


## **4. PERANCANGAN *PILOT PLANT* MAKANAN RINGAN EKSTRUDAT JAGUNG DENGAN PRINSIP SANITASI / HYGIENE**

### **4.1. Rancangan Mesin dan Peralatan Proses Produksi**

Mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses produksi ekstrudat jagung meliputi 4 tahapan proses yaitu mesin ekstrusi ulir ganda, mesin pemanggang, mesin flavoring, dan mesin pengemas. Keempat mesin tersebut terpilih karena memiliki kelebihan pada tiap-tiap mesinnya daripada mesin lainnya yang ada pada e-commerce, pemilihan ini dilakukan sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan.

Mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses produksi ekstrudat jagung yang pertama adalah mesin ekstrusi yang dapat dilihat pada tabel 4.1., mesin pemanggang dengan merek dagang SBN ini berasal dari China. Pemilihan mesin ini dikarenakan mesin memiliki kelebihan seperti memiliki ulir ganda sehingga memudahkan dalam penggunaan bahan baku yang akan digunakan, memiliki kapasitas produksi sebesar 10-250kg /jam, dan dimensi 2x0.7x1.6 m (pxlxt) dengan ukuran yang tidak terlalu besar sehingga memungkinkan efisiensi lahan. Pemilihan mesin ini didasari dari ukuran rantai produksi agar sesuai dengan mesin yang akan digunakan. Informasi dan spesifikasi dari mesin pemanggangan merek Sunward yang diajukan disajikan pada tabel 4.1., dibawah ini :

**Tabel 4. 1. Informasi Mesin Ekstrusi**

Foto Mesin		
Prinsip Umum	<p>Mesin ini termasuk dalam mesin ekstrusi yang dapat menghasilkan berbagai bentuk ekstrudat dalam waktu yang cepat, proses pengembangan tepung jagung menjadi ekstrudat melalui proses pemanasan dan tekanan dengan menggunakan ulir ganda yang bekerja lebih efisien.</p>	
<b>Informasi Umum</b>		
<i>E-commerce</i>	<a href="http://www.alibaba.com">www.alibaba.com</a>	
<p>Harga          Nama dagang          Minimal order  <i>Supplier</i>          Asal produk          Merek          Nomor model          Sertifikasi          Garansi</p>	<p>Link :  <a href="http://m.alibaba.com/product/60283130171/Best-quality-low-price-lab-twin.html?spm=a2706.7835525.0.0.70d56271lmoSZ&amp;detailProductImg=/s.alicdn.com/@sc01/kf/HTB1GWhBjIj18KJjSppq6xbyVXaB.jpg_220x220.jpg">http://m.alibaba.com/product/60283130171/Best-quality-low-price-lab-twin.html?spm=a2706.7835525.0.0.70d56271lmoSZ&amp;detailProductImg=/s.alicdn.com/@sc01/kf/HTB1GWhBjIj18KJjSppq6xbyVXaB.jpg_220x220.jpg</a>          IDR 14.324880,00 – IDR 286.497.600,00  <i>Best quality low price lab twin screw extruder</i>          1          Jihan Saibainuo Technology Development Co., Ltd.          China          SBN          SYSLG32          CE          1 tahun</p>	
<p>Layanan setelah garansi  <i>After-sales service</i></p>	<p>setelah Layanan pemeliharaan dan perbaikan lapangan  <i>Free spare parts, Engineers available to service machinery overseas</i></p>	
<p>Tegangan          Kondisi  <i>Screw diameter</i> (mm)          Industri Pengguna          Detail Pengemasan</p>	<p>Sesuai dengan kebutuhan pembeli, 380V 50Hz          Baru          20          Pabrik makanan dan minuman          Kotak kayu untuk <i>twin screw extruder</i></p>	

---

**Informasi Spesifik**

---


Model	<i>Extruder</i>
Tipe mesin	<i>Twin screw extruder</i>
<i>Heating way</i>	<i>Electric</i>
<i>Cooling way</i>	<i>Water</i>
Bahan/material	Stainless steel
Sistem kontrol	<i>Frequency speed-control (Touch screen control panel)</i>
Kapasitas (kg/jam)	10-250
Daya	8.5 kw
Tekanan	0-30 Mpa
<i>Speed range</i>	0-500rpm
Screw	<i>Double screw</i>
Dimensi luar (p x l x t)	2x0.7x1.6 m
Berat	2T
Detail Produk	<ul style="list-style-type: none"><li>- Conveyor bertepian bergerigi dengan tutup (<i>request</i>) untuk menampung hasil ekstrudat dan diarahkan pada mesin pengering</li><li>- Die berbentuk bintang (<i>request</i>)</li></ul>

---

Pada tabel 4.1., yang telah disajikan di atas terdapat informasi dan spesifikasi dari mesin ekstrusi yang diajukan memiliki berbagai kelebihan dan sesuai dengan kebutuhan rancangan *pilot plant*. Selain itu dalam pemilihan mesin dilakukan *request* untuk detail produk untuk disesuaikan dengan kebutuhan rancangan *pilot plant* selama proses produksi ekstrudat yaitu conveyor bertepian bergerigi dengan tutup (*request*) untuk menampung hasil ekstrudat dan diarahkan pada mesin pengering dan die berbentuk bintang (*request*).

Mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses produksi ekstrudat jagung yang kedua adalah mesin pemanggang yang dapat dilihat pada tabel 4.2., mesin pemanggang dengan merek dagang Sunward ini berasal dari Shadong China. Pemilihan mesin ini dikarenakan memiliki bahan baku atau material pembuatan berupa stainless steel yang tahan panas dan mudah untuk proses pembersihannya, memiliki kapasitas produksi yang cukup besar yaitu 200-300kg/jam, dimensi 1.46 x 0.96 x 1.24 m (pxlxt) dengan ukuran yang tidak terlalu besar sehingga memungkinkan efisiensi lahan, dan mesin ini dapat berjalan secara kontinyu sehingga proses produksi dapat berjalan lebih optimal. Informasi dan spesifikasi dari mesin pemanggangan merek Sunward yang diajukan disajikan pada tabel 4.2., dibawah ini :

**Tabel 4. 2. Informasi Mesin Pemanggang**

Foto Mesin	
Prinsip Umum	<p>Mesin ini merupakan mesin pengering yang digunakan untuk mengeringkan produk ekstrudat setelah diproses hal ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam ekstrudat agar lebih renyah dan tahan lama, di dalam mesin ini terdapat layer-layer yang akan disesuaikan untuk meletakkan ekstrudat didalamnya.</p>
<b>Informasi Umum</b>	
<i>E-commerce</i>	<a href="http://www.alibaba.com">www.alibaba.com</a>
Link :	<a href="https://m.alibaba.com/product/1600165647144/Mostly-popular-puffed-snack-food-oven.html?spm=a2706.themepagelp.0.0.38ad5d28WiZrM9">https://m.alibaba.com/product/1600165647144/Mostly-popular-puffed-snack-food-oven.html?spm=a2706.themepagelp.0.0.38ad5d28WiZrM9</a>
Harga	IDR 272.172.720,00
Nama dagang	<i>Puffed snack food oven snack food dryer corn flake oven</i>
Minimal order	1
<i>Supplier</i>	Jihan Sunward Machinery Co., Ltd.
Asal produk	Shadong China
Merek	Sunward

Nomor model	Kx5-5
Sertifikasi	CE ISO
Garansi	1 tahun
<i>After-warranty service</i>	<i>Video technical support, online support, spare parts, field maintenance and repair service</i>
<i>After-sales service</i>	Tidak disediakan layanan
Kondisi	Baru
Detail Pengemasan	Kayu lapis di luar, film plastik di dalam untuk bagian <i>feeder</i>
<b>Informasi Spesifik</b>	
Model	<i>Puffed snack food oven</i>
<i>Heating way</i>	<i>Electric</i>
Bahan/material	Stainless steel
Kapasitas (kg/jam)	200-300
Daya	45 kw
Dimensi luar (p x l x t)	1.46*0.96*1.24 m
Berat	1.5 T
Tegangan	380V / 50HZ
Detail bagian	Tempat hasil produk diberikan disebelah kanan (membentuk leter L antara masuk dan keluar nya produk) Conveyor ( <i>request</i> ) dengan tepian dan tutup untuk membawa ekstrudat masuk dalam mesin <i>mixing</i>

Pada tabel 4.2., yang telah disajikan di atas terdapat informasi dan spesifikasi dari mesin ekstrusi yang diajukan memiliki berbagai kelebihan dan sesuai dengan kebutuhan rancangan *pilot plant*. Selain itu dalam pemilihan mesin dilakukan *request* untul detail produk untuk disesuaikan dengan kebutuhan rancangan *pilot plant* selama proses produksi ekstrudat yaitu tempat hasil produk diberikan disebelah kanan (membentuk leter L antara masuk dan keluar nya produk) dan conveyor (*request*) dengan tepian dan tutup untuk membawa ekstrudat masuk dalam mesin *mixing*.

Mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses produksi ekstrudat jagung yang ketiga adalah mesin pembumbuan yang dapat dilihat pada tabel 4.3., mesin pembumbuan dengan merek dagang Gelgoog ini berasal dari Henan China. Pemilihan mesin ini dikarenakan mesin memiliki kelebihan seperti memiliki bahan baku atau material pembuatan berupa stainless steel yang tahan panas dan mudah untuk dibersihkan, memiliki kapasitas produksi yang cukup besar yaitu 200-250kg/jam, dimensi 1.5 x 0,65 x 1.5 m (pxlxt) dengan ukuran yang tidak terlalu besar sehingga memungkinkan efisiensi lahan, mesin ini dapat berjalan secara kontinyu sehingga proses produksi dapat berjalan lebih optimal, mesin ini memiliki 2 penyemprot sehingga dapat menghemat lahan untuk spray oil dan spray flavor dengan disemprot otomatis menggunakan *hydraulic cylinder*, dan mesin pengovenan ini tidak memiliki *dead angle* sehingga mempermudah dalam proses masuk dan keluar produk serta pembersihannya. Informasi dan spesifikasi dari mesin pemanggangan merek Sunward yang diajukan disajikan pada tabel 4.3., dibawah ini :

**Tabel 4. 3. Informasi Mesin Pembumbuan**

Foto Mesin



Prinsip Umum

Mesin ini merupakan mesin mixing yang berbentuk *roller without dead angle* yang akan terus berputar dengan adanya semprotan minyak dan perisa flavor maka ekstrudat akan tercampur secara merata.

**Informasi Umum**

*E-commerce*

[www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)

Link :

<https://m.alibaba.com/product/60439603287/Automatic-Dualdrums-Potato->

	<a href="https://s.alicdn.com/@sc01/kf/H0035f88f6d294cbda8afbb34754554de5.jpg_220x220.jpg">chips-Snacks-flavoring.html?spm=a2706.7835515.0.0.c4bd505em1ac1T&amp;_detailProductImage=/s.alicdn.com/@sc01/kf/H0035f88f6d294cbda8afbb34754554de5.jpg_220x220.jpg</a>
Harga	IDR 25.784.784,00 – IDR 31.514736,00
Nama dagang	<i>Automatic Dualdrums Potato chips/Snack flavoring seasoning machine</i>
Minimal order	1
<i>Supplier</i>	Gelgoog Intelligent Technology Co., Ltd.
Asal produk	Henan China
Merek	Gelgoog
Nomor model	GG-2S
Sertifikasi	CE
Garansi	1 tahun
<i>After-sales service</i>	<i>Video technical support</i>
Tegangan	380V
Kondisi	Baru
Industri Pengguna	Pabrik makanan dan minuman
Detail Pengemasan	Pengemasan dengan kayu sesuai standar ekspor
<b>Informasi Spesifik</b>	
Model	Gelgoog GG-2S
<i>Rotary roller</i>	<i>Without dead angle</i>
Pembumbuan	Disemprot otomatis dengan <i>hydraulic cylinder</i>
Produk	<i>Potato chips, extruder, popcorn, etc</i>
Bentuk Mesin	Berbentuk segi 8
Bahan/material	Stainless steel
Kapasitas (kg/jam)	200-250
Daya	0.75 kw
Dimensi luar (p x l x t)	1.5x0.65x1.5 m
Berat	250kg
Detail bagian	Semprotan minyak di awal masuk ekstrudat ( <i>request</i> )

Pada tabel 4.3., yang telah disajikan di atas terdapat informasi dan spesifikasi dari mesin ekstrusi yang diajukan memiliki berbagai kelebihan dan sesuai dengan kebutuhan rancangan *pilot plant*. Selain itu dalam pemilihan mesin dilakukan *request* untuk detail produk untuk disesuaikan dengan kebutuhan rancangan *pilot plant* selama proses produksi ekstrudat yaitu semprotan minyak di awal masuk ekstrudat (*request*).

Mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses produksi ekstrudat jagung yang keempat adalah mesin pengemasan yang dapat dilihat pada tabel 4.4., mesin pengemasan dengan merek dagang Boltpack ini berasal dari Guangdong China. Pemilihan mesin ini dikarenakan mesin memiliki kelebihan seperti memiliki bahan baku atau material pembuatan berupa stainless steel yang tahan panas dan mudah untuk dibersihkan, memiliki kapasitas produksi 30-80 bagian / menit dengan isi 50-200ml, dimensi 1.1x0.755x1.54 m (pxlxt) dengan ukuran yang tidak terlalu besar sehingga memungkinkan efisiensi lahan, mesin pengemas ini dapat mengemas produk dengan jenis stand-up *pouch* dengan material aluminium foil. Informasi dan spesifikasi dari mesin pemanggangan merek Sunward yang diajukan disajikan pada tabel 4.4., dibawah ini :

**Tabel 4. 4.** Informasi Mesin Pengemasan

Foto Mesin	
Prinsip Umum	<p>Mesin ini merupakan mesin pengemas produk pangan yang dilengkapi dengan <i>nitrogen flush</i> sehingga produk pangan dalam kemasan ini memiliki umur simpan yang lebih lama karena tidak mudah melempem, selain itu mesin ini mengeseal kemasan pada 3 bagian (atas, bawah, dan belakang).</p>
<b>Informasi Umum</b>	
<i>E-commerce</i>	<a href="http://www.alibaba.com">www.alibaba.com</a>
Link :	<p><a href="https://m.alibaba.com/product/62200077940/Snack-Packing-Machine-French-Fries-Packing.html?s=p&amp;__detailProductImg=https://s.alicdn.com/@sc01/kf/HTB1shZCXqL7gK0jSZFBq6xZZpXac.jpg_200x200.jpg">https://m.alibaba.com/product/62200077940/Snack-Packing-Machine-French-Fries-Packing.html?s=p&amp;__detailProductImg=https://s.alicdn.com/@sc01/kf/HTB1shZCXqL7gK0jSZFBq6xZZpXac.jpg_200x200.jpg</a></p>
Harga	IDR 50.137.080
Nama dagang	<i>Factory Price Puff Food Crisp Chin Chips Snack French Fries Potato Packing Machine</i>
Minimal order	1



<i>Supplier</i>	Foshan Dession Packaging Machinery Co., Ltd.
Asal produk	Guangdong China
Merek	Boltpack
Nomor model	DS-320A
Sertifikasi	CE
Garansi	Lebih dari 5 tahun
<i>After-sales service</i>	<i>Online support, video technical support, free spare parts, field installation, commissioning and training, field maintenance and repair service, video technical support, online support</i>
<i>After-warranty service</i>	<i>Video technical support, online support, spare parts, field maintenance and repair service</i>
Tegangan	220V
Kondisi	Baru
Industri Pengguna	Pabrik makanan dan minuman, kesehatan, bahan kimia, tekstil, APPAREL, <i>Machinery &amp; Hardware, hardware packing machine</i>
Detail Pengemasan	Kotak kayu sesuai standar
<b>Informasi Spesifik</b>	
Model	DS-320A
Tipe produk	<i>Heat sealer</i>
<i>Driven type</i>	<i>Electric</i>
<i>Counting method</i>	<i>Cup measuring</i>
<i>Packaging type</i>	<i>Stand-up pouch, bags, film, pouch, sachet</i>
Bahan/material	Stainless steel
Sistem kontrol	Delta PLC
Kecepatan kemas	30-80 bagian / menit
Ketebalan sealing	10 mm
Ukuran kemasan	P = 40mm, L = 50-150mm
Material yang digunakan	OPP/ CPP, OPP/PE, CPP/PE, LDPE, aluminium foil
Jumlah Isian	50-200ml
Dimensi luar (p x l x t)	1.1x0.755x1.54 m
Berat	250 kg
Detail Produk	Conveyor dengan tepian dan bergerigi ( <i>request</i> ) yang mengarahkan ekstrudat dari mesin <i>mixing</i> langsung masuk dalam <i>feeder packaging machine</i>

Pada tabel 4.4., yang telah disajikan di atas terdapat informasi dan spesifikasi dari mesin ekstrusi yang diajukan memiliki berbagai kelebihan dan sesuai dengan kebutuhan rancangan *pilot plant*. Selain itu dalam pemilihan mesin dilakukan *request* untuk detail produk untuk disesuaikan dengan kebutuhan rancangan *pilot plant* selama proses produksi ekstrudat yaitu conveyor dengan tepian dan bergerigi (*request*) yang mengarahkan ekstrudat dari mesin *mixing* langsung masuk dalam *feeder packaging machine*

Mesin yang digunakan bekerja secara semi otomatis hingga otomatis, mesin yang memiliki kemampuan kerja otomatis adalah mesin pengemas karena dilengkapi dengan sistem kontrol PLC (*Programmable Logic Controller*) sehingga memungkinkan kontrol terhadap kondisi proses maupun banyaknya formulasi dan input yang dibutuhkan oleh setiap proses. Semua mesin tersebut juga memenuhi prinsip sanitasi/hygiene makanan karena mampu memfasilitasi pembersihan alat langsung pada lokasi. Mesin/peralatan yang memungkinkan pembersihan dengan efektif dan dapat mengenai seluruh permukaan mesin menjadi salah satu persyaratan yang disebutkan oleh Hasting (2011).

Mesin yang digunakan telah memenuhi syarat *material food grade* karena material yang ketika bersentuhan dengan makanan tidak akan mengkontaminasi/mengotori/merusak produk pangan dengan zat berbahaya/beracun, sesuai dengan batasan yang diatur oleh ASTM (*American Society for Testing and Materials*), FDA (*Food and Drug Administration*) di Amerika, FSIS (*Food Safety & Inspection Service*), dan BPOM (Badan Pengawasan Obat & Makanan) di Indonesia. Salah satunya adalah *food grade metal* berupa bahan logam yang layak digunakan untuk material mesin dan perlengkapan produksi makanan/minuman. Bahan logam yang digunakan tidak boleh memindahkan, mengkontaminasi atau mencemari produk pangan dengan zat kimia logamnya yang dapat menyebabkan perubahan pada produk seperti warna, rasa dan aroma. Logam yang biasa digunakan adalah baja tahan karat/stainless steel (SS314, SS316). Stainless steel ([www.buzzle.com](http://www.buzzle.com)) adalah paduan logam yang mengandung  $\pm 30\%$  dari kromium (Cr) dan  $\pm 50\%$  besi (Fe). Jumlah karbon dalam stainless steel berkisar dari 0,2% - 2,14%. Zat paduan lainnya seperti tembaga, nikel, aluminium, molibdenum, nitrogen, silikon dan titanium ditambahkan untuk meningkatkan sifat stainless steel (Yeny Pusvyta, 2014).

