. Ergonomi Suatu Pengantar, Penerbit PT Remaja Rosdakarya. Bandung. ISBN.978-979-692-564-3.
- Imam Djati Widodo. 2003. *Perencanaan dan Pengembangan Produk, Produk Planning And Design*. Yogyakarta, Penerbit UII Press Indonesia.
- Rosnani Ginting, 2009, *Perancangan Produk*, Yogyakarta : Graha Ilmu
- Steven D. Eppinger dan Kart T. Ulrich, 2003, *Perancangan dan Pengembangan Produk*, Bandung: Penerbit ITB
- Sularso dan Kyokatsu Suga, 2008, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Jakarta: Pradnya Paramitha,
- Wignjosoebroto, Sritomo, 2003, *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*, Guna Widya Surabaya.