


#### 4. PERANCANGAN *MINI PLANT* MINUMAN KARBONASI DENGAN PRINSIP SANITASI/HIGIENE

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

Terdapat empat mesin/peralatan yang diajukan untuk *mini plant* minuman karbonasi. Keempat mesin/peralatan tersebut yaitu mesin pengolahan air, mesin pembuatan sirup, mesin pencampuran-karbonasi, dan mesin pengisian penutupan. Mesin-mesin tersebut memiliki keunggulan yang tidak dimiliki oleh mesin/peralatan serupa lainnya yang berada di *e-commerce* dan memenuhi kriteria pedoman pemilihan. Adapun informasi lebih detail terkait keempat mesin/peralatan dapat dilihat pada tabel-tabel di bawah ini.


**Tabel 4. 1.** Informasi Mesin Pengolahan Air

<b>Foto mesin</b>	
<b>Fungsi</b>	Mengolah air tanah, air keran, air sungai, ataupun air dengan kondisi khusus dengan rangkaian proses yang terdiri dari <i>sand filtration</i> , <i>carbon filtration</i> , <i>cartridge filtration</i> , dan <i>reverse osmosis</i> hingga didapatkan air yang sesuai standar air minum oleh WHO
<b>Nama mesin</b>	<i>Pure water treatment system</i>
<b>Supplier</b>	Guangzhou Chunke Environmental Technology, Co., Ltd
<b>Harga</b>	Sekitar Rp35.091.343,8
<b>Model</b>	CK-RO-1000L
<b>Material</b>	SS316
<b>Kapasitas</b>	1000 l/jam
<b>Dimensi</b>	110 x 75 x 180 cm (p x l x t)
<b>Daya</b>	2,2 kW
<b>Tekanan RO</b>	6 – 20 bar
<b>Ukuran</b>	0,0001 $\mu\text{m}$

<b>membran RO</b>	
<i>Recovery rate</i>	50%
<i>Desalination rate</i>	96 – 99%
<i>Raw water conductivity</i>	≤300 μS/cm
<i>Outlet water conductivity</i>	≤10 μS/cm
<b>Komponen mesin</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bagian depan: tangki <i>fiber glass filter</i>, katup kontrol otomatis, pompa <i>raw water</i></li> <li>- Bagian belakang: <i>stainless steel membrane housing</i>, kerangka pompa tekanan tinggi, <i>cartridge filter</i></li> <li>- Panel kontrol elektronik: konduktivitas air masuk dan keluar, indikator daya, indikator katup, indikator pompa, tombol mulai/berhenti</li> <li>- Sistem kontrol elektronik: memiliki kotak kontrol utama yang terdiri dari <i>PC programmable automatic control, France Scheinder contractors, relay thermal, knobs, switches, lights, Korean pressure controller, time controller</i></li> </ul>
<b>Media filter</b>	Pasir, karbon, resin, <i>fiber glass filter</i> , dan membran (merek terkenal)
<b>Garansi</b>	1 tahun, dilengkapi dengan <i>after warranty services</i> dan <i>after-sales services</i>

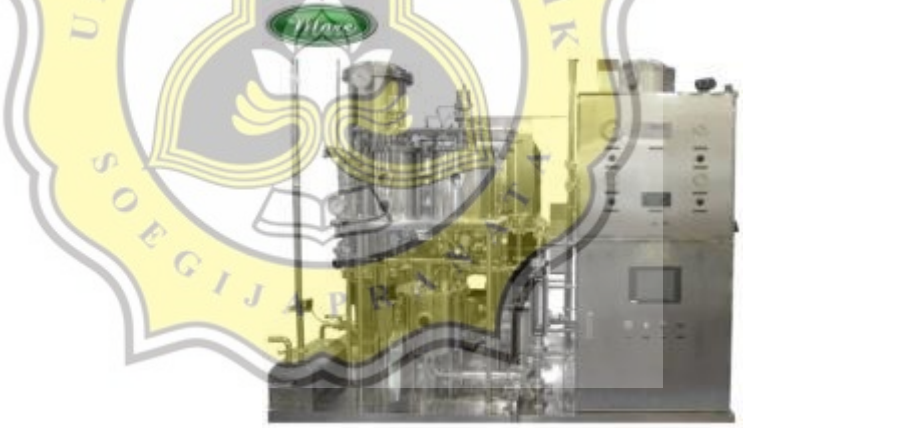
Pada **Tabel 4.1.** di atas, dapat dilihat informasi dan spesifikasi dari mesin pengolahan air yang diajukan. Kelebihan yang menjadi alasan pemilihan yaitu mesin memfasilitasi tiga proses dalam satu mesin. Hal tersebut memungkinkan efisiensi lahan dan biaya akibat penggunaan hanya satu mesin. Dilihat dari segi ukuran, mesin ini merupakan ukuran terkecil dibanding mesin skala industrial dengan dimensi yang tidak terlalu besar yaitu hanya menempati 110 x 75 cm dari lantai produksi. Mesin ini juga memiliki struktur yang *compact* sehingga tidak terlalu besar.