Menurut Hasting (2011) dan Yeny Pusvyta (2014) Penggunaan material stainless steel *food grade* oleh industri pengolahan produk seperti buah, gorengan, daging, susu, bir, kue, snack, farmasi, kosmetik, restoran dan bidang lainnya adalah:

- Menghindari atau mencegah kontaminasi zat kimia baja terhadap produk pangan
- Permukaan halus, mudah dibersihkan, tahan terhadap bakteri, dan anti korosif
- Sifat inert (tidak bereaksi terhadap produk)
- Tidak berpori
- Tahan lama

#### 4.2. Mesin Pendeteksi Logam

Kontaminasi yang sering terjadi pada produk pangan adalah cemaran fisik yang dapat berupa logam seperti cemaran timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan timah yang telah diatur standarnya dalam makanan ringan ekstrusi (SNI, 2015). Logam berat seperti yang telah disebutkan dapat bersifat racun bagi tubuh jika jumlahnya melebihi batas (Ayangbenro and Babalola, 2017 dalam Susanti, Arifan, Murni, & Silviana, 2020). Kandungan logam dalam jumlah terbatas dan masih memenuhi standar tidak membahayakan, justru diperlukan untuk proses biologis tertentu misalnya timah yang diperlukan tubuh untuk proses pertumbuhan (Blunden and Wallace, 2003 dalam Susanti, Arifan, Murni, & Silviana, 2020). Sementara menurut Emsley (2011) dalam Susanti, Arifan, Murni, & Silviana (2020), tubuh manusia dengan berat badan 70 kg mengandung sekitar 0,01% logam berat (sekitar 7 g terdiri dari Fe, Zn, dan Pb di mana total ketiganya setara dua kacang polong kering) (Susanti, Arifan, Murni, & Silviana, 2020). Deteksi logam yang terdapat dalam makanan ringan saat ini menjadi penting dikarenakan dapat berbahaya jika dikonsumsi langsung, sehingga perlu adanya mesin yang mampu mendeteksi keberadaan logam tersebut dalam suatu kemasan atau produk makanan yaitu *metal detector*. Manfaat dari alat pendeteksi logam ini adalah sebagai upaya peningkatan mutu dalam industri makanan terutama makanan ringan ekstrudat. Prinsip mesin ini yaitu dengan adanya sensor logam atau *metal detector* ialah termasuk sensor induktif. Sensor ini biasanya digunakan dalam industri dan sistem keamanan yang dapat digunakan dalam makanan sebelum ataupun setelah dikemas (Atmiasri & Rochman, 2011).



**Gambar 3. 3.** Mesin Sensor Logam

Mesin ini menggunakan kontrol PLC, jika ditemukan logam dalam kemasan produk pangan maka sensor akan memberikan cahaya lampu merah dan secara otomatis kemasan tersebut akan disingkirkan dalam produk *reject* (Diakses dari Alibaba

<https://m.alibaba.com/product/60783116413/Metal-Detector-High-Detecting-Sensitivity-And.html?s=p>)

### 4.3. Rancangan Proses Pembersihan Mesin

Rencana pembuatan *pilot plant* perlu memperhatikan proses ke higienisannya (Lelieveld et al., 2000). Cara menjaga ke higienisan mesin dengan cara dilakukan pembersihan untuk menghilangkan semua material yang tidak diinginkan seperti sisa bahan, benda asing yang dapat menjadi kontaminan, serangga, dan mikroorganisme yang menempel pada permukaan mesin baik di dalam ataupun di luar Surono et al. (2016), Sumiati (2013), dan Sucipto (2015). Agar pembersihan alat semakin optimal maka diperlukan bahan pembersih yang memungkinkan pembersihannya lebih baik, bahan pembersih yang digunakan adalah larutan desinfeksi menggunakan air panas dengan suhu 60-82°C selama 4 menit dan 100° C selama 2 menit. Bahan pembersih dan desinfektan yang digunakan harus “*food grade*” (Mendis & Rajapakse, 2009).

Keempat mesin tersebut memiliki proses sanitasi yang berbeda-beda dan dilakukan setiap akhir proses. Proses sanitasi dijelaskan sebagai berikut:

- a. Pada mesin ekstrusi terdapat bagian barrel, ulir, dan die dilakukan pembersihan menggunakan kain lap basah serta sikat wol jika perlu (Whelan & Dunning, 1988).
- b. Pada mesin pemanggang dilakukan proses pembersihan dengan disemprot kompresor untuk menghilangkan sisa – sisa minyak pada bagian dalam dan bagian luar untuk menghilangkan debu, minyak, dan kotoran lain. Pembersihan dilakukan untuk menghilangkan serpihan ekstrudat yang tertinggal dalam oven selama pengovenan (Nurhadi, 2019).
- c. Pada mesin flavoring terdapat banyak sisa minyak dan bumbu perasa maka pembersihan dilakukan dengan disemprot kompresor. Bagian luar disemprot kompresor untuk menghilangkan debu, minyak, dan kotoran lain. Pembersihan ini dilakukan setiap kali mesin selesai digunakan (Nurhadi, 2019).
- d. Bagian dalam mesin pengemas dalam disiram dengan air panas, dan dibersihkan dengan kain untuk menghilangkan sisa seasoning. Bagian luar dibersihkan dengan kain untuk menghilangkan debu dan kotoran lain (Nurhadi, 2019).

#### **4.4. Tata Letak *Pilot plant* Makanan Ringan Ekstrudat Jagung**

Dasar penentuan tata letak mesin pada *pilot plant* ekstrudat jagung ini pada metode yang digunakan yaitu SLP yang memiliki alasan kedekatan antar departemen atau antar mesin, sehingga dapat ditentukan mesin-mesin yang harus berdekatan, selain itu ditentukan penentuan tingkat hygiene tiap proses produksinya agar dapat ditentukan peletakan mesin dan proses pembersihannya, sementara pola aliran mesin dapat dilihat dari pola aliran yang sesuai dengan proses produksi dan disesuaikan dengan luas lahan yang digunakan. Dalam perancangan *pilot plant*, perancangan tata letak (*layout*) merupakan salah 1 hal penting karena pengaruh terhadap produktivitas dan efektivitas pada proses produksi (Shewale *et al.*, 2020). Tata letak yang baik memungkinkan penyusunan fasilitas produksi secara efisien dan memungkinkan proses berlangsung secara optimal (Sharma dan Khumbar, n.d.; Marie dan Chaiyadi, 2015; Wignjosoebroto, 2009; Shewale *et al.*, 2020). Menurut Hasting (2011), tata letak mesin dan peralatan yang tidak sesuai dapat mengurangi tingkat keamanan dan higienitas produk pangan yang dihasilkan. Metode tata letak yang dipilih yaitu SLP (*Systematic Layout Planning*). Pemaduan dengan konsep hygiene menghasilkan suatu metode bernama SLP-hygiene (Van Donk dan Galman, 2004). Pemilihan metode tata letak SLP dalam Tugas Akhir *pilot plant* ini karena lebih sesuai untuk menentukan tata letak area produksi yang areanya tidak terlalu luas sehingga mampu meminimalisir aliran material dengan menyesuaikan kebutuhan dengan ketersediaan lahan yang terbatas (Gozali *et al.*, 2020; Shewale *et al.*, 2020).

Penentuan tata letak pada *pilot plant* dilakukan dengan tahapan pengerjaan yang telah dimodifikasi berdasarkan Sharma dan Khumbar (n.d.), Gozali *et al.* (2020), Budianto *et al.* (2020), Van Donk dan Galman (2011) serta Hasna *et al.* (2019). Perlu dilakukan penilaian terhadap penyebab kerusakan dan tingkat resiko kesusakan produk pangan yang dapat dilakukan dengan melihat indikator yang terdapat dalam Van Donk dan Galman (2011). Adapun tahapan pengerjaan yang dilakukan sebagai berikut :

##### **4.3.1. Penentuan Karakteristik Produk Pangan (Faktor Penyebab Kerusakan)**

Faktor biologis yang dapat menjadi penyebab kerusakan akibat mikrobiologi adalah pengawet, pH, aktivitas air, dan kandungan nutrisi dalam produk pangan yang dihasilkan (Van Donk dan Galman, 2014). Produk makanan ringan kering ini berjenis ekstrudat, memiliki kadar air produk

$\pm 3\%$  agar kerenyahan dari produk tetap terjaga (Salahudin & Syamsixman, 2010). Aktivitas air dibawah 0,99 dapat memperpanjang umur simpan karena bakteri tidak dapat hidup dengan baik selain itu jamur tidak dapat tumbuh di bawah  $A_w$  0,81(Oktavia, 2007). Ekstrudat jagung ini tidak mengalami penambahan bahan pengawet dalam proses produksinya. Selain itu, makanan ini memiliki sumber nutrisi bagi mikroorganismenya berupa gula (Azaredo, 2016).

