

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Makanan ringan berupa ekstrudat mengalami pertumbuhan jumlah konsumen yang tinggi sehingga perlu didukung perkembangan teknologi yang berkembang secara dinamis. Unika Soegijapranata melihat bahwa rancangan *pilot plant* tidak hanya berguna sebagai media pembelajaran produksi ekstrudat, namun juga berguna untuk mengikuti perkembangan teknologi ekstrusi. Perkembangan teknologi ini menghasilkan produk ekstrudat yang banyak digemari dan mengalami pertumbuhan pada 10 tahun terakhir serta pada tahun 2020 terdapat $\pm 60\%$ masyarakat Indonesia yang mengkonsumsi makanan ringan (Prihatminingtyas, 2016).

Berbagai inovasi baru terhadap produk teknologi pangan sangat pesat terutama terhadap permintaan pasar terhadap makanan ringan berupa ekstrudat yang tinggi ini, maka perlu diimbangi dengan perkembangan IPTEK (ilmu pengetahuan dan teknologi) juga. Diperlukan teknologi kecil yang mampu ditampung dalam skala universitas yaitu *pilot plant* yang dapat digunakan untuk membantu mengimbangi perkembangan teknologi tersebut.

Saat ini sudah banyak referensi mengenai mesin dan peralatan, proses produksi, tata letak, sanitasi, dan pola aliran yang dapat ditemui dalam bentuk jurnal, buku, ataupun video pembelajaran yang dapat digunakan selama proses produksinya, namun perlu dilakukan sebuah rancangan *pilot plant* untuk menyatukan berbagai aspek di atas menjadi satu kesatuan yang dapat menghasilkan proses yang efektif, efisien, dan fleksibel untuk disesuaikan dengan perkembangan jaman yang ada.

Rancangan *pilot plant* ini ditujukan untuk proses produksi ekstrudat sehingga perlu adanya *pilot plant* yang dikembangkan tidak hanya untuk proses produksi ekstrudat tapi juga untuk pelatihan proses produksi, evaluasi teknologi yang sedang berkembang, dan uji coba teknologi baru. Rancangan ini tidak membahas mengenai manajemen tetapi difokuskan pada aspek-aspek teknis pada proses produksi makanan ringan, kebutuhan mesin dan peralatan, serta pengaturan tata letak.

Tugas akhir ini membuat kajian mengenai pembuatan skema produksi ekstrudat secara baik, menjadikan penataan letak ruangan produksi agar lebih nyaman, aman, mudah, dan fleksibel dengan cara diaplikasikan dalam rancangan *pilot plant* yang mampu mengimbangi

perkembangan teknologi saat ini. Pilot plant sendiri merupakan tiruan skala kecil dari industri komersial sehingga proses produksinya memiliki kapasitas yang lebih kecil dan dapat menekan biaya produksi, mengurangi resiko kerugian, dan cocok dilakukan dalam tingkat universitas (Hafni L, 2016 dan Sharma dan Khumbar, n.d.; Dhabole et al., 2018). Oleh karena itu perlu dilakukan pengkajian mengenai *pilot plant* dalam memproduksi makanan ringan ekstrudat agar dapat menghasilkan produk sesuai standar SNI 2886:2015.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Produk Ekstrudat

Selama pandemi ini kita disibukkan dengan berbagai aktivitas yang dilakukan di rumah sehingga sangat cocok jika ditemani dengan makanan instan, produk yang digemari saat ini menurut google trend adalah snack dapat dilihat pada **Lampiran 1.**, salah satu contohnya adalah produk ekstrudat. Makanan ringan yang terbentuk dari ekstruder memiliki berbagai macam varian seperti, cereal, makaroni, keripik dan lainnya (Nasir & Harijono, 2018). Saat ini ekstrudat termodifikasi dengan adanya penambahan flavor dan menggunakan bahan baku pengolahan yang melimpah dan memiliki harga yang relatif murah yaitu sereal.

Produk ekstrudat memiliki karakteristik mikrostruktur tekstur yang dapat diketahui melalui uji sensori yaitu kekerasan dan kerenyahan (Suryanti, Haryati, Noerkhaerin, & Heryana, 2018). Tekstur ekstrudat akan terbentuk akibat tekanan dan kondisi aliran dalam lubang kecil yang diberikan oleh extruder karena dapat meluruskan protein dari bahan pangan (Hariyadi P, 2000). Semakin tinggi pati dalam bahan yang digunakan maka volume yang akan dihasilkan setelah proses ekstrusi akan semakin meningkat sehingga teksturnya akan semakin renyah (Salahudin & Syamsixman, 2010). Untuk menjaga kerenyahan produk maka harus dijaga kadar air produk $\pm 3\%$. produk ekstrudat umumnya dikemas dalam kemasan nitrogen yang bertujuan untuk menghindari kerusakan pada produk serta memperpanjang umur simpan., di mana menurut Ajita dan Jha (2017) nitrogen yang dimasukkan dalam kemasan dapat membantu memperpanjang umur simpan produk karena dapat mengurangi penyerapan air selama penyimpanan hingga 0,3%. Pengemasan dengan nitrogen ini juga memperlambat laju oksidasi minyak sehingga tidak mudah tengik.