**Tabel 4. 2. Informasi Mesin Pembuatan Sirup**

<b>Foto mesin</b>	
<b>Fungsi</b>	Membuat larutan sirup yang homogen dengan memadukan <i>high shear homogenization</i> dan pengadukan kecepatan rendah, yang dilengkapi dengan sistem pemanasan dan pendinginan
<b>Nama mesin</b>	<i>Food grade stainless steel food liquid gel mixer cool heat jacket mixing tank</i>
<b>Supplier</b>	Wenzhou Leno Machinery Co., Ltd
<b>Harga</b>	Sekitar Rp28.225.646,10
<b>Model</b>	LNT-500 dengan <i>three layer tank (inner layer + jacket + insulation)</i>
<b>Cooling way dan heating way</b>	<i>Cooling water</i> dan listrik/uap
<b>Kecepatan homogenisasi</b>	960 – 3400 rpm (kecepatan tinggi)
<b>Kecepatan pengadukan</b>	0 – 63 rpm
<b>Material</b>	SS316
<b>Kapasitas volume</b>	500 l
<b>Dimensi total</b>	Ø80 x 170 cm (diameter x t)
<b>Daya</b>	0,55 kW
<b>Tekanan proses</b>	Vakum – 10 bar
<b>Detail bagian</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLC untuk kontrol otomatis</li> <li>- <i>Pressure manhole/quick open manhole</i></li> <li>- Berbagai jenis pembersih CIP</li> <li>- <i>Sterile respirator</i></li> <li>- <i>Adjustable legs</i></li> <li>- Katup sanitasi <i>inlet</i> dan <i>outlet</i></li> <li>- Termometer</li> <li>- <i>Paddle blender</i></li> <li>- <i>Liquid level meter</i> dan <i>level controller</i></li> </ul>
<b>Garansi</b>	1 tahun, dilengkapi dengan <i>after warranty services</i> dan <i>after-sales services</i>

Pada **Tabel 4.2.** di atas, dapat dilihat informasi dan spesifikasi dari mesin pembuatan sirup yang diajukan. Kelebihan yang menjadi alasan pemilihan yaitu mesin memfasilitasi beberapa proses berbeda dalam satu mesin. Mesin ini memfasilitasi proses pengadukan karena memiliki *baffle*, dan memfasilitasi homogenisasi kecepatan tinggi karena memiliki *homogenizer*. Tangki pembuat sirup memiliki tiga lapisan yaitu *inner layer*, *jacket*, dan *insulation* sehingga memfasilitasi pendinginan dan pasteurisasi dalam unit yang sama. Dengan sistem yang demikian, proses-proses yang perlu dilakukan dengan beberapa mesin dapat dilakukan dengan satu mesin. Dilihat dari segi ukuran, mesin ini merupakan ukuran terkecil dibanding mesin skala industrial dengan dimensi yang tidak terlalu besar yaitu hanya menempati 80 x 80 cm dari lantai produksi. Mesin ini juga memiliki struktur yang *compact* sehingga tidak terlalu besar.


**Tabel 4. 3.** Informasi Mesin Pencampuran-Karbonasi

<b>Foto mesin</b>	
<b>Fungsi</b>	Melakukan deaerasi air, sekaligus dengan proses pencampuran air dengan sirup, dilanjutkan dengan karbonasi (pemasukan karbon dioksida)
<b>Nama mesin</b>	<i>CO<sub>2</sub> carbonated soft drink blending mixing machine</i>
<b>Supplier</b>	Zhangjiagang Mars Packaging Machinery Co., Ltd
<b>Harga</b>	Sekitar Rp70.634.750 - 84.761.700
<b>Model</b>	QHS-1500
<b>Kisaran pencampuran</b>	1:3 – 1:6 (sirup:air)
<b>Suhu chilled water</b>	0 – 5°C
<b>Metode deaerasi air</b>	Deoksidasi dengan CO <sub>2</sub>

<b>Material</b>	SS316
<b>Kapasitas</b>	1000 l/jam
<b>Dimensi</b>	90 x 70 x 200 cm (p x l x t)
<b>Daya</b>	1,1 kW
<b>Tekanan di tangki pra-karbonasi dan tangki sirup</b>	0,5 – 0,8 bar
<b>Tekanan di tangki penyimpanan</b>	2 – 5 bar
<b>Kecepatan <i>static mixer</i></b>	1000 – 1500 rpm
<b>Sistem kontrol</b>	PLC untuk kontrol proses otomatis
<b>Garansi</b>	1 tahun dan 2 tahun ( <i>core components</i> ), dilengkapi dengan <i>after warranty services</i> dan <i>after-sales services</i>

Pada **Tabel 4.3.** di atas, dapat dilihat informasi dan spesifikasi dari mesin pencampuran-karbonasi yang diajukan. Kelebihan yang dimiliki yaitu mesin memfasilitasi beberapa proses berbeda dalam satu mesin. Mesin ini memfasilitasi proses deaerasi air, pencampuran air dengan sirup, dan karbonasi minuman dalam beberapa tangki yang berada dalam satu mesin. Sistem yang demikian memungkinkan efisiensi biaya dan lahan karena proses yang seharusnya dilakukan dengan tiga mesin dapat dihemat menjadi satu mesin. Dilihat dari segi ukuran, mesin ini merupakan ukuran terkecil dibanding mesin skala industrial dengan dimensi yang tidak terlalu besar yaitu hanya menempati 90 x 70 cm dari lantai produksi. Mesin ini juga memiliki struktur yang *compact* sehingga tidak terlalu besar.

**Tabel 4. 4.** Informasi Mesin Pengisian-Penutupan

<b>Foto mesin</b>	
<b>Fungsi</b>	Pengisian minuman karbonasi dengan prinsip <i>pressure balanced</i> untuk meminimalisir pelepasan gas selama pengisian
<b>Nama mesin</b>	<i>Zhangjiagang King Supplier Soda Water Machine</i>
<b>Supplier</b>	Zhangjiagang Mars Packaging Machinery Co., Ltd
<b>Harga</b>	Sekitar Rp254.285.100 - 282.539.000
<b>Model</b>	DCGF-16126
<b>Kepala filler/capper</b>	16-12-6
<b>Diameter botol</b>	Ø5 – 10 cm
<b>Tinggi botol</b>	17 cm
<b>Volume botol</b>	330 – 1500 ml
<b>Jenis kemasan</b>	Botol plastik
<b>Material</b>	SUS 316 (pesan ke <i>supplier</i> )
<b>Kapasitas</b>	2000 botol/jam
<b>Dimensi</b>	230 x 160 x 250 cm (p x l x t)
<b>Daya</b>	1,5 + 0,12 + 0,45 kW
<b>Sistem pengisian</b>	<i>Pressure balanced</i> atau <i>equal pressure filling principle</i> dan <i>current spring valves</i>
<b>Sistem penutupan</b>	Pengaturan <i>cap-screwing torque</i> dengan <i>advanced magnetic coupler</i>
<b>Tekanan penyemprotan</b>	2 – 2,5 bar
<b>Tekanan pengisian</b>	1,5 – 3,5 bar
<b>Sistem kontrol</b>	PLC untuk kontrol proses otomatis
<b>Akurasi pengisian</b>	3 mm
<b>Garansi</b>	2 tahun dan 2 tahun ( <i>core components</i> ), dilengkapi dengan <i>after warranty services</i> dan <i>after-sales services</i>