#### 4.3.2. Penentuan Sensitivitas Produk Pangan (Tingkat Risiko Kerusakan Produk)

Sensitivitas makanan ringan ekstrudat jagung ditentukan dengan panduan pertanyaan yang diadaptasi dari Van Donk dan Galman (2004). Adapun pertanyaan dan jawaban untuk produk makanan ringan ekstrudat jagung berdasarkan lampiran 6 dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 4. 5.** Penentuan Sensitivitas Makanan Ringan Ekstrudat Jagung

No	Pertanyaan	Jawaban	Hasil
1	Apakah aktivitas air produk sangat rendah ( $< 0,70$ )?	Tidak	Pertanyaan selanjutnya
2	Apakah produk mengandung nutrisi yang digunakan mikroorganismenya?	Tidak	Kategori 3
3	Apakah pH produk rendah ( $< 3,5$ ) atau tinggi ( $> 10$ )?	-	-
4	Apakah aktivitas air produk sangat tinggi ( $> 0,96$ )?	-	-
5	Apakah ada bahan baku yang dapat menghambat mikroorganismenya?	-	-

Berdasarkan tabel 4.5. di atas dapat dilihat bahwa sensitivitas makanan ringan ekstrudat jagung tergolong dalam kategori 3. Kategori 3 sendiri merupakan produk pangan yang hampir sensitif terhadap pertumbuhan mikroorganismenya contohnya pada produk yang dipanggang/kering, mengandung gula, dan bercuka/kadar asam tinggi. Selain itu ekstrudat memiliki kadar air dan  $A_w$  yang rendah sehingga akan lebih sulit untuk pertumbuhan bakteri dibandingkan dengan produk semi solid ataupun liquid. Aktivitas air untuk tepung jagung rata-rata adalah 0,52 (Amanto, Atmaka, & Rachmawati, 2011) sedang untuk ekstrudat jagung memiliki aktivitas air sebesar 0.13–0.15 dengan kadar air ekstrudat adalah 25–28 g  $kg^{-1}$ (Shaviklo et al., 2011). Aktivitas air yang tinggi cenderung akan lebih mudah menjadi media pertumbuhan bagi mikroba. Bakteri dapat tumbuh pada  $a_w \geq 0,75$ , sementara mikroba bersifat patogen dan pembusuk dapat hidup pada  $a_w > 0,95$ , sedangkan pada  $a_w < 0,62$  mikroba tidak dapat tumbuh (Roos, 2001 dalam

Suryanti, 2018). Di mana menurut Van Donk dan Galman (2004) kadar air merupakan salah satu pemicu pertumbuhan mikroorganisme. Kadar air maksimal dalam ekstrudat menurut Standar Nasional Indonesia adalah 4%. Dari data di atas juga dapat disimpulkan bahwa tingkat resiko kerusakan produk termasuk rendah sehingga produk dapat memiliki stabilitas yang tinggi.

### 4.3.3. Penentuan Tingkat Higienitas Proses Produksi

Tingkat higienitas ditentukan untuk setiap tahapan proses dalam produksi sebagai indikator penilaian. Terdapat empat tahapan proses dalam pembuatan makanan ringan ekstrudat jagung pada *pilot plant* yang dirancang. Empat tahapan proses tersebut disesuaikan dengan jumlah mesin yang diajukan karena berpengaruh terhadap tata letak. Keempat proses tersebut yaitu proses ekstrusi, proses pemanggangan, proses flavoring, dan proses pengemasan. Penentuan tingkat higienitas ditentukan dengan panduan pertanyaan berdasarkan lampiran 7., sebagai indikator penilaian tingkat higienitas proses produksi. Adapun pertanyaan dan jawaban terhadap pertanyaan untuk setiap tahapan proses dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 4. 6.** Penentuan Tingkat Hygiene Proses Ekstrusi

No.	Pertanyaan	Jawaban	Hasil
1	Apakah produk kontak langsung dengan lingkungan ( <i>open process</i> )?	Tidak	Lanjut pertanyaan ke-2
2	Apakah dilakukan deaktivasi mikroorganisme pada tahap ini?	Iya	Kasus khusus
3	Apakah terdapat resiko kontaminasi dari lingkungan?	-	-
4	Apakah tahap ini berhubungan dengan penyimpanan produk?	-	-

Berdasarkan Tabel 4.6., di atas dapat diketahui bahwa tingkat hygiene proses ekstrusi merupakan kasus khusus karena terdapat proses deaktivasi mikroorganisme. Deaktivasi mikroorganisme ini terjadi pada tahap pemasakan bulir jagung menggunakan suhu tinggi yaitu suhu 120 -160 °C dan tekanan yang tinggi 15 – 200 atm (Salahudin & Syamsixman, 2010) yang menyebabkan mikroorganisme tidak dapat tumbuh atau mati pada suhu tersebut hal ini sesuai bahwa suhu di atas 100 °C dapat mendaktivasi mikroorganisme patogen dengan lebih efektif. Dengan berbagai macam pertimbangan di atas, ditentukan bahwa proses ekstrusi memiliki higienitas tingkat 4. Menurut Van Donk dan Galman (2004), proses produksi hygiene tingkat 4

dilakukan dalam ruangan *low-care* dengan risiko yang dapat diabaikan. Risiko masuknya kontaminasi selama pemasukan bahan baku dapat ditoleransi karena adanya proses pengovenan setelah itu dan pengaliran proses dilakukan secara tertutup.

Penentuan tingkat higienitas proses pemanggangan ditentukan dengan panduan pertanyaan berdasarkan lampiran 7., sebagai indikator penilaian tingkat higienitas proses produksi. Adapun pertanyaan dan jawaban terhadap pertanyaan untuk setiap tahapan proses dapat dilihat pada tabel-tabel di bawah ini.

**Tabel 4. 7. Penentuan Tingkat Hygiene Proses Pemanggangan**

No.	Pertanyaan	Jawaban	Hasil
1	Apakah produk kontak langsung dengan lingkungan ( <i>open process</i> )?	Tidak	Lanjut pertanyaan ke-2
2	Apakah dilakukan deaktivasi mikroorganisme pada tahap ini?	Iya	Kasus khusus
3	Apakah terdapat resiko kontaminasi dari lingkungan?	-	-
4	Apakah tahap ini berhubungan dengan penyimpanan produk?	-	-

Berdasarkan tabel 4.7., di atas dapat diketahui bahwa tingkat hygiene proses pengovenan merupakan kasus khusus karena setelah keluar dari mesin pemanggangan produk akan melewati conveyor dan terpapar oleh lingkungan, namun terdapat proses deaktivasi mikroorganisme pada saat proses berlangsung. Deaktivasi mikroorganisme ini terjadi pada tahap pemanggangan ekstrudat jagung untuk mengurangi kadar air dalam ekstrudat sehingga efektif untuk mengurangi pertumbuhan dan membunuh mikroorganisme (Utami & Widyaningsih, 2015). Suhu pengovenan yang digunakan adalah 135-150 °C selama kurang lebih 5 menit tergantung produknya, pengovenan ini untuk membentuk tekstur yang lebih baik, yang lebih mudah dicerna, dan juga untuk mengurangi kadar air pada produk. Semakin rendah kadar air produk, maka produk semakin baik karena produk tidak cepat tengik (Susan Arntfield, 2015)

Dengan berbagai macam pertimbangan di atas, ditentukan bahwa proses pengovenan memiliki higienitas tingkat 4. Menurut Van Donk dan Galman (2004), proses produksi hygiene tingkat 4 dilakukan dalam ruangan *low-care* dengan risiko yang dapat diabaikan. Risiko masuknya



kontaminasi selama pemasukan bahan baku dapat ditoleransi karena adanya proses flavoring yang disemprot menggunakan minyak untuk mencegah masuknya oksigen dalam ekstrudat jagung setelah itu dan pengaliran proses dilakukan secara tertutup.

Penentuan tingkat higienitas proses pembumbuan ditentukan dengan panduan pertanyaan berdasarkan lampiran 7., sebagai indikator penilaian tingkat higienitas proses produksi. Adapun pertanyaan dan jawaban terhadap pertanyaan untuk setiap tahapan proses dapat dilihat pada tabel-tabel di bawah ini.

**Tabel 4. 8.** Penentuan Tingkat Hygiene Proses Pembumbuan

No.	Pertanyaan	Jawaban	Hasil
1	Apakah produk kontak langsung dengan lingkungan ( <i>open process</i> )?	Iya	Lanjut pertanyaan ke-2
2	Apakah dilakukan deaktivasi mikroorganisme pada tahap ini?	Tidak	Lanjut pertanyaan ke-3
3	Apakah aktivitas mikroorganisme konstant setelah tahap ini?	Iya	Lanjut pertanyaan ke-4
4	Apakah proses ini berada pada suhu antara 36-38°C?	Tidak	Lanjut pertanyaan ke-5
5	Apakah produk yang digunakan merupakan kelompok berisiko?	Tidak	Tingkat 2

Berdasarkan **Tabel 4.8.** di atas dapat diketahui bahwa tingkat hygiene proses flavoring merupakan tingkat 2 karena mesin yang diajukan bekerja dengan sistem terbuka serta dilengkapi dengan pembatas di sekeliling. Suhu yang digunakan selama proses flavoring adalah dibawah 60 °C(Shaviklo et al., 2011). Meskipun demikian, terdapat kemungkinan produk untuk kontak dengan lingkungan antara tahap bahan masuk dan keluar dari mesin flavoring.

Sesuai dengan tingkat higienitasnya, proses flavoring perlu dilakukan dalam ruangan yang bersifat *medium-care* dengan tingkat risiko yang tinggi. Meskipun mengalami kontak langsung, proses ini tidak tergolong tingkat hygiene 1 karena kontak berlangsung dalam waktu singkat dengan area kontak yang terbatas pada area awal dan akhir flavoring. Selain itu, mesin sudah memfasilitasi pembatasan interaksi dengan lingkungan karena memiliki pembatasan di sekelilingnya sehingga dapat menjamin ruangan aseptik.