1.2.2. Pengertian dan Standar Ekstrudat

Makanan ringan yang beredar di masyarakat seperti *extruded snack food* atau lebih dikenal dengan chiki. Makanan ringan ini diproduksi menggunakan suhu (120 -160 °C) dan tekanan yang tinggi 15 – 200 atm sehingga memaksa bahan baku untuk keluar melewati sistem ulir mengalir yang dapat menyebabkan bahan menjadi mengembang yang disebut dengan proses ekstrusi. Proses pemasakan yang terjadi ini berasal dari konversi energi mekanik dari gesekan antara bahan yang ada dengan struktur ulir mesin yang menyebabkan adanya aliran panas (Hariyadi, 2000 dalam Salahudin & Syamsixman, 2010). Dalam pemasakan bahan akan mengalami berbagai perubahan baik fisik, komponen kimia dan gizinya seperti karbohidrat (pati), protein, dan lemak (Salahudin & Syamsixman, 2010). Perubahan sifat bahan dapat terjadi dengan cepat ketika bahan tersebut memiliki sifat plastis yang akan terdesak melewati “die” yang menyebabkan suhu dan tekanannya menurun (Salahudin & Syamsixman, 2010).

Standar pembuatan ekstrudat tertera pada lampiran 5., yang telah diatur pada SNI yang telah mengatur mengenai syarat mutu makanan ringan ekstrudat.

1.2.3. Bahan Pembuatan Ekstrudat Jagung

Bahan baku yang digunakan dalam produksi ekstrudat ini berdasarkan Google Trend dapat dilihat pada **lampiran 2.**, yaitu jagung karena selain bahan bakunya yang mudah diperoleh, pertumbuhannya cepat, juga digemari oleh masyarakat. Pemilihan jagung sebagai bahan ekstrusi karena kandungan patinya yang lebih tinggi yaitu 28% dibandingkan beras ada 15-23% sehingga akan lebih mudah mengembang saat tergelatinisasi (Salahudin & Syamsixman, 2010). Jumlah air yang lebih sedikit akan menghasilkan gelatinisasi yang rendah yang menyebabkan derajat pengembangan rendah (Utami & Widyaningsih, 2015). Makanan ringan yang biasa beredar di pasaran terbuat dari jagung (*Zea mays L.*) karena memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi seperti karbohidrat, protein, serat, mineral (Mg, K, Ca, Na, P, Fe, dan Ca), isoflavon, antosianin, beta karoten (provitamin A) komposisi asam amino esensial, dan asam lemak esensial (Amin & Subri, 2018). Isoflavon yang terdapat pada jagung adalah flavonoid yang berfungsi sebagai antioksidan yang dapat mengikat radikal bebas. Betakaroten (provitamin A) dan antosianin dapat bermanfaat untuk anti kanker, anti penuaan, dan antivirus. Protein berupa Asam amino esensial yaitu lisin dan triptofan dapat berfungsi sebagai prekursor serotonin (vitamin B) dan dapat membangun hubungan antara protein (kolagen) dan biosintesis karnitin. Asam lemak esensial

dapat berfungsi sebagai tumbuh kembang sistem syaraf termasuk otak (Suarni & Yasin, 2015). Kandungan air, abu, protein, lemak, dan karbohidrat ini setelah proses ekstrusi tetap ada, perbedaan yang mungkin terjadi adalah jika selama proses produksi terdapat bahan tambahan lain yang dapat mempengaruhi kandungan dari jagung yang dapat mempengaruhi hasil akhirnya seperti penambahan air (Santosa, Sudaryono, & Widowati, 2006).

Bahan baku yang digunakan proses pembuatan ekstrusi akan berbeda-beda sehingga kadar airnya harus diatur menggunakan proses pengeringan yang dapat diatur suhu dan lama waktu pengeringannya. Kadar air bahan baku akan lebih tinggi dibandingkan kadar air ekstrudat karena selama proses ekstrusi air dalam bahan akan menguap akibat pemanasan pada ekstruder (Utami & Widyaningsih, 2015).

Dalam pembuatan ekstruder jagung ini diberikan bahan tambahan pangan berupa penyedap rasa dan aroma. Penyedap rasa yang ditambahkan dalam produk jadi ini akan menambahkan atau mempertegas rasa dan aroma asli dari makanan tersebut (Badan Standar Nasional, 2015).

1.2.4. Cara Produksi Ekstrudat

Metode pengolahan ekstrusi dapat menggunakan mesin yang disebut ekstruder atau juga dapat langsung digoreng. Kedua cara yang berbeda tentunya akan memberikan hasil yang berbeda juga. Keunggulan dari produk ekstrusi adalah selama pengolahannya kadar airnya akan turun karena air dalam bahan baku akan menguap dan hilang. Semakin rendah kadar air dalam bahan pangan maka tingkat kerusakannya akan lebih rendah dibandingkan bahan pangan dengan kadar air yang tinggi. Selain itu dalam kadar air rendah akan memiliki aktivitas air yang rendah pula sehingga bakteri tidak dapat hidup dan masa simpan produk akan lebih lama (Utami & Widyaningsih, 2015). Aktivitas air dibawah 0,99 dapat memperpanjang umur simpan karena bakteri tidak dapat hidup dengan baik selain itu jamur tidak dapat tumbuh di bawah Aw 0,81(Oktavia, 2007).