Pada **Tabel 4.4.** di atas, dapat dilihat informasi dan spesifikasi dari mesin pengisian-penutupan yang diajukan. Mesin tersebut merupakan mesin *filling* khusus untuk minuman karbonasi sehingga cara kerja dan kondisi proses yang difasilitasi akan berbeda dengan mesin pengisi yang biasa. Kelebihan yang dimiliki yaitu mesin ini memfasilitasi proses pengisian mulai dari pemasukan botol ke dalam mesin hingga pengeluaran. Pemasukan dilakukan dengan *airveyor* dan pengeluaran dilakukan dengan *slat conveyor* yang dimiliki oleh mesin. Selain itu, mesin ini memfasilitasi proses pengisian minuman dilanjutkan penutupan dengan menerapkan kondisi proses yang diperlukan oleh minuman karbonasi. Mulai dari area penerimaan botol hingga penutupan, mesin ini dibatasi oleh sekat transparan yang berfungsi mencegah kontaminasi silang dan menjaga ke-aseptisan proses (Van Donk dan Galman, 2004; Hasnan *et al.*, 2019). Dilihat dari segi ukuran, mesin ini merupakan ukuran terkecil dibanding mesin skala industrial dengan dimensi yang tidak terlalu besar yaitu hanya menempati 90 x 70 cm dari lantai produksi. Mesin ini juga memiliki struktur yang *compact* sehingga tidak terlalu besar.

Keempat mesin yang diajukan pun mampu bekerja secara otomatis karena dilengkapi dengan sistem kontrol PLC (*Programmable Logic Controller*). PLC ini memungkinkan kontrol terhadap kondisi proses maupun banyaknya formulasi dan input yang dibutuhkan oleh setiap proses. Semua mesin tersebut juga memenuhi prinsip sanitasi/higiene makanan karena mampu memfasilitasi CIP (*Cleaning in Place*). Mesin/peralatan yang memungkinkan pembersihan dengan efektif dan dapat mengenai seluruh permukaan mesin menjadi salah satu persyaratan yang disebutkan oleh Hasting (2011). Mesin yang dilengkapi tangki bahkan memiliki *ball sprayer* yang memungkinkan pembersihan menyeluruh dengan memanfaatkan kekuatan mekanik (Horman, 2006).

Bahan dari mesin/peralatan tersebut terbuat dari Stainless Steel 316 (SS316). Dikutip dari Hasting (2011), stainless steel bersifat inert (tidak bereaksi terhadap produk ataupun bahan kimia), tahan korosi, tidak beracun, tidak berpori, kuat,

permukaan halus, mudah dibersihkan, dan tahan lama. Sifat tersebut penting untuk mencegah kontaminasi dari mesin/peralatan sehingga keamanan pangan produk tetap terjaga. Dibandingkan dengan *grade* lainnya, SS316 merupakan yang paling cocok untuk minuman karbonasi karena paling tahan terhadap asam maupun korosi (Wilson dan Medling, 2006; Horman, 2006; Abu-Reidah, 2020).

Berbagai literatur seperti Leliveld *et al.* (2000), Hasting (2011) menyetujui pentingnya desain mesin/peralatan yang tidak memiliki area yang menampung larutan. Mesin/peralatan yang diajukan tidak memiliki *stagnant area* atau *deadspace* ataupun *deadlegs* yang dapat menampung sisa produk maupun larutan pembersih. *Stagnant* area tersebut perlu untuk dihindari karena dapat menjadi sumber kontaminasi sehingga produk menjadi tidak aman. Selain itu, mesin/peralatan memiliki desain yang memungkinkan *self-draining* dan *emptying* sehingga produk maupun larutan pembersih dapat dikeluarkan menyeluruh. Hal tersebut dibuktikan dengan posisi *outlet* pipa yang berada di dasar tangki pada semua mesin/peralatan yang diajukan.

Keempat mesin/peralatan yang diajukan dapat bekerja dalam sistem tertutup. Hal tersebut menunjukkan bahwa mesin/peralatan dapat melindungi produk dari kontaminasi lingkungan. Penyaluran produk antar proses dilakukan dengan bantuan pipa sehingga produk tidak kontak langsung ke lingkungan dan kontaminasi dapat diminimalisir (Wilson dan Medling, 2006).

#### **4.2. Rancangan Proses CIP (*Cleaning in Place*)**

Dalam pembangunan *mini plant* dengan penerapan prinsip higiene dan sanitasi, sistem pembersihan menjadi faktor yang tidak boleh dilupakan (Hasting, 2011; Lelieveld *et al.*, 2000). Pada prinsipnya, sistem CIP dilakukan untuk menghilangkan semua material (mikroorganisme, residu bahan, benda asing, dan bahan pembersih) yang tidak diinginkan dari permukaan mesin/peralatan yang kontak langsung dengan produk sampai dengan batas risiko minimal terhadap produk.



Rancangan proses CIP didapatkan dari hasil studi literatur dan spesifik untuk pembersihan mesin/peralatan minuman karbonasi seperti diadaptasi dari Horman (2006), Steen (2006a dan 2016), Wilson dan Medling (2006), dan Tatlock (2006). Sistem CIP melibatkan pembukaan katup dan pemanfaatan saluran produk menjadi saluran CIP. Pengaturan pembukaan tutup, pengaliran pembersih, dan kondisi dikontrol dengan PLC. Agar pembersihan semakin optimal, diperlukan bahan pembersih yang memungkinkan pengisian permukaan mesin dengan lebih baik. Larutan kaustik merupakan bahan pembersih yang cocok digunakan pada mesin/peralatan minuman karbonasi.

Proses CIP pada mesin pengolahan air berbeda dengan tiga mesin lainnya. CIP yang dilakukan tidak bertujuan untuk menghilangkan larutan manis melainkan endapan pengotor pada media penyaring. Pembersihan dapat dilakukan dengan *backwash* bertekanan 0,21 – 0,34 bar. Tekanan yang rendah diberikan untuk meminimalisir kehilangan pasir/kerikil, karbon aktif, maupun membran-membran (Tatlock, 2006).

Tiga mesin lainnya yaitu mesin pembuatan sirup, pencampuran-karbonasi, dan pengisian-penutupan mengalami kontak langsung dengan sirup maupun minuman yang manis. Kontak dengan mesin pun berlangsung dalam waktu yang cukup lama sehingga diperlukan pembersihan yang efektif. Proses CIP pada mesin ini memanfaatkan empat jenis energi yakni energi mekanik (laju aliran), energi kimia (penggunaan bahan kimia pembersih, energi panas (penggunaan suhu tinggi), dan waktu (waktu kontak yang cukup).

Ketiga mesin tersebut saling terhubung sehingga proses CIP juga terhubung. Air bilasan terakhir pada suatu unit akan digunakan sebagai air bilasan pertama pada unit berikutnya. Adapun langkah pembersihan yang dirancang untuk tiga mesin ini melibatkan kombinasi energi CIP, yakni sebagai berikut.

- a. Mesin pembuat sirup dibilas dengan air, air dilewatkan dan tidak didiamkan dalam sistem. Durasi tergantung ukuran mesin.
- b. Larutan kaustik 1,5% m/v panas bersuhu 80°C disirkulasikan dengan *hold-up time* selama 15 menit. *Hold-up time* mulai dihitung ketika suhu mesin sama atau lebih besar dari suhu larutan yang ditetapkan. Setelah selesai, larutan kaustik dimasukkan kembali ke wadah penyimpanannya dalam ruang yang terpisah.
- c. Air panas bersuhu 75°C disirkulasikan dengan *hold-up time* selama 15 menit untuk membilas larutan kaustik. *Hold-up time* juga mulai dihitung ketika suhu mesin sama atau lebih besar dari suhu larutan yang ditetapkan. Pembersihan dapat dilengkapi dengan pengujian konduktivitas air bilasan dengan *conductivity probe* untuk memastikan tidak terdapat larutan kaustik yang tertinggal.
- d. Mesin/peralatan lalu dibilas dengan air dingin. Durasi pembersihan bergantung pada ukuran mesin. Ke dalam air ini, dapat pula ditambahkan *sanitizer* dengan dosis tertentu untuk memastikan mesin/peralatan sungguh bersih. *Effluent* air bilasan terakhir ini digunakan sebagai air bilasan pertama pada proses pembersihan unit berikutnya.
- e. Unit pencampuran-karbonasi dibersihkan dengan langkah yang sama seperti a – d.
- f. Unit pengisian-penutupan dibersihkan dengan langkah yang sama seperti a – d, tetapi air bilasan terakhir dapat langsung dibuang.

(Horman, 2006; Steen, 2006a dan 2016; Wilson dan Medling, 2006)

#### **4.3. Tata Letak *Mini Plant* Minuman Karbonasi**

Dalam perancangan *mini plant*, perancangan tata letak (*layout*) tidak dapat dipisahkan karena memiliki pengaruh terhadap produktivitas proses produksi. Perancangan tata letak menjadi salah satu cara untuk meningkatkan produktivitas dan efektivitas 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; Wignjosuebrotto, 2009; Shewale *et al.*, 2020). Oleh karena itu, perancangan tata letak menjadi salah satu bahasan dalam Tugas Akhir ini.

Selain berpengaruh pada produktivitas, tata letak memiliki pengaruh besar terhadap higienitas dan keamanan produk yang dihasilkan (Van Donk dan Galman, 2004; Hasnan *et al.*, 2019; Holah, 2011; Hasting, 2011). Dikutip dari Hasting (2011), mesin/peralatan dengan desain hygiene tidak cukup menjamin keamanan dan higienitas produk pangan jika desain tata letak tidak sesuai dengan prinsip hygiene. Karena itu, perancangan tata letak *mini plant* minuman karbonasi yang dilakukan turut melibatkan hygiene. Metode tata letak yang dipilih yaitu SLP (*Systematic Layout Planning*). Pemaduan dengan konsep hygiene menghasilkan suatu metode bernama SLP-higiene (Van Donk dan Galman, 2004).

Diantara berbagai jenis metode tata letak, SLP dipilih karena lebih sesuai untuk menentukan tata letak area produksi yang kecil seperti *mini plant*. Selain itu, SLP mampu meminimalisir aliran material dengan menyesuaikan kebutuhan dengan ketersediaan lahan yang terbatas (Gozali *et al.*, 2020; Shewale *et al.*, 2020).

SLP (*Systematic Layout Planning*) merupakan sebuah pendekatan sistematis dan terorganisir yang digunakan dalam perancangan tata letak dengan meminimalkan aliran bahan, memperhatikan hubungan jarak, serta keperluan dan ketersediaan ruang. SLP cocok digunakan pada pabrik atau perusahaan yang tidak terlalu besar, memerlukan tata letak yang sederhana, dan terdapat aliran material yang tidak teratur (Gozali *et al.*, 2020). Selain itu, metode SLP juga dapat diterapkan untuk tata letak pabrik pangan yang menerapkan prinsip sanitasi dan hygiene, dengan tetap memperhatikan efisiensi dan efektivitas proses seperti yang dilakukan oleh Van Donk dan Galman (2004).

Penentuan tata letak pada *mini 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). Adapun tahapan pengerjaan yang dilakukan sebagai berikut.

#### 4.3.1. Penentuan karakteristik produk pangan (faktor penyebab kerusakan)

Menurut Van Donk dan Galman (2004), terdapat empat karakteristik utama produk yang dapat menjadi faktor penyebab kerusakan. Keempat faktor tersebut adalah aktivitas air, pH, kandungan nutrisi, dan pengawet.

Sebagai sebuah minuman, air merupakan komposisi utama dari minuman karbonasi dan menempati sampai 99% bagian (Taylor, 2006). Air tersebut berada dalam kondisi bebas (tidak diikat oleh komponen lain) sehingga memiliki aktivitas air yang tinggi. Ditinjau dari pH, minuman karbonasi oleoresin biji pala memiliki pH yang tergolong rendah yaitu 2,98 (pH di bawah 3,5). Minuman karbonasi oleoresin biji pala tidak mengalami penambahan pengawet. Selain itu, minuman ini memiliki sumber nutrisi bagi mikroorganisme berupa gula (Azaredo, 2016).

Jika dibandingkan dengan pendapat Van Donk dan Galman (2004), minuman karbonasi oleoresin biji pala memiliki dua faktor yang ideal bagi pertumbuhan mikroorganisme yaitu tersedia nutrisi, aktivitas air yang tinggi, serta tidak mengandung pengawet. Di sisi lain, minuman karbonasi tersebut memiliki pH rendah yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme.

#### 4.3.2. Penentuan sensitivitas produk pangan (tingkat risiko kerusakan produk)

Sensitivitas minuman karbonasi oleoresin biji pala ditentukan dengan panduan pertanyaan yang diadaptasi dari Van Donk dan Galman (2004). Adapun pertanyaan dan jawaban untuk produk minuman karbonasi oleoresin biji pala berdasarkan **Lampiran 1** dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 4. 5.** Penentuan Sensitivitas Minuman Karbonasi Oleoresin Biji Pala

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

Berdasarkan **Tabel 4.5.** di atas, sensitivitas minuman karbonasi oleoresin biji pala tergolong dalam kategori 2. Kategori 2 sendiri merupakan produk pangan yang sensitif terhadap pertumbuhan mikroorganismenya. Meskipun berbagai literatur (Abu-Reidah, 2020; Taylor, 2006) bahwa minuman karbonasi memiliki ketahanan yang baik terhadap mikroorganismenya, Azaredo (2016) mengemukakan bahwa minuman karbonasi tetap rentan terhadap kontaminasi. Azaredo (2016) mengatakan bahwa minuman karbonasi dapat terkontaminasi *yeast* yang tahan asam maupun bakteri anaerob yang tahan terhadap keberadaan karbon dioksida. Meskipun risiko kontaminasi patogen hampir tidak ada, keberadaan mikroorganismenya tersebut berkontribusi terhadap kerusakan produk.

#### 4.3.3. Penentuan tingkat higienitas proses produksi

Tingkat higienitas ditentukan untuk setiap tahapan proses dalam produksi. Terdapat empat tahapan proses dalam pembuatan minuman karbonasi oleoresin biji pala pada *mini plant* yang dirancang. Empat tahapan proses tersebut disesuaikan dengan jumlah mesin yang diajukan karena berpengaruh terhadap tata letak. Keempat proses tersebut yaitu pengolahan air, pembuatan sirup, pencampuran-karbonasi, dan pengisian-penutupan. Penentuan tingkat higienitas ditentukan dengan panduan pertanyaan berdasarkan **Lampiran 2.** Adapun pertanyaan dan jawaban terhadap pertanyaan untuk setiap tahapan proses dapat dilihat pada tabel-tabel di bawah ini.

**Tabel 4. 6.** Penentuan Tingkat Higiene Proses Pengolahan Air

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?	Tidak	Lanjut pertanyaan ke-3
3	Apakah terdapat risiko kontaminasi dari lingkungan?	Tidak	Lanjut pertanyaan ke-4
4	Apakah tahap ini berhubungan dengan penyimpanan produk?	Tidak	Tingkat 4

Berdasarkan **Tabel 4.6.** di atas, dapat diketahui bahwa tingkat higiene proses pengolahan air tergolong tingkat 4. Proses produksi pada tingkat higienitas ini dilakukan dalam ruangan yang bersifat *low-care* karena tingkat risiko dapat diabaikan. Hal tersebut karena proses pengolahan air berlangsung dalam mesin yang tertutup sehingga tidak terdapat risiko kontaminasi dari lingkungan luar. Oleh karena itu, tidak diperlukan perhatian khusus maupun standar higiene yang ketat pada lingkungan penempatan mesin pengolahan air.

**Tabel 4. 7.** Penentuan Tingkat Higiene Proses Pembuatan Sirup

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 spesifik
3	Apakah terdapat risiko kontaminasi dari lingkungan?	-	-
4	Apakah tahap ini berhubungan dengan penyimpanan produk?	-	-

Berdasarkan **Tabel 4.7.** di atas, penentuan tingkat higiene proses pembuatan sirup berupa kasus spesifik karena melibatkan deaktivasi mikroorganisme berupa pasteurisasi sirup. Proses pembuatan sirup dilakukan dalam mesin yang tertutup, tetapi dilakukan pembukaan mesin untuk memasukan gula merah dan asam sitrat sebelum homogenisasi tahap 2 dan pasteurisasi. Pada saat tersebut, dimungkinkan terjadinya kontaminasi dari lingkungan ke dalam mesin meskipun setelah pembukaan dilakukan deaktivasi. Deaktivasi sendiri dilakukan dengan

pasteurisasi sampai suhu 85°C dengan *hold-up* time selama 5 menit. Menurut Azaredo (2016), kondisi proses pasteurisasi yang demikian memungkinkan deaktivasi mikroorganisme yang efektif.

Dengan berbagai macam pertimbangan di atas, ditentukan bahwa proses pembuatan sirup memiliki higienitas tingkat 4. Menurut Van Donk dan Galman (2004), proses produksi higiene tingkat 4 dilakukan dalam ruangan *low-care* dengan risiko yang dapat diabaikan. Risiko masuknya kontaminasi selama pemasukan bahan baku dapat ditoleransi karena adanya proses pasteurisasi setelah itu dan pengaliran proses dilakukan secara tertutup.

**Tabel 4. 8.** Penentuan Tingkat Higiene Proses Pencampuran-Karbonasi

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?	Tidak	Lanjut pertanyaan ke-3
3	Apakah terdapat risiko kontaminasi dari lingkungan?	Tidak	Lanjut pertanyaan ke-4
4	Apakah tahap ini berhubungan dengan penyimpanan produk?	Tidak	Tingkat 4

Berdasarkan Tabel 4.8. diatas, dapat diketahui bahwa tingkat higiene proses pencampuran-karbonasi tergolong tingkat 4. Proses produksi pada tingkat higienitas ini dilakukan dalam ruangan yang bersifat *low-care* karena tingkat risiko dapat diabaikan. Hal tersebut karena proses berlangsung dalam mesin yang tertutup dan tidak dilakukan pembukaan selama proses sehingga produk tidak kontak dengan lingkungan. Meskipun tidak dilakukan deaktivasi pada tahap ini, tingkat higienitas yang tidak terlalu tinggi dapat diterima karena sistem pengolahan yang tertutup.

**Tabel 4. 9.** Penentuan Tingkat Higiene Proses Pengisian-Penutupan

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?	Tidak	Lanjut pertanyaan ke-3
3	Apakah terdapat risiko kontaminasi dari lingkungan?	Iya	Pembatasan risiko – lanjut pertanyaan ke-4
4	Apakah produk dikonsumsi oleh kelompok yang rentan?	Tidak	Tingkat 3

Berdasarkan **Tabel 4.9.** diatas, dapat diketahui bahwa tingkat higiene proses pengisian-penutupan tergolong tingkat 3. Mesin yang diajukan bekerja dengan sistem tertutup serta dilengkapi dengan pembatas di sekeliling bagian inti (*neck-handling starwheel, filling carousel, dan discharge starwheel*). Meskipun demikian, terdapat kemungkinan produk untuk kontak dengan lingkungan antara tahap pengisian dengan penutupan. Secara lebih spesifik, ketika botol dilepaskan dari *filling valve* dan bergerak memasuki *discharge starwheel* sebelum ditutup, minuman yang berada dekat dengan mulut botol mengalami kontak langsung dengan lingkungan.

Sesuai dengan tingkat higienitasnya, proses pengisian-penutupan perlu dilakukan dalam ruangan yang bersifat *medium-care* dengan tingkat risiko yang tinggi. Meskipun mengalami kontak langsung, proses ini tidak tergolong tingkat higiene 2 karena kontak berlangsung dalam waktu singkat dengan area kontak yang terbatas pada area di dekat botol. Selain itu, mesin sudah memfasilitasi pembatasan interaksi dengan lingkungan karena memiliki pembatasan di sekelilingnya. Dengan adanya hal tersebut, pengisian yang aseptik dapat terjadi.

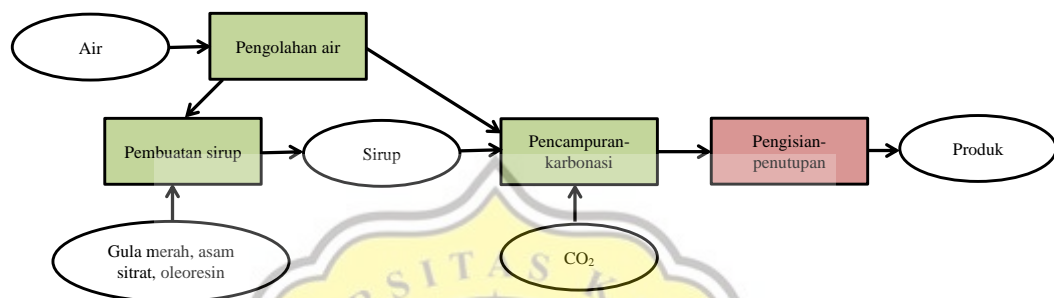
#### 4.3.4. Pembuatan FPC (*Flow Process Chart*) yang dilengkapi dengan tingkat higienitas dari setiap proses

FPC (*Flow Process Chart*) dibuat berdasarkan proses yang dirancang dan hasil identifikasi tingkat higienitas setiap tahapan proses. FPC ini dibuat untuk



mendapatkan gambaran hubungan antara setiap proses, aliran material dalam proses produksi, serta interaksi proses berdasarkan tingkat higienitasnya. Adapun FPC pada proses pembuatan minuman karbonasi oleoresin biji pala dapat dilihat pada diagram di bawah ini.

**Diagram 4. 1.** *Flow Process Chart (FPC)*



Keterangan:

Bentuk persegi panjang menunjukkan proses produksi, sedangkan bentuk lingkaran menunjukkan bahan baku dan bahan antara. Warna merah menunjukkan tingkat higienitas 3 (risiko tinggi), sedangkan warna hijau menunjukkan tingkat higienitas 4 (risiko diabaikan)

*Flow Process Chart* pembuatan minuman karbonasi oleoresin biji pala pada **Diagram 4.1.** semakin menjelaskan antara hubungan proses produksi dengan tingkat higienitas yang dimilikinya. Berdasarkan FPC, dapat dilihat bahwa proses pengolahan air, pembuatan sirup, dan pencampuran-karbonasi tergolong tingkat hygiene 4 (berwarna hijau), sedangkan hanya proses pengisian-penutupan yang tergolong tingkat hygiene 3 (berwarna merah).

#### 4.3.5. Penentuan level interaksi yang diizinkan dan pembatasan antara proses

Penentuan level interaksi dan pembatasan didasarkan pada FPC-tingkat hygiene serta kondisi proses. Proses pengolahan air dengan tingkat hygiene 4 perlu mengalirkan air hasil olahannya ke proses pembuatan sirup (tingkat hygiene 4) dan pencampuran-karbonasi (tingkat hygiene 4). Ditinjau dari tingkat hygiene, jarak yang dekat (interaksi dekat) antara proses tersebut tidak menjadi masalah karena persamaan tingkat hygiene. Hal tersebut karena transfer material dilakukan dalam sistem tertutup menggunakan pipa.

Steen (2006b) mengatakan bahwa unit pengolahan air pada industri minuman karbonasi umumnya diletakkan di luar area produksi. Hal tersebut karena proses pengolahan air tidak berhubungan langsung dengan pembuatan minuman karbonasi, meskipun memiliki dampak terhadap kualitas produk. Dengan demikian, proses pengolahan air tidak perlu berdekatan dengan proses pembuatan sirup maupun pencampuran-karbonasi karena diletakkan di luar area produksi. Akibatnya, proses pengolahan tidak memiliki interaksi dengan kedua proses tersebut.

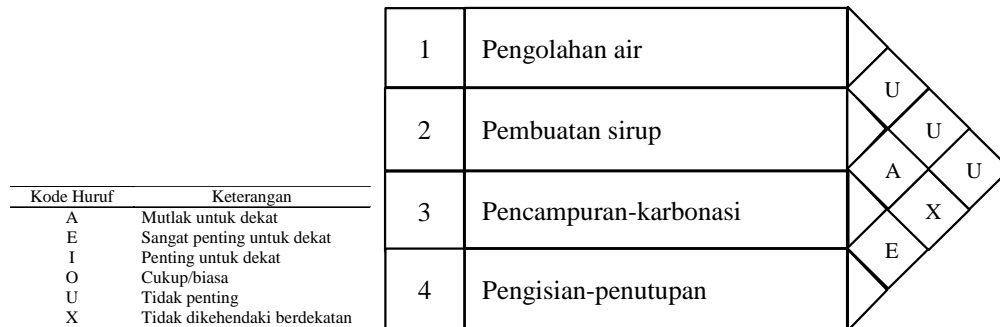
Pembuatan sirup perlu memiliki jarak yang dekat dengan pencampuran-karbonasi. Dari sisi efisiensi produksi, semakin dekat kedua proses maka minimalisir jarak semakin optimal. Selain itu, aliran yang terlalu lama memiliki resiko semakin banyak produk yang tertinggal di dalam mesin sehingga penggunaan tidak optimal. Level interaksi yang dekat dapat dilakukan karena keduanya memiliki tingkat higiene yang sama. Selain itu, kontaminasi dari proses pembuatan sirup ke pencampuran-karbonasi juga sangat kecil karena mesin pencampuran-karbonasi tertutup dan menerima aliran sirup melalui pipa.

Sama halnya untuk minimalisir jarak, proses pencampuran-karbonasi perlu dekat dengan pengisian-penutupan. Selain itu, semakin dekat jarak maka risiko selama pengaliran minuman karbonasi melalui pipa maupun biaya proses (pemberian tekanan) dapat diminimalisir. Akan tetapi, tingkat higiene proses pengisian-penutupan lebih tinggi dibandingkan pencampuran-karbonasi. Penyamaan higiene tidak bisa dilakukan karena risiko kontaminasi pada tahap ini tinggi. Hal tersebut mengindikasikan perlunya pembatasan fisik antara kedua proses ini.

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

Pembuatan ARC didasarkan pada level interaksi dan pembatasan yang dilakukan pada tahap sebelumnya. Adapun ARC proses pembuatan minuman karbonasi oleoresin biji pala beserta alasan kedekatan dapat dilihat pada diagram di bawah ini.

**Diagram 4. 2. Activity Relationship Chart (ARC)**



Berdasarkan **Diagram 4.2.** di atas, dapat diketahui derajat hubungan kedekatan antar proses berdasarkan level interaksi yang diizinkan. Cara membaca ARC adalah dengan menemukan titik temu antara dua proses pada bagian berbentuk belah ketupat. Misalnya, titik temu proses pembuatan sirup dan pencampuran-karbonasi adalah pada belah ketupat yang berisi huruf X.

Proses pengolahan air memiliki derajat hubungan U dengan tiga proses lainnya. Hubungan U ini mengindikasikan proses pengolahan air tidak perlu dekat dengan ketiga proses lainnya. Pemberian kode U sesuai dengan level interaksi proses ini dengan proses lainnya serta peletakan mesin pengolahan air di luar area produksi. Dengan demikian, hubungan kedekatan menjadi tidak penting (*U/unimportant*).

Hubungan kedekatan proses pembuatan sirup dengan pencampuran-karbonasi memiliki kode A. Kode A menunjukkan bahwa kedua proses ini mutlak untuk dekat seiring dengan level interaksi dan tingkat higiene yang dimiliki. Hubungan kedekatan proses pembuatan sirup dengan pengisian-penutupan memiliki kode X. Kode X ini menunjukkan hubungan yang tidak dikehendaki untuk berdekatan. Hal tersebut karena pada tahap pembuatan sirup, dilakukan tahap pemasukan bahan baku disertai pembukaan alat sehingga dapat menjadi sumber kontaminasi bagi proses pengisian-penutupan. Selain itu, proses pembuatan sirup yang berlangsung sebelum pasteurisasi merupakan area berisiko rendah, sedangkan pengisian-penutupan merupakan area berisiko tinggi. Idealnya, kedua area tersebut tidak

dikehendaki untuk berdekatan karena adanya risiko kontaminasi silang (Holah, 2011). Oleh karena itu, hubungan kedekatannya menjadi X.

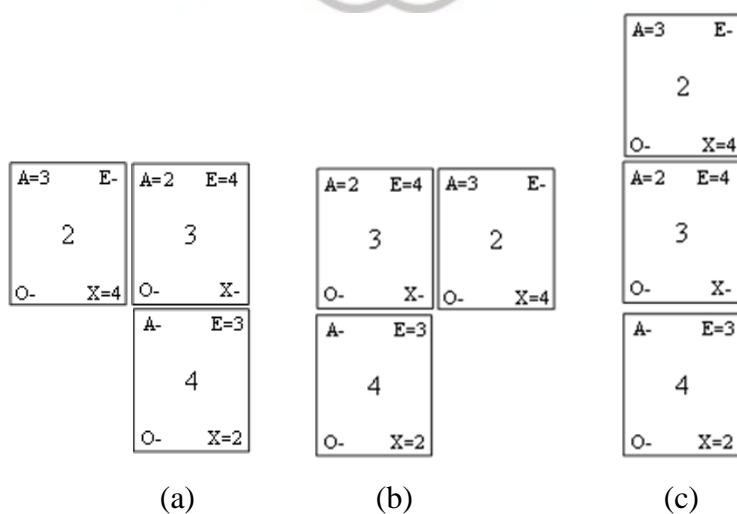
Proses pencampuran-karbonasi memiliki hubungan kedekatan berkode E dengan proses pengisian-penutupan. Kode E ini menunjukkan kedua proses ini sangat penting untuk dekat. Jarak yang dekat memungkinkan retensi kualitas yang lebih baik dari minuman karbonasi karena perlunya menjaga tekanan dan suhu agar tidak terjadi *fobbing*. Di sisi lain, kedua proses ini memiliki tingkat higiene yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan pembatasan sehingga kedua proses tersebut memiliki derajat hubungan berkode E.

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

Tahap berikutnya dalam penyusunan tata letak adalah pembuatan ARD berdasarkan ARC dan ketentuan tambahan. Ketentuan tambahan yang digunakan yaitu mesin pengolahan air perlu diletakkan di luar area produksi sesuai perkataan (Steen, 2006b) karena tidak berhubungan langsung dengan proses produksi. Oleh karena itu, proses pengolahan air tidak diikutsertakan dalam ARD.

Adapun ARD (*Activity Relationship Diagram*) yang dibuat adalah sebagai berikut.

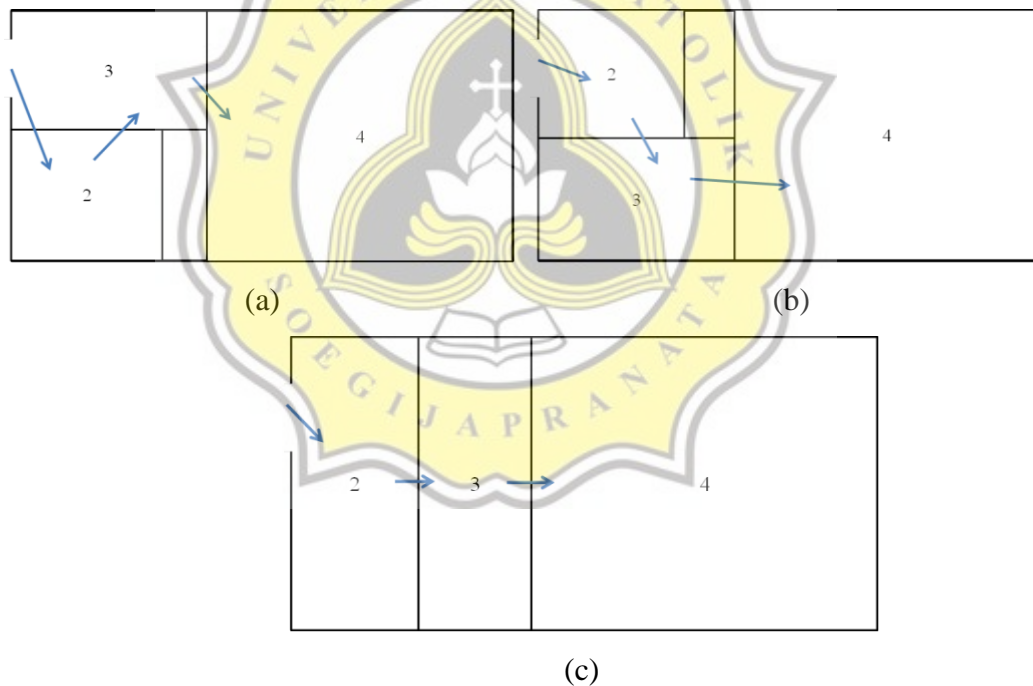
**Diagram 4. 3.** *Activity Relationship Diagram* (ARD)



Dari **Diagram 4.3.** di atas, dapat dilihat tiga alternatif ARD yang dibuat berdasarkan ARC dan level interaksi. Dari ARD dapat dilihat pula bahwa proses 2 (pembuatan sirup) selalu dekat dengan proses 3 (pencampuran-karbonasi). Di sisi lain, proses 2 (pembuatan sirup) juga selalu berjauhan dari proses 4 (pengisian-penutupan). Proses 3 (pencampuran-karbonasi) juga selalu berdekatan dengan proses 4 (pengisian-penutupan).

ARD tersebut kemudian dikembangkan menjadi AAD (*Area Allocation Diagram