Penentuan tingkat higienitas proses pengemasan ditentukan dengan panduan pertanyaan berdasarkan lampiran 7., sebagai indikator penilaian tingkat higienitas proses produksi. Adapun pertanyaan dan jawaban terhadap pertanyaan untuk setiap tahapan proses dapat dilihat pada tabel-tabel di bawah ini.

**Tabel 4. 9.** Penentuan Tingkat Hygiene Proses Pengemasan

No.	Pertanyaan	Jawaban	Hasil
1	Apakah produk kontak langsung dengan lingkungan ( <i>open process</i> )?	Iya	Lanjut pertanyaan ke-2
2	Apakah dilakukan deaktivasi mikroorganisme pada tahap ini?	Tidak	Lanjut pertanyaan ke-3
3	Apakah aktivitas mikroorganisme konstant setelah tahap ini?	Iya	Lanjut pertanyaan ke-4
4	Apakah proses ini berada pada suhu antara 36-38°C?	Tidak	Lanjut pertanyaan ke-5
5	Apakah produk yang digunakan merupakan kelompok berisiko?	Tidak	Tingkat 2

Berdasarkan tabel 4.9., di atas dapat diketahui bahwa tingkat hygiene proses pengemasan merupakan tingkat 2 karena mesin yang diajukan bekerja dengan sistem terbuka serta dilengkapi dengan pembatas di sekeliling bagian untuk mencegah kontaminasi pada ruang kerja selama terjadinya proses produksi maka ruangnya perlu untuk dijaga (Rejeki, 2015). Dalam ruang pengemasan ini bersifat *high care* di mana tingkat risikonya dianggap cukup tinggi karena kemungkinan produk untuk kontak dengan lingkungan cukup tinggi diakibatkan mesin yang digunakan bersifat terbuka antara tahap bahan masuk pada *hopper* mesin pengemas.

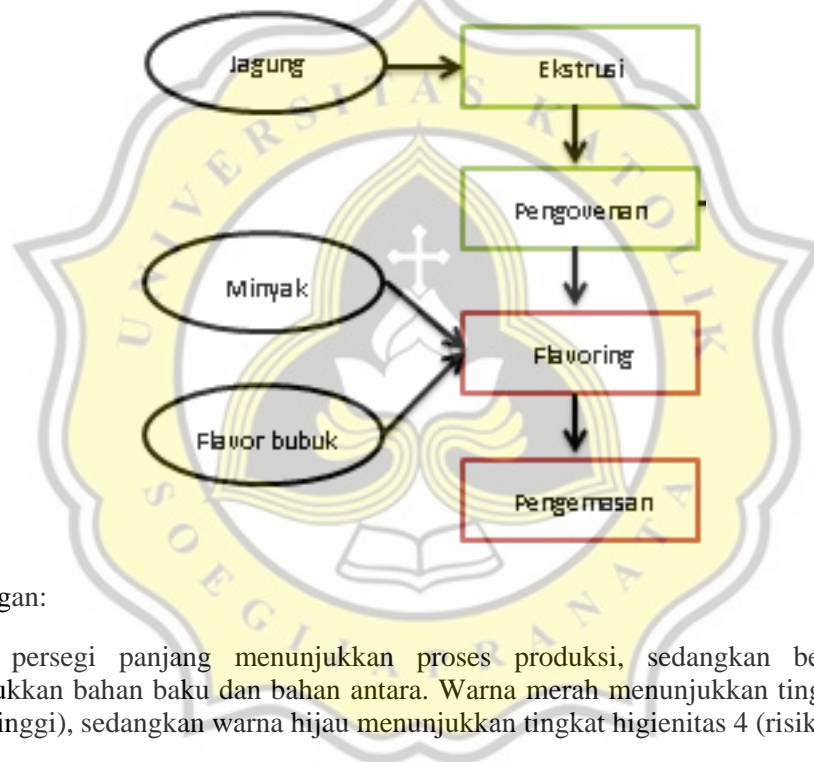
Sesuai dengan tingkat higienitasnya, proses pengemasan perlu dilakukan dalam ruangan yang bersifat *high-care* dengan tingkat risiko yang tinggi. Meskipun mengalami kontak langsung, proses ini tidak tergolong tingkat hygiene 1 karena kontak berlangsung dalam waktu singkat dengan area kontak yang terbatas pada waktu awal pemasukan produk pada mesin pengemas. Selain itu, mesin sudah memfasilitasi pembatasan interaksi dengan lingkungan karena memiliki pembatasan di sekelilingnya dan proses pengemasan menggunakan nitrogen sehingga dapat menjamin ruangan aseptik. Ruang pengemas merupakan ruang terakhir sebelum produk diedarkan maka tingkat higienitas ruangnya perlu diperhatikan juga untuk mencegah kontaminasi (Rejeki, 2015). Proses penutupan/pengemasan bisa dilaksanakan secara manual, semi manual ataupun menggunakan mesin tergantung dari kemasan apa yang digunakan (Sucipta,

Suriasih, & Kenacana, 2017) sehingga ruangan disekitar pengemasan perlu dijaga salah satunya dengan menjauhkan produk dari ventilasi dan tempat pembuangannya (*exhaust*) (Hariyadi, 2016).

#### 4.3.4. Pembuatan FPC (*Flow Process Chart*) dengan Tingkat Higienitas dari Setiap Proses

FPC ini dibuat untuk melihat hubungan antar aliran proses dari awal hingga akhir selain itu digunakan untuk melihat interaksi antar proses terhadap tingkat higienitasnya. Berikut ini merupakan FPC dalam proses pembuatan mie kering dapat dilihat pada diagram di bawah ini.

Diagram 4. 1. *Flow Process Chart*



Keterangan:

Bentuk persegi panjang menunjukkan proses produksi, sedangkan bentuk lingkaran menunjukkan bahan baku dan bahan antara. Warna merah menunjukkan tingkat higienitas 2 (risiko tinggi), sedangkan warna hijau menunjukkan tingkat higienitas 4 (risiko diabaikan)

Pada diagram 4.1., di atas dapat diketahui bahwa 2 tahapan proses diawal yaitu ekstrusi dan pemanggangan berwarna hijau merupakan tahapan dengan higienitas tingkat 4 merupakan *medium care* yang tidak memerlukan penanganan khusus karena ada deaktivasi mikro organisme, sementara 2 tahapan akhir yaitu flavoring dan pengemasan berwarna merah merupakan tahapan dengan tingkat higienitas 2 yang merupakan *high care* sehingga dibutuhkan penanganan khusus karena tidak ada deaktivasi mikro organisme selain itu dikarenakan

pengemasan merupakan proses terakhir sehingga keadaanya perlu steril (Widjaya & Sugiarti, 2013).

#### **4.3.5. Penentuan Level Interaksi yang Diizinkan dan Pembatasan antara Proses**

Proses penentuan level interaksi ini berdasarkan dengan FPC yang telah dibuat sebelumnya. Proses pembuatan FPC ini telah berdasar pada (Sharma dan Khumbar, n.d.; Gozali *et al.*, 2020; Budianto *et al.*, 2020) Dapat dilihat bahwa terdapat empat tahapan proses dalam pembuatan makanan ringan ekstrudat jagung yaitu ekstrusi, pengovenan, flavoring, dan pengemasan. Tahap pertamanya merupakan proses ekstrusi yang memiliki tingkat higienitas 4 sehingga dalam proses ini tidak masalah untuk berdekatan dengan proses lainnya dikarenakan proses terjadi dalam sistem tertutup sehingga dapat terjaga higienitasnya. Selain itu antar proses ekstrusi dengan pengovenan dilakukan dengan conveyor tertutup sehingga dapat mengurangi kontak langsung dengan lingkungan.

Tahapan proses selanjutnya adalah proses pengovenan yang memiliki tingkat higienitas 4 sehingga dalam proses ini tidak masalah untuk berdekatan dengan proses lainnya dikarenakan proses terjadi dalam sistem tertutup sehingga dapat terjaga higienitasnya. Meskipun antar proses pengovenan dengan flavoring dilakukan dengan conveyor terbuka dengan ruangan berpendingin untuk menurunkan suhu dari ekstrudat sebelum dilakukan proses flavoring. Antar ruang pengovenan dan flavoring diberikan sekat.

Tahapan proses selanjutnya adalah proses flavoring yang memiliki tingkat higienitas 2 sehingga perlu penanganan khusus karena mesin yang digunakan dengan sistem terbuka dan ekstrudat mengalami kontak dengan lingkungan. Maka dari itu jarak antara proses flavoring dengan proses selanjutnya diusahakan dekat agar dapat meminimalisir kontak dengan lingkungannya.

Tahapan proses akhir merupakan proses pengemasan yang memiliki tingkat higienitas 2 sehingga perlu penanganan khusus dikarenakan ekstrudat kontak langsung dengan lingkungan karena mesin yang digunakan menggunakan *hopper* yang terbuka yang terletak dibagian atas mesin.

#### 4.3.6. Pembuatan ARC (*Activity Relationship Chart*)

Pembuatan ARC ditentukan berdasarkan level interaksi dan pembatasan yang sebelumnya telah dibahas. Berikut ini merupakan proses pembuatan ARC makanan ringan dan disertai alasan kedekatan dapat dilihat pada gambar 4.1.

Kode Huruf	Keterangan
A	Mutlak untuk dekat
E	Sangat penting untuk dekat
I	Penting untuk dekat
O	Cukup/biasa
U	Tidak penting
X	Tidak dikehendaki berdekatan

1	Ekstrusi	A	
2	Pemangangan	E	O
3	Flavoring	U	
4	Pengemasan	O	

Gambar 4. 1. Alasan Kedekatan dan *Activity Relationship Chart* (ARC)

Dari gambar 4.1., di atas dapat diketahui bahwa derajat hubungan kedekatan antar proses berdasarkan level interaksi yang diizinkan. Dalam pembuatan ARC ini berisikan proses-proses yang ada selama proses produksi makanan ringan ekstrudat jagung yaitu terdapat 4 tahapan proses yaitu ekstrusi, pemangangan, flavoring, dan pengemasan. Kemudian kode huruf di sebelah kanan merupakan derajat kedekatan antar proses yang dapat dilihat keterangan kode huruf pada tabel di kiri atas. Penentuan derajat tiap tahapan proses di pertimbangkan berdasarkan urutan proses dan tingkat higienitasnya. Pembacaan ARC dilakukan dengan melihat titik temu antara 2 proses seperti proses ekstrusi memiliki derajat kedekatan A (mutlak dekat) dengan pemangangan. Hal ini dikarenakan setelah proses ekstrusi terjadi harus segera dilakukan pemangangan agar kadar air pada ekstrudat dapat menguap dan dihilangkan secara optimal. Selain itu tingkat higienitas kedua proses ini sama sehingga cocok untuk didekatkan.

Hubungan kedekatan proses ekstrusi dengan flavoring adalah U (tidak penting) karena proses ekstrusi mengeluarkan uap panas sementara proses flavoring menggunakan suhu dingin agar bumbu tidak lembab dan menggumpal, maka kedua proses ini tidak penting untuk berdekatan, selain itu tingkat higienitas kedua proses ini juga berbeda yaitu *low care* dan *high care*.

Hubungan kedekatan antar proses ekstrusi dan pengemasan yaitu O (cukup/biasa) karena selama proses tidak saling bergantung, sehingga lokasinya dapat didekatkan ataupun tidak. Pertimbangan untuk kedekatan proses ini adalah suhu ruangan untuk ekstrusi yang lebih tinggi

dibandingkan suhu ruangan proses pengemasan sehingga perlu adanya sekat untuk memisahkan kedua ruangan ini agar tidak terjadi kontaminasi.

Hubungan kedekatan antar proses pemanggangan dengan proses flavoring adalah E (sangat penting untuk dekat) hal ini dikarena setelah proses pemanggangan ekstrudat harus segera dilakukan flavoring yaitu dengan disemprotkan dengan minyak untuk menutup permukaan ekstrudat agar tidak ada penambahan kadar air dari lingkungan yang masuk ke dalam ekstrudat dan menyebabkan ekstrudat menjadi tidak renyah, namun kedua proses ini tidak mutlak untuk berdekatan karena pemanggangan dan flavoring memiliki suhu ruang yang berbeda sehingga perlu adanya sekat antar proses agar tidak terjadi kontaminasi silang (Chandra, 2011).

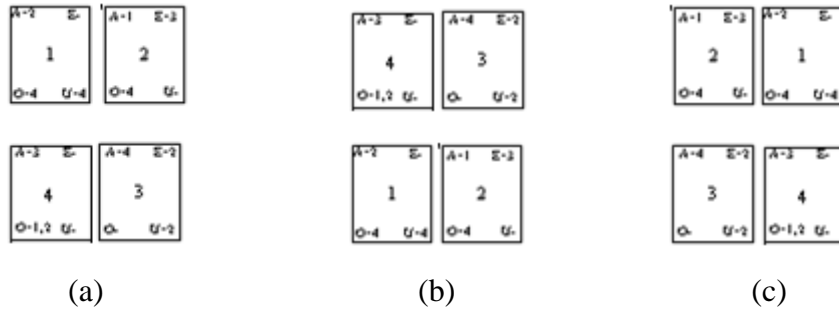
Hubungan kedekatan antar proses pemanggangan dengan pengemasan adalah O (cukup/biasa) karena proses pemanggangan memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan suhu ruangan pengemasan sehingga tidak perlu untuk berdekatan, namun jika harus berdekatan maka perlu adanya sekat pembatas antar mesin dan prosesnya.

Hubungan kedekatan antar proses flavoring dan pengemasan adalah A (mutlak berdekatan) hal ini karena setelah dilakukan flavoring harus segera dikemas agar ekstrudat tidak kontak dengan lingkungan terlalu lama yang dapat mengakibatkan kontaminasi dan menyebabkan peningkatan mikroorganisme yang menempel pada ekstrudat yang dapat mempercepat proses pembusukan atau terlalu lama kontak dengan lingkungan dapat menyebabkan ekstrudat menjadi tidak renyah kembali atau tidak renyah. Seasoning adalah kunci dari rasa snack yang dihasilkan karena base pada snack umumnya memiliki rasa yang tawar (Chandra, 2011).

#### **4.3.7. Pembuatan ARD (*Activity Relationship Diagram*)**

Tahapan selanjutnya setelah pembuatan ARC maka dilakukan pembuatan ARD (*Activity Relationship Diagram*) untuk melihat hubungan dan aktivitas antar proses pembuatan makanan ringan ekstrudat jagung dengan beberapa alternatif yang dapat dilihat pada diagram di bawah ini.

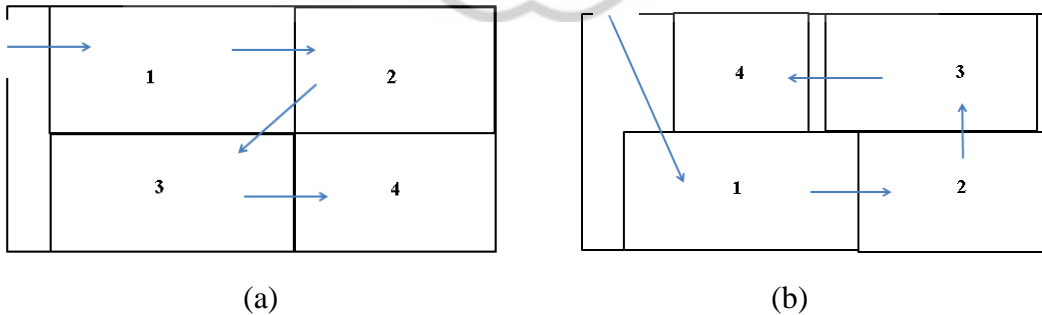
**Diagram 4. 2.** ARD (*Activity Relationship Diagram*)

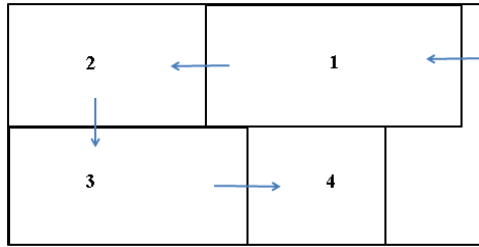


Dari diagram 4.2., ARD (*Activity Relationship Diagram*) di atas dapat dilihat bahwa terdapat 3 alternatif layout yang dibuat berdasarkan ARC dengan hubungan kedekatan antar prosesnya ditentukan menggunakan kode huruf pada sub bab sebelumnya. Angka 1,2,3, dan 4 ini menunjukkan proses yang terjadi. Berdasarkan diagram 4.2., dapat dilihat bahwa proses ekstrusi (1) akan selalu berdekatan dengan proses pemanggangan (2) dan proses flavoring (3) akan selalu berdekatan dengan proses pengemasan (4). Sementara untuk proses pemanggangan (2) terhadap proses flavoring (3) dapat berdekatan tapi sifatnya tidak mutlak. Pada proses ekstrusi (1) dengan dengan flavoring (3) akan selalu tidak berdekatan. Proses ekstrusi (1) dan pemanggangan (2) terhadap proses pengemasan (4) berdasarkan hubungan kedekatan cukup atau dapat diletakkan berdekatan dapat juga tidak.

ARD yang telah dibuat dikembangkan menjadi AAD (*Area Allocation Diagram*) yang sudah memperhatikan hubungan jarak, alur pergerakan sebagai bahan pemilihan, dan tata letak mesin yang dapat dilihat pada diagram di bawah ini.

**Diagram 4. 3.** Area Allocation Diagram (AAD)





(c)

Dari diagram 4.3., di atas dapat diketahui bahwa pembentukan alternatif layout di atas berdasarkan pada pembuatan ARD sebelumnya. Pembuatan AAD ini bertujuan untuk mempermudah dan menunjukkan mesin serta alur proses produksi makanan ringan ekstrudat jagung. Alur proses ini ditunjukkan dengan tanda panah warna biru dan mengikuti urutan angka yang tertera pada diagram di atas.

AAD yang dibuat ini merupakan salah 1 dari 4 rancangan *pilot plant* yang lainnya, yang letaknya ada di sisi sebelah kanan belakang dari keseluruhan *pilot plant*. Dalam perancangan layout ini digunakan hanya 1 pintu untuk mengurangi kontak ruangan dengan lingkungan yang dapat menyebabkan terjadinya kontaminasi yang dapat menurunkan kualitas dari produk yang diproduksi. Selain itu pintu yang digunakan merupakan akses keluar masuk sehingga ukuran pintu tidak terlalu kecil maupun terlalu besar. Selain itu pintu yang dipilih letaknya dekat dengan mesin ekstrusi karena jika bahan baku secara tidak sengaja terkontaminasi maka dapat di deaktivasi saat proses ekstrusi tersebut karena prosesnya menggunakan suhu tinggi yang dapat untuk membunuh mikroorganisme. Dalam proses ekstrusi ini membutuhkan waktu 5-10 detik menggunakan suhu 120 -160 °C, yang dapat dikenal dengan HTST atau (*High Temperature Short Time*) (Fellows, 2000 dalam Utami & Widyaningsih, 2015).

Sebagai standar pemilihan AAD untuk pembuatan tata letak, ditetapkan beberapa kriteria yaitu alur pergerakan manusia (*allowance*), ukuran mesin dan lahan, serta risiko kontaminasi yang mungkin terjadi.

Dari diagram 4.3., di atas dapat dilihat bahwa AAD alternatif 1 (kode a) memiliki alur lurus dari pintu langsung menuju ke proses 1, pada proses 1 ini terjadi deaktivasi mikroorganisme sehingga kontaminasi mikroorganisme melalui pintu dapat mati. Kemudian dari proses 1 menuju ke proses 2 alurnya masih lurus, namun dari proses 2 ke proses 3 memiliki alur yang berbelok, kemudian



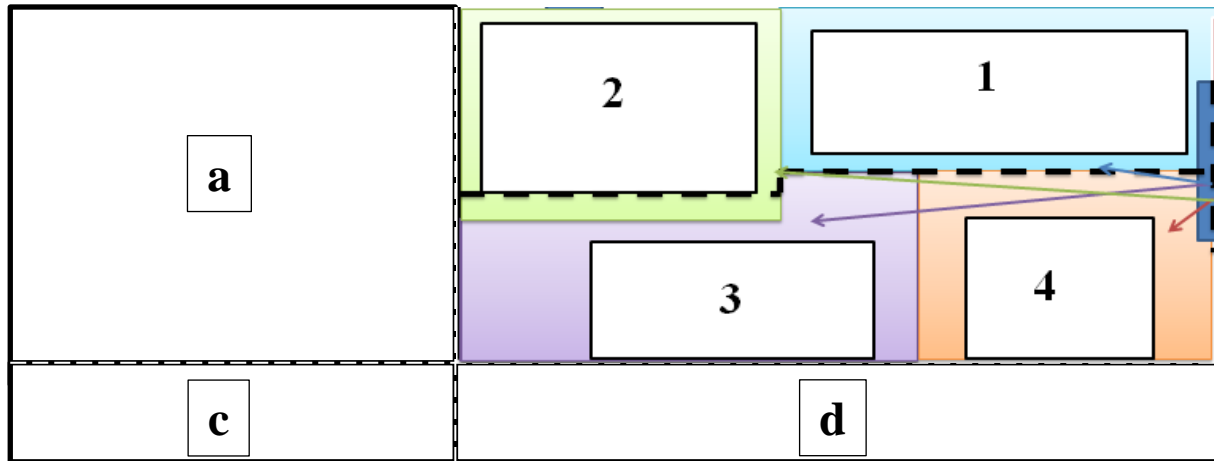
dari proses 3 ke 4 alur kembali lurus seperti semula. Alur berkelok ini tidak disarankan karena dapat menghambat laju produksi dan mengurangi alur gerak (Wignjosoebroto, 2009). Alternatif ini tidak disarankan karena terdapat alur berkelok yang dapat mengurangi area gerak, selain itu mesin pengemas berada di ujung belakang sehingga akan kesulitan dalam proses pengangkutan produk dari dalam area produksi keluar sehingga alternatif 1 dengan kode a tidak dipilih menjadi tata letak.

Alternatif 2 (kode b) memiliki 1 pintu di ujung kiri belakang, arus proses yang terjadi adalah dari pintu masuk langsung lurus menuju ujung untuk masuk pada proses 1, kemudian proses 1 ke proses 2 dan selanjutnya sampai proses berakhir alur proses lurus namun tetap mengikuti bentuk ruangan sehingga membentuk huruf U. Tata letak alternatif ini tidak disarankan juga karena pintu sebagai sumber kontaminasi letaknya berada dekat dengan proses 4 yang memiliki tingkat higienitas 2. Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya bahwa proses 3 dan 4 merupakan proses dengan tingkat higienitas tingkat 2 yaitu *high care* sehingga harus mengurangi kontak dengan sumber kontaminasi seperti pintu hal ini sesuai dalam Candra (2011) bahwa proses pengemasan harus dilakukan secara terkendali untuk mengurangi resiko kontaminasi.

Alternatif 3 (kode c) memiliki 1 pintu dari sisi samping belakang, alur prosesnya membentuk huruf U dimulai dari proses 1, 2, 3, dan ke-4, alur ini disarankan karena letak sumber kontaminan dekat dengan proses yang mampu mendeaktivasi mikroorganisme, letak proses 4 tidak terlalu dekat ataupun jauh dari pintu sehingga dapat meminimalkan resiko kontaminasi pada area *high care* dan memudahkan dalam memasukkan bahan ke proses 1 dan mengeluarkan produk dari proses 4, selain itu letak mesin terpisahkan secara nyata suhunya.. Dapat dilihat bahwa alternatif c memiliki berbagai kelebihan sehingga diputuskan bahwa tata letaknya *pilot plant* yang digunakan adalah tata letak menggunakan kode c.

#### **4.3.8. Pembuatan AAD (*Area Allocation Diagram*)**

Berdasarkan beberapa alternatif yang telah disajikan di atas, AAD alternatif 3 dirasa lebih cocok dan dapat untuk dikembangkan rancangan tata letak *pilot plant* makanan ringan ekstrudat jagung seperti pada gambar di bawah ini.



Skala 1:40 cm

Gambar 4. 2. Tata Letak Pilot plant

Keterangan :

a = *pilot plant* minuman karbonasi; b = *pilot plant* ekstrudat; c = *pilot plant* mie kering; d = *pilot plant* crackers; proses 1 = ekstrusi; proses 2 = Pemanggangan; proses 3= flavoring; proses 4= pengemasan; area berwarna biru dan hijau = merupakan area risiko rendah; area berwarna ungu dan merah = merupakan area risiko tinggi ; garis titik-titik = area pembatas area risiko rendah dengan tinggi; area berwarna biru = area kerja proses 1; area berwarna hijau = area kerja proses 2; area berwarna ungu = area kerja proses 3; area berwarna merah = area kerja proses 4; panah biru = alur proses 1; panah hijau = alur menuju proses 2; panah ungu = alur menuju proses 3; panah merah = alur menuju proses 4

Pada gambar 4.1., di atas dapat dilihat bahwa terdapat 4 jenis *pilot plant* dalam 1 ruangan yaitu *pilot plant* minuman karbonasi, *pilot plant* ekstrudat, *pilot plant* mie kering, *pilot plant* crackers, sementara *pilot plant* daging olahan berada pada ruangan yang berbeda. *Pilot plant* ekstrudat ini berada pada sisi belakang kanan yang bersebelahan dengan *pilot plant* minuman karbonasi hal ini dirancang agar sesuai dengan jenis produknya. *Pilot plant* a merupakan produk cair, miniplant b,c,d merupakan produk padat. Dalam ruangan tersebut setiap rancangan *pilot plant* dipisahkan menggunakan sekat pemisah yang dapat membantu untuk mengurangi kontak langsung antar *pilot plant* yang dapat menyebabkan resiko kontaminasi silang antar produknya hal ini sesuai dengan yang dinyatakan Holah (2011).

Penggunaan sekat pemisah selain dilakukan antar *pilot plant* juga dilakukan dalam *pilot plant* ekstrudat itu sendiri pada beberapa prosesnya. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4. 1., antara proses 1 dan 2 ke proses 3 dan 4. Penyekatan ini untuk membantu memisahkan antar proses dengan tingkat higienitasnya Holah (2011). Pada proses 1 dan 2 tingkat higienitasnya 4 karena terdapat deaktivasi mikroorganisme disana menggunakan suhu tinggi, sementara pada proses 3

dan 4 tidak terdapat proses deaktivasi mikroorganisme lagi, selain itu digunakan suhu rendah untuk proses flavoring dan pengemasan sehingga perlu adanya sekat pembatas antar prosesnya.

Perkiraan jarak yang digunakan antar bagian dalam *pilot plant* makanan ringan ekstrudat jagung dapat dilihat pada tabel 4.10., di bawah ini :

**Tabel 4. 10. Jarak Antar Bagian dalam *Pilot plant***

Bagian 1 – Bagian 2	Jarak (cm)
Mesin 1 – dinding dalam belakang	10
Mesin 1 – pintu masuk	14
Mesin 1 – dinding dalam samping kanan	14
Mesin 2 – dinding dalam belakang	10
Mesin 2 – <i>pilot plant</i> minuman karbonasi	10
Mesin 3 – <i>pilot plant</i> minuman karbonasi	71
Mesin 3 – <i>pilot plant</i> crackers	0
Mesin 4 – <i>pilot plant</i> crackers	0
Mesin 4 – dinding dalam samping kanan	30
Mesin 1 – mesin 2	30
Mesin 1 – mesin 3	49,8
Mesin 1 – mesin 4	38,6
Mesin 2 – mesin 3	30
Mesin 3 – mesin 4	49,2
Lebar pintu	90

Perkiraan luas lantai produksi yang digunakan antar bagian dalam *pilot plant* makanan ringan ekstrudat jagung dapat dilihat pada tabel 4.11., di bawah ini :

**Tabel 4. 11. Perkiraan Luas Lantai Produksi**

Nama Mesin	Dimensi (pxlxt)	Luas Mesin	Area Kerja	Lantai Produksi	<i>Allowance</i> (%)
	Mesin (m)	$(m^2)$	$(m^2)$	$(m^2)$	(%)
Ekstrusi	2,00 x 0,70 x 1,60	1,400	0,741	2,141	152,92
Pengeringan ekstrudat	1,46 x 0,96 x 1,24	1,402	0,668	2,070	147,66
Pencampuran dan Pembumbuan	1,50 x 0,65 x 1,50	0,975	1,163	2,120	219,24
Pengemasan	1,00 x 0,8 x 1,54	0,800	0,869	1,669	208,67

Total	-	4.577	3,441	8,000	728,49
-------	---	-------	-------	-------	--------

Dari data pada tabel 4.10., dan tabel 4.11., dapat dilihat mengenai jarak antar bagian dalam *pilot plant* dan perkiraan luas lantai produksi. Pada tabel 4.10., jarak mesin dengan pintu masuk adalah 14 cm serta jarak mesin 1 ke dinding belakang adalah 10 cm, jarak tersebut termasuk dalam lingkup luas lantai produksi mesin 1 seperti pada tabel 4.11., jika dilihat pada gambar 4.1., maka dapat diketahui bahwa jarak mesin 1 ke pintu merupakan area kerja mesin. Jarak ini tidak terlalu besar karena untuk persiapan bahan, pemasukan bahan baku, *setting* mesin, serta pembersihannya dilakukan di sepanjang area kerja yaitu  $0,741\text{m}^2$  sehingga jarak pintu dengan mesin hanya untuk mempermudah pembersihan alat. *Allowance* mesin 1 sebesar 152,92% yang menunjukkan bahwa luas lantai produksi tidak mencapai 2 kali lebih besar dibandingkan luas mesin namun luas area kerja sedikit lebih besar dibandingkan luas mesin sehingga masih memungkinkan untuk terjadi alur pergerakan. Area kerja mesin 1 tidak dapat diperbesar karena keterbatasan lahan.

Pada mesin 1 ke mesin 2 dapat dilihat pada pada tabel 4.10., bahwa jaraknya sebesar 30cm hal ini untuk mengurangi kontak langsung produksi ekstrusi dengan lingkungan dan untuk mengoptimalkan hasil produksi. Antara mesin 1 dan 2 terdapat conveyor produk sehingga tidak perlu area yang terlalu luas untuk alur pergerakan manusia. Jarak antara mesin 2 dengan dinding belakang dan terhadap area *pilot plant* minuman karbonasi adalah 10 cm hal ini untuk mempermudah proses pembersihan dan untuk mempermudah penanganannya agar tidak bersentuhan langsung dengan dinding dan area *pilot plant* lainnya. Jarak antara mesin 2 menuju ke mesin 3 terdekat adalah 30cm namun pada sisi depan lainnya terdapat jarak yang lebih lebar untuk area conveyor produk berbentuk L sebesar 0,94 m. Area kerja untuk mesin 2 adalah  $0,668\text{m}^2$  dengan luas lantai produksi adalah  $2,070\text{m}^2$  tertera pada pada Tabel 4.11. Pada area kerja ini dilakukan untuk *setting* alat dan proses pembersihan. *Allowance* mesin 2 sebesar 147,66% yang menunjukkan bahwa luas lantai produksi tidak mencapai 2 kali lebih besar dibandingkan luas mesin namun hal ini tidak terlalu masalah karena selama proses produksi tidak menggunakan bantuan manusia atau otomatis sehingga alur pergerakan manusia tidak terlalu besar. Area kerja mesin 2 tidak dapat diperbesar karena keterbatasan lahan.

Mesin 3 pada tabel 4.10., memiliki jarak sebesar 71 cm antara mesin dengan *pilot plant* minuman karbonasi, jarak ini termasuk dalam area kerja mesin 3. Pada jarak ini terdapat conveyor produk dan dapat digunakan sebagai area pembersihan. Jarak mesin 3 terhadap *pilot plant* crackers adalah 0cm hal ini karena antar *pilot plant* terdapat sekat pembatas antar *pilot plant* yang dapat mengurangi kontaminasi silang. Sementara jarak antara mesin 3 dengan mesin 4 adalah 49,2 cm area ini termasuk dalam 2 area kerja, terdapat conveyor produk antara area 3 dan 4. Pada pada tabel 4.11., dapat dilihat bahwa luas mesin 3 adalah 0,975 m<sup>2</sup> dengan luas area kerja adalah 1,163 m<sup>2</sup> yang digunakan untuk setting alat dan pembersihan alat. Dengan demikian, *allowance* mesin 3 sebesar 219,24%. Hal ini menunjukkan luas lantai produksi 2 kali lebih besar dibandingkan luas mesin, dan luas area kerja lebih besar dibandingkan luas mesin. Kecepatan aplikasi juga tidak dapat diatur karena coating pan hanya memiliki satu kecepatan yaitu 50 rpm. Dalam proses flavoring ini membutuhkan waktu kurang lebih 3-5 menit, jika lebih dari itu maka persentase kelekatan bubuk flavor pada ekstrudat akan berkurang dan rontok. Semakin kecil ukuran partikel seasoning maka seasoning akan lebih mudah melekat pada produk (Chandra, 2011).

Mesin 4 pada tabel 4.10., memiliki jarak terhadap *pilot plant* crackers sebesar 0 cm hal ini dikarenakan antar *pilot plant* telah terdapat sekat pembatas yang dapat meminimalisir kontak langsung antar 2 *pilot plant* dan untuk meminimalisir kontaminasi silang antar 2 *pilot plant*. Mesin 4 terdapat dindin samping kanan memiliki jarak 30 cm, jarak ini termasuk dalam area kerja yang digunakan untuk area pembersihan. tabel 4.11., dapat dilihat bahwa luas mesinnya adalah 0,8 m<sup>2</sup> dengan luas lantai produksi adalah 1,669 m<sup>2</sup> sehingga area kerjanya sebesar 0,869 m<sup>2</sup>. Area kerja ini digunakan untuk pembersihan, setting alat, pengambilan serta penampungan produk akhir. *Allowance* mesin 4 sebesar 208,67% yang menunjukkan bahwa luas lantai produksi 2 kali lebih besar dibandingkan luas mesin atau luas area kerja sedikit lebih besar dibandingkan luas mesin.

Mesin 1,2,3, dan 4 memiliki roda pada mesinnya sehingga mempermudah untuk proses pembersihannya, selain itu dengan adanya roda dapat mempermudah untuk proses pemindahan alat jika diperlukan (fleksibel).

#### **4.5. Parameter Keberhasilan *Pilot plant***

Parameter keberhasilan dalam pembuatan *pilot plant* ada 3 yaitu efisiensi dan efektivitas produksi, fleksibilitas, mampu membuktikan konsep. Efisiensi dan efektivitas ini juga dilihat dari waktu yang dibutuhkan serta produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada juga terkait dengan biaya dan energi yang dibutuhkan., namun hal ini dapat dibuktikan setelah *pilot plant* ini terbentuk dan dilakukan trial.

Fleksibilitas dalam hal ini adalah kemampuan untuk menghadapi perubahan jenis produk dan jumlah yang diproduksi (Whalley, 2016). Fleksibilitas keberhasilan *pilot plant* adalah produk yang diproduksi memungkinkan untuk memproduksi ekstrudat dari berbagai bahan baku, menghasilkan berbagai bentuk ekstrudat, dan berbagai ukuran ekstrudat. Selain itu fleksibel dalam pergerakan alat-alat produksinya. *Pilot plant* ekstrudat ini memenuhi syarat keberhasilan fleksibilitas karena dengan alat ekstrusi *double screw* ini dapat untuk memproduksi berbagai jenis ekstrudat dari berbagai bahan baku seperti kacang hijau, beras, jagung, dan lainnya baik dalam bentuk bahan baku tepung ataupun granula, baik dengan atau tanpa penambahan cairan. Ukuran ekstrudat yang berbeda-beda dapat dilakukan pengaturan, sementara untuk merubah bentuk ekstrudatnya dapat mengganti bentuk die-nya. Sementara untuk fleksibilitas mesin dilakukan dengan perancangan setiap mesin yang menggunakan roda agar dapat memudahkan dalam proses pembersihan dan pemindahan mesinnya sesuai dengan kebutuhan produksinya.

Parameter ketiga yaitu pembuktian konsep *pilot plant*, pembuktian konsep *pilot plant* ekstrudat ini terkait sanitasi, hygiene, dan pembersihan. Perancangan produksi *pilot plant* ini disesuaikan dengan standar yang ada agar produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada. Dalam proses perancangannya terdapat kombinasi suhu dan tekanan, sehingga perlu adanya penerapan sanitasi dan hygiene dalam proses produksinya. Penilaian terhadap parameter ini dapat dilakukan setelah *pilot plant* dibangun dan dioperasikan.

#### **4.6. Rancangan *Pilot plant* untuk Skala Industri**

Berdasarkan penjelasan yang ada pada bab 3 dan 4 seluruh prosedur yang dilakukan aman dan sesuai dengan prosedur keamanan pangan. Rancangan *pilot plant* makanan ringan ekstrudat

jagung ini fleksibel dengan skala usaha kecil dan skala laboratorium sehingga dapat untuk diaplikasikan langsung agar tetap mengikuti serta mendukung perkembangan IPTEK. Unika Soegijapranata sebagai lembaga pendidikan yang peduli terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi ini membentuk sarana pembelajaran berupa pilot plant yang dapat sebagai pengontrol dan pengendali produk yang diproduksi dari raw-material hingga proses pengemasannya yang termasuk di dalamnya proses sanitasi dan keamanan pangan. Hasil dari pilot plant ini dapat digunakan sebagai evaluasi pelaksanaan untuk digunakan dalam skala industri.