Ekstruder ini memiliki berbagai jenis dan disesuaikan dengan kebutuhan penggunaannya. Produksi ekstrusi dengan ekstruder adalah bahan baku baik granula ataupun tepung dimasukkan dalam hopper akan turun dan berada di antara barel dan ulir putar mesin ekstrudat dengan suhu panas sehingga mengalami proses pemasakan, sehingga air yang ada terperangkap di dalam akan keluar dengan bantuan dorong dengan tekan tertentu untuk melewati die secara paksa maka

bahan baku akan mengembang (*puffing*) dan terbentuklah ekstrudat sesuai bentuk dari die yang digunakan (Salahudin & Syamsixman, 2010).

Dalam proses ekstrusi ini membutuhkan waktu 5-10 detik menggunakan suhu tinggi yang dapat dikenal dengan HTST atau (*High Temperature Short Time*) (Fellows, 2000 dalam Utami & Widyaningsih, 2015). Keuntungan ekstrusi seperti efisien waktu dan biaya, produktivitas tinggi, karakteristik produk yang dihasilkan bervariasi baik tekstur, bentuk, dan warna, dapat membunuh mikroba dalam suhu tinggi (Utami & Widyaningsih, 2015).

Reaksi kimia yang mungkin terjadi dalam ekstrusi adalah gelatinisasi molekul pati, pembentukan senyawa flavor, dan pemecahan protein. Biji jagung yang telah lepas dari kulit air dan dedaknya disebut dengan granula jagung. Granula bagus digunakan dalam pembuatan *snack* karena produk yang dihasilkan renyah dan mudah mengembang (Muchtadi et al., 1988 dalam Salahudin & Syamsixman, 2010).

Bahan baku yang dapat digunakan yaitu bahan pangan sebagai sumber karbohidrat dan/atau protein dalam bentuk bulir, grit dan/atau bubuk atau tepung (Badan Standar Nasional, 2015). Produk ekstrusi terbentuk dari biopolimer alami yang berasal dari bahan baku seperti sereal, tepung umbi-umbian tinggi pati, lemak dari biji kacang-kacang, dan protein dari sumber kaya protein. Bahan baku yang paling umum digunakan adalah jagung, beras, kentang, gandum hitam, barley, oat, sorgum, ketela pohon, tapioka, dan tepung kacang-kacangan seperti kacang hijau dan kedelai (Estiasih & Ahmadi, 2009). Untuk bahan baku tunggal dapat dilakukan pada mesin ekstruder ulir tunggal, sementara untuk bahan baku ganda dapat digunakan pada mesin ekstrudat ulir ganda. Bentuk bahan baku yang digunakan untuk mesin ulir tunggal lebih cocok dengan bentuk grits atau giling kasar, karena jika berbentuk tepung dapat menghasilkan banyak loss product (Salahudin & Syamsixman, 2010). Pada single screw jarak antara *screw* dengan tabung luar sangat dekat, apabila terjadi sumbatan antara dinding tabung dan *screw*, maka tidak ada keluar sehingga hasil produksi tidak optimal (Tony Handoko, 2006).

1.2.4.1. Faktor - Faktor Ekstrusi

Proses ekstrusi dipengaruhi oleh dua faktor yaitu jenis mesin ekstruder dan sifat dari bahan pangan yang digunakan. Parameter penting dalam ekstrusi adalah tekanan, suhu, die atau dapat disebut diameter lubang pencetak, dan rata – rata potongan yang dapat dipengaruhi oleh desain

dan kecepatan dalam barrel dan geometri dari *screw* mesin ekstrusi yang digunakan (Utami & Widyaningsih, 2015).

Perubahan panas dalam mesin menyebabkan denaturasi karena air yang ada semakin berkurang. Pati menjadi kehilangan kristalinitas, pengembangan granula dan *leaching*. Granula pati akan pecah dan matriks amilosa membentuk jaringan gel. Pada saat terjadi kontak protein dan pati, terbentuk matriks pati-protein yang stabil melalui ikatan hidrogen, kovalen, dan ionik. Dalam proses ini dapat terjadi reaksi maillard yang dapat memberikan warna kecoklatan pada ekstrudat karena ada reaksi antara gula pereduksi dari karbohidrat dengan asam amino (gugus amina primer) dari protein. Glukosa dan fruktosa dapat didapatkan dari terpecahnya ikatan glikosidik dari sukrosa pada gula non-reduksi yang terjadi pada suhu tinggi (Utami & Widyaningsih, 2015). Kadar air dalam bahan baku dapat mempengaruhi sifat plastis dan elastis, komponen kimia (karbohidrat, pati, protein, gula, lemak), dan jenis bahan baku dapat mempengaruhi hasil dari ekstrudat. Semakin rendah kadar air dalam bahan pangan maka tingkat kerusakannya akan lebih rendah dibandingkan bahan pangan dengan kadar air yang tinggi. Selain itu dalam kadar air rendah akan memiliki aktivitas air yang rendah pula sehingga bakteri tidak dapat hidup dan masa simpan produk akan lebih lama.

Bahan yang digunakan dalam kondisi yang kering dan berbentuk yang bubuk, tepung, grit, atau bulir (Badan Standar Nasional, 2015). Butiran yang lebih besar dibanding tepung namun telah melalui proses pengecilan dari ukuran aslinya disebut grit. Ukuran bahan yang digunakan diatur $\pm 1 - 5$ mm untuk memudahkan dalam proses pemanasan dalam mesin sehingga semakin besar bahan perpindahan panasnya akan semakin lama selain itu perpindahan massa dalam mesin juga akan semakin lama (Fellow, 2000 dalam Suryanti, 2018). Menurut (Ang et al., 1980 dalam Shadiq, 2010) ekstrudat dapat hangus, tidak padat, kurang mengembang, dan rusak jika bahan baku yang digunakan memiliki ukuran 60 mesh atau terlalu halus seperti tepung (Utami & Widyaningsih, 2015).

1.2.4.2. Jenis - Jenis Ekstrusi

Menurut Estiasih & Ahmadi (2009) proses ekstrusi dibagi menjadi 2 berdasarkan suhunya:

- a. Ekstrusi panas (*hot extrusion*)

Ekstrusi panas adalah proses pemasakan menggunakan suhu tinggi $\pm 180-190^{\circ}\text{C}$ selama 20-40 detik *High Temperature Short Time* (HTST) yang menyebabkan proses gelatinisasi baik secara parsial maupun total.

b. Ekstrusi dingin (*cold extrusion*).

Ekstrusi dingin merupakan proses pemasakan menggunakan suhu yang relatif tidak terlalu tinggi yaitu temperatur rendah dibawah 70°C dan digunakan untuk membuat pasta tanpa menggunakan input energi panas tambahan dan hanya mengandalkan panas yang dihasilkan oleh proses friksi sehingga alat yang digunakan merupakan ekstruder sederhana yang disebut pasta maker.

Kedua proses diatas mengalirkan adonan yang terbuat dari komponen utama tepung melalui barrel ekstruder (Amin & Subri, 2018).

Perubahan Karakteristik Kimia selama Ekstrusi

Komponen kimia seperti protein dapat terdenaturasi selama proses sehingga mengalami pemutusan ikatan hidrogen, sehingga semakin tinggi kadar protein dalam bahan maka rasio pengembangannya akan semakin turun. Komponen kimia seperti lemak yang tinggi dapat menyebabkan reaksi antara fraksi amilosa dengan asam oleat sehingga derajat pengembangan tidak maksimal. Komponen kimia seperti karbohidrat selama proses dapat terjadi gelatinisasi pati yang dapat meningkatkan pengembangan produk (Guy, 2001 dalam Lindriati, 2018)

Gelatinisasi yang terjadi pada pati terjadi karena adanya panas, tekanan, dan gesekan. Gelatinisasi pada pati tergantung pada bahan baku yang digunakan dan kondisi proses ekstrusi, selain itu semakin rendah kadar dan suhu proses yang tinggi menyebabkan kemampuan gelatinisasinya meningkat (Salahudin & Syamsixman, 2010).

Denaturasi protein dapat terjadi karena ikatan intramolekul protein yang terpecah akibat adanya tekanan dan suhu tinggi pada mesin ekstruder. Denaturasi protein ini menyebabkan modifikasi struktur tersier dan kuartener sehingga dapat menyebabkan turunnya kelarutan, peningkatan kekentalan, hilangnya aktivitas biologi, dan protein menjadi mudah diserang enzim proteolitik (Fennema, 1985 dalam Oktavia, 2007).

Pada pati jagung terdapat sekitar 24% amilosa dan 76% amilopektin yang berperan dalam membantu pembentukan daya awet produk ekstrusi dan tekstur karena amilopektin dapat merangsang terjadinya pemekaran (*puffing*) pada grit jagung jadi semakin tinggi kandungan amilopektin dalam bahan baku akan memberikan sifat akhir yang porous, ringan, kering dan renyah (Utami & Widyaningsih, 2015).

Pengolahan ekstrudat berbentuk *puffed* pada suhu 120-160°C melalui proses *puffing* yaitu mengembangkan granula pati menjadi lebih besar dari volume awalnya. Penambahan volume selama proses *puffing* dapat lebih besar jika diberi penambahan air karena dengan adanya penambahan air menyebabkan molekul air lebih kuat dari pada daya tarik menarik antar molekul pati, sehingga air masuk ke dalam granula. Kandungan pati bahan sangat mempengaruhi daya kembang produk. Kemampuan pengembangan tiap bahan berbeda tergantung jenis dan kandungan patinya.

1.2.5. Mesin dan Peralatan

Menurut Estiasih & Ahmadi (2009) Extruder terbagi menjadi 2 yaitu :

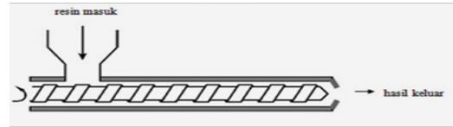
a. Extruder Ulir Tunggal

Berdasarkan intensitas pengadukannya yaitu pengadukan tinggi digunakan untuk proses produk sarapan seperti sereal dan makanan ringan atau snack, pengadukan sedang digunakan untuk proses roti dan produk pangan semi basah, dan intensitas pengadukan rendah untuk proses pasta dan produk daging

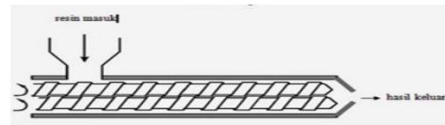
b. Extruder Ulir Ganda

Kemampuannya lebih baik dibandingkan ulir tunggal karena dapat digunakan untuk bahan yang berminyak, berair, lengket, atau bahan-bahan yang tidak dapat diaplikasikan pada ulir tunggal seperti bahan yang memiliki ukuran yang kecil sampai butiran, selain itu kecepatan bahan masuk dan kecepatan fluktuasi produksinya dapat diatur menggunakan gerakan ulir berpindah secara positif.

(Sibarani, Allan, & Santika, 2018)



Gambar 1. 1. Ulir Tunggal



Gambar 1. 2. Ulir Ganda

1.2.6. Definisi Barang, *Pilot plant*, Pabrik, dan Industri

Suatu barang atau jasa yang dapat memberikan kepuasan dari kebutuhan konsumen yang ditawarkan di pasar dapat disebut sebagai produk (Dharma, Lucitasari, & Khannan, 2018). Revolusi industri dari 1.0 berubah pesat hingga saat ini yaitu 4.0 dan telah terjadi penggabungan dari ilmu teknologi digital dan internet dengan industri konvensional yang menyebabkan modernisasi saat ini sehingga penelitian dan pengembangan terhadap penemuan baru akan terus terjadi (Prasetyo & Sutopo, 2018). Saat ini konsep industri 4.0 yaitu *Smart Industry*, *Industrial Internet of Things*, atau *Advanced Manufacturing* hal ini tentu untuk meningkatkan daya saing antar industri sehingga dapat terus berkembang menjadi lebih baik (Prasetyo & Sutopo, 2018).

Pabrik dan industri memiliki pengertian yang berbeda. Industri merupakan sesuatu yang lebih memiliki cakupan yang lebih luas. Pabrik merupakan jenis industri yang terutama menghasilkan produk jasa *finished good product*. (Wignjosoebroto, 2009 dalam Sofyan & Syarifuddin, 2015). Tempat yang terdapat mesin dan peralatan, material, energi, manusia, uang (modal), sumber daya alam seperti air dan tanah, serta terdapat informasi dalam tempat tersebut dan digunakan atau dikelola secara bersama-sama dan menghasilkan produk atau jasa. Kegiatan ekonomi yang bekerja dalam bidang mengelola bahan mentah, bahan baku, bahan setengah jadi, atau barang jadi yang akan dijual kembali untuk mendapatkan nilai yang lebih tinggi untuk mendapatkan keuntungan, termasuk didalamnya industri jasa seperti perancangan atau rekayasa disebut industri (Godam, 2006 dalam Fadhilah, 2013).

Pilot plant adalah sistem produksi pra-komersial yang menggunakan teknologi produksi baru dan / atau produksi dalam skala kecil yang berbasis teknologi baru supaya dapat mempelajari teknologi tersebut. Pengetahuan dan data yang diperoleh pada *pilot plant* kemudian digunakan untuk merancang sistem produksi skala penuh dan produk komersial. Dalam perencanaan produksi

skala *pilot plant* harus mencakup banyak hal mengenai pemeriksaan terhadap formulasi yang digunakan untuk menentukan kemampuan produksi dan modifikasi proses seperti halnya berbagai peralatan pemrosesan yang relevan, ketersediaan bahan baku yang memenuhi spesifikasi produk, dan produk yang dihasilkan dalam skala ini harus selalu dikendalikan dengan adanya proses evaluasi, validasi, dan diselesaikan (Dhobale, Mahale, Shirsat, & Chakote, 2018).

Pengetahuan dan data yang diperoleh pada *pilot plant* kemudian digunakan untuk merancang sistem produksi skala penuh dan produk komersial. Dalam perencanaan produksi skala *pilot plant* harus mencakup banyak hal mengenai pemeriksaan terhadap formulasi yang digunakan untuk menentukan kemampuan produksi dan modifikasi proses seperti halnya berbagai peralatan pemrosesan yang relevan, ketersediaan bahan baku yang memenuhi spesifikasi produk, dan produk yang dihasilkan dalam skala ini harus selalu dikendalikan dengan adanya proses evaluasi, validasi, dan diselesaikan (Dhobale, Mahale, Shirsat, & Chakote, 2018).

Scale-up merupakan peningkatan jumlah produksi per *batch* selain itu prosedur proses yang digunakan sama namun dapat diaplikasikan dengan jumlah volume hasil yang berbeda. Peningkatan *batch* tidak selalu berarti peningkatan ukuran dari volume pemrosesan yang ada. *Scale up* merupakan rangkaian antara *lab scale/pilot plant* dengan produksi ukuran pabrik yang sebenarnya. Dalam skala *pilot plant* proses yang digunakan termasuk sederhana dengan kapasitas produksi rendah, sementara dalam skala *scale up* kapasitas produksi ditingkatkan namun dapat terjadi modifikasi pada beberapa alat atau proses agar output yang dihasilkan sesuai dengan skala *pilot plant* seperti peningkatan kecepatan, penambahan suhu, dan sebagainya (Ramasubramanian, Raj, Sherly, Subramanian, & Solairaj, 2015).

1.2.5.1.Faktor Penentu dan Pola Aliran dalam Perancangan Tata Letak

Faktor yang menjadi penentu dalam penyusunan tata letak pabrik terdapat faktor yang harus dipertimbangkan yaitu:

- a. Sifat produk yang dibuat.
- b. Jenis proses produksi
- c. Jenis barang serta volume produksi yang dihasilkan
- d. Jumlah modal yang tersedia untuk proses produksinya

- e. Keluwesan atau fleksibilitas letak fasilitas-fasilitas untuk mengantisipasi perubahan-perubahan proses di kemudian hari
- f. Aliran barang dalam proses produksi hendaknya sedemikian rupa sehingga tidak saling menghambat atau mengganggu.
- g. Penggunaan ruangan hendaknya selain efektif untuk bekerja, hendaknya juga memperhatikan kesehatan dan keselamatan kerja
- h. Letak mesin-mesin dan fasilitas lain hendaknya juga memperhatikan kemudahan-kemudahan dalam hal pemeliharaan dan pengawasan (Wignjosoebroto, 2009).

1.2.7. Perancangan *Pilot plant*

1.2.7.1. Tata Letak Pabrik

Tata letak merupakan cara untuk mengatur fasilitas yang ada dalam suatu ruangan untuk meningkatkan efektifitas dan kelancaran proses produksi (Sukania, Ariyanti, & Nathaniel, 2016). Tata letak fasilitas produksi menjadi penting karena perpindahan material dari awal hingga akhir harus efisien dan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan sehingga tidak memberikan dampak terhadap perusahaan. Dalam proses produksi terdapat 3 elemen yaitu bahan baku, mesin, dan pekerja. Bahan baku akan lebih sering mengalami perpindahan untuk diproses sehingga harus lebih cepat agar dapat menghemat waktu perpindahan antar prosesnya, selain itu pekerja juga mengalami perpindahan sehingga tata letak penting agar antar pekerja juga tidak mengalami posisi bekerja yang saling bertabrakan sehingga dapat efektif dan efisien (Purnomo, Rusdianto, & Hamdani, 2013). Dengan adanya perencanaan tata letak mesin yang baik, maka gerakan pekerja seperti bolak-balik (*back tracking*), jarak momen perpindahan material bahan baku hingga produk jadi, dan biaya material handling dapat diminimalkan oleh perusahaan (Sofyan & Syarifuddin, 2015).

Tujuan utama dari tata letak pabrik adalah meminimalkan total biaya yang harus dikeluarkan sebagai berikut (Wignjosoebroto, 2000 dalam Sofyan & Syarifuddin, 2015):

- a. Biaya konstruksi dan instalasi untuk bangunan mesin, maupun fasilitas produksi lainnya sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.
- b. Biaya pemindahan bahan.

- c. Biaya produksi, *safety*, dan biaya penyimpanan produk setengah jadi.

Tujuan lainnya adalah untuk mengatur area kerja dan segala fasilitas produksi seperti mesin, peralatan, dan material agar aman dan nyaman sehingga dapat meningkatkan *performance* dari pekerja selain itu juga dapat memberikan keuntungan dalam sistem produksi. (Wignjosoebroto, 2009 dalam Sofyan & Syarifuddin, 2015)

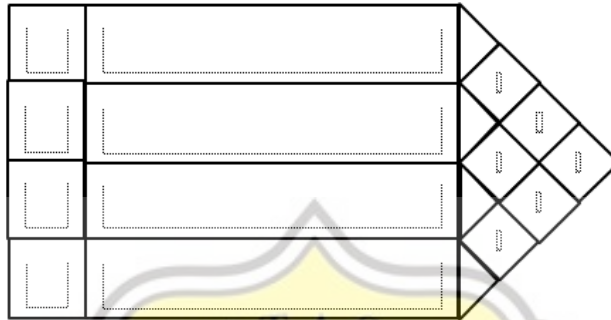
Tata letak pabrik yang baik memberikan manfaat kompetitif bagi perusahaan karena dapat beroperasi dengan biaya rendah, mengurangi waktu tunggu, memfasilitasi produk baru, dan juga memastikan pembuatan produk memiliki kualitas yang tinggi. Manfaat lain dari tata letak pabrik dapat dilihat dibawah ini (Chikwendu, 2016):

- a. Mengurangi biaya penanganan material
- b. Menyediakan kapasitas produksi yang cukup
- c. Memastikan pekerjaan berlangsung tanpa penundaan
- d. Pemanfaatan ruang lantai yang tersedia secara tepat dan efisien
- e. Pemanfaatan tenaga kerja secara efisien
- f. Volume dan fleksibilitas produk
- g. Kemudahan pengawasan dan kontrol
- h. Keselamatan dan kesehatan karyawan
- i. Kemudahan perawatan
- j. Pemanfaatan mesin atau peralatan yang tinggi
- k. Meningkatkan produktivitas
- l. Mengurangi bahaya bagi personel
- m. Meminimalkan penanganan material, waktu, biaya dan memastikan kenyamanan

Metode Tata Letak SLP (*Systematic Layout Planning*)

Metode ini digunakan untuk menyelesaikan masalah – masalah yang terjadi pada aktivitas produksi, pergudangan, transportasi, *supporting service*, dan aktivitas dalam perkantoran (*office layout*) (Sukania et al., 2016). Metode ini digunakan untuk membuat tata letak pada lokasi kerja dengan menempatkan bagian yang mempunyai hubungan dan frekuensi keterdekatan yang tinggi dengan tahapan-tahapan seperti berikut:

- Penentuan lokasi
- Membuat layout keseluruhan secara umum.
- Membuat layout secara detail
- Mengaplikasikan layout plan dalam lokasi



Gambar 1. 3. *Activity Relationship Chart*

SLP (*Systematic Layout Planning*) merupakan sebuah pendekatan sistematis untuk perancangan tata letak dengan meminimalkan aliran bahan, memperhatikan hubungan jarak, serta keperluan dan ketersediaan ruang. Metode ini cocok digunakan pada pabrik yang tidak terlalu besar dan memiliki lahan terbatas, memerlukan tata letak yang sederhana, dan terdapat aliran material yang tidak teratur (Gozali *et al.*, 2020). Sembilan tahapan utama dalam metode ini yaitu (Sharma dan Khumbar, n.d.; Gozali *et al.*, 2020; Budianto *et al.*, 2020):

- a. Pengumpulan data dan informasi penting seperti data desain produk dan proses
- b. Penentuan aliran proses/material yang dituliskan dalam *Flow Process Chart* (FPC).
- c. Pembuatan *Activity Relationship Chart* (ARC) untuk analisis derajat hubungan antar aktivitas secara kualitatif dan cenderung subjektif.
- d. Pembuatan *Activity Relationship Diagram* (ARD) dengan memadukan analisis aliran proses dengan hubungan aktivitas.
- e. Penentuan jumlah dan ukuran ruangan kerja.
- f. Pembuatan *Area Allocation Diagram* (AAD) yang menunjukkan pemosisian dari setiap fasilitas/departemen dan hubungan antar ruang.
- g. Modifikasi dan penentuan batas dari tata letak alternatif yang didapatkan.

- h. Pembuatan tata letak alternatif dalam bentuk AAD yang siap dianalisis aliran dan pergerakannya.
- i. Evaluasi dan pemilihan tata letak yang paling sesuai berdasarkan jarak perpindahan material dan penempatan ruang terbaik sesuai hasil analisis.

1.2.8. Perancangan mesin dan peralatan dengan prinsip sanitasi / hygiene

Mesin dan peralatan yang digunakan dalam produksi produk pangan harus memenuhi standar hygiene untuk menjamin keamanan dan keutuhan produk pangan pada semua kondisi proses. Mesin dengan desain higienis secara konsisten mencegah adanya kontaminasi baik secara langsung ataupun tidak langsung, secara fisik, kimia, maupun mikrobiologi pada produk pangan sehingga dapat meminimalisir masalah terhadap produk akhir (Hasting, 2011). Sanitasi dan hygiene ini adalah dengan cara pembersihan mesin dan peralatan setelah digunakan serta pembagian daerah produksi menurut tingkat higienitasnya. Sanitasi dan hygiene dari pekerja juga diperhatikan agar tidak terjadi kontaminasi dari pekerja ke produk ataupun kontaminasi silang antar produk. Dengan adanya ruang pemisah antara area resiko rendah dan tinggi dapat meminimalisir kontaminasi dan meningkatkan kualitas produk (Holah, 2011; Van Donk dan Gaman, 2004; Hasnan *et al.*, 2019).

1.2.9. Sanitasi Mesin dan Peralatan

Sanitasi merupakan penerapan dari prinsip yang akan membantu dalam memperbaiki, mempertahankan atau mengembalikan kesehatan pada manusia (Agustina, 2018). Standar dalam sanitasi sangat perlu dalam penerapan prinsip pengelolaan lingkungan yang dilakukan melalui kegiatan sanitasi dan hygiene, dalam hal ini, SSOP (Sanitation Standart Operating Procedures) menjadi program sanitasi wajib suatu industri untuk meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan dan dapat menjamin sistem keamanan produksi pangannya. Prinsip sanitasi untuk diterapkan dalam SSOP yaitu :

- keamanan air
- kondisi dan kebersihan permukaan yang kontak dengan bahan pangan

- pencegahan kontaminasi silang
- menjaga fasilitas pencuci tangan, sanitasi dan toilet
- proteksi dari bahan-bahan kontaminan
- pelabelan, penyimpanan, dan penggunaan bahan toksin yang benar
- pengawasan kondisi kesehatan personil yang dapat mengakibatkan kontaminasi
- menghilangkan hama pengganggu dari unit pengolahan

Sanitasi merupakan bagian dari GMP (good manufacturing practices) yang merupakan bagian penting dalam industri pangan dan mendukung program HACCP. Sanitasi pangan ini menentukan seberapa higienis suatu produk pangan yang dihasilkan. Sanitasi menjadi perhatian khusus karena menentukan produk yang dihasilkan terjamin keamanannya secara maksimal. Risiko keamanan pangan bagi konsumen sangatlah penting karena sudah terdapat regulasi yang mengaturnya (Rianti, Christopher, Lestari, & Kiyat, 2018)

Pembersihan adalah mengurangi hingga menghilangkan tanah, debu, sisa makanan, kotoran, minyak, atau material yang tidak diinginkan lainnya dari perkakas, peralatan pengolahan makanan, dan bangunan (Mendis & Rajapakse, 2009)

Sumber kontaminasi dapat dikategorikan menjadi 3 grup yaitu :

- a. Mikroba (organisme yang dihasilkan dari makanan busuk atau beracun seperti *Pseudomonas* spp., *Listeria monocytogenes*)
- b. Kimia (Residu dari pestisida, agent atau senyawa yang digunakan sebagai pembersihan)
- c. Fisik (serpihan kaca, metal, rambut)

Semua bahan pembersih dan disinfektan yang digunakan di perusahaan makanan, dan pada permukaan yang bersentuhan dengan makanan harus bahan food grade yang "disetujui" dan tidak diberi wewangian makanan menjadi bahaya jika menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia atau menyebabkan cedera atau penyakit (Mendis & Rajapakse, 2009).

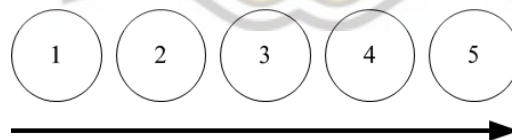
1.2.10. Faktor Penentu dan Pola Aliran dalam Perancangan Tata Letak

Dalam penyusunan *Layout* pabrik terdapat faktor yang harus dipertimbangkan yaitu:

2. Sifat produk yang dibuat.
3. Jenis proses produksi
4. Jenis barang serta volume produksi yang dihasilkan
5. Jumlah modal yang tersedia untuk proses produksinya
6. Keluwesan atau fleksibilitas letak fasilitas-fasilitas untuk mengantisipasi perubahan-perubahan proses di kemudian hari
7. Aliran barang dalam proses produksi hendaknya sedemikian rupa sehingga tidak saling menghambat atau mengganggu.
8. Penggunaan ruangan hendaknya selain efektif untuk bekerja, hendaknya juga memperhatikan kesehatan dan keselamatan kerja
9. Letak mesin-mesin dan fasilitas lain hendaknya juga memperhatikan kemudahan-kemudahan dalam hal pemeliharaan dan pengawasan (Wignjosoebroto, 2009).

Menurut Sahroni (2003), kelancaran aliran proses produksi merupakan faktor utama yang sangat berpengaruh terhadap efisiensi dan produktivitas produksi perusahaan. Menurut Purnomo (2004) terdapat pola-pola aliran yang diperlukan untuk membantu jalannya produksi mulai dari bahan baku hingga produk jadi yaitu :

Proses produksi yang pendek dan sederhana umumnya menggunakan pola aliran garis lurus

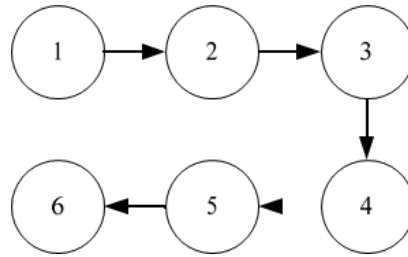


Sumber: Muhammad *et al.*, (2019)

Pola aliran L, aliran ini digunakan untuk menggantikan aliran garis lurus dikarenakan pola aliran garis lurus tidak bisa digunakan dan membutuhkan biaya pembangunan yang lebih mahal.

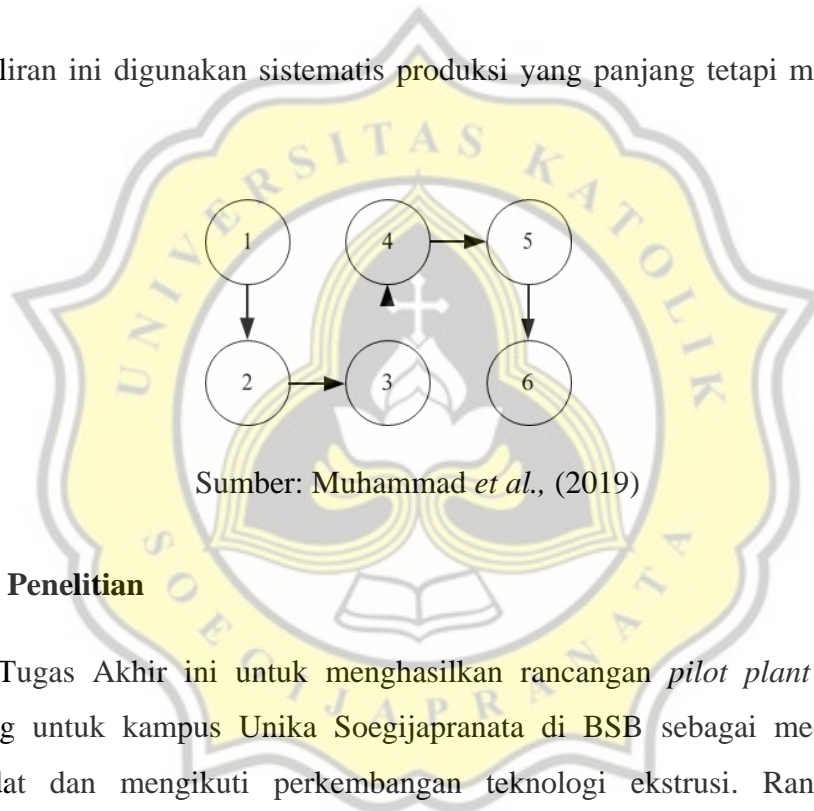
Pola aliran U, aliran ini digunakan jika bahan baku masuk dan produk jadi memiliki lokasi yang

relative sama atau berdekatan.



Sumber: Muhammad *et al.*, (2019)

Pola aliran S, aliran ini digunakan sistematis produksi yang panjang tetapi memiliki bangunan yang kecil.



Sumber: Muhammad *et al.*, (2019)

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan utama Tugas Akhir ini untuk menghasilkan rancangan *pilot plant* makanan ringan ekstrudat jagung untuk kampus Unika Soegijapranata di BSB sebagai media pembelajaran produk ekstrudat dan mengikuti perkembangan teknologi ekstrusi. Rancangan ini juga menentukan formulasi, proses produksi makanan ringan, manajemen sanitasi, kebutuhan mesin dan peralatan, dan perancangan tata letak yang bersifat fleksibel dan dapat digunakan sebagai uji coba terhadap teknologi baru serta sebagai evaluasi terhadap industri komersial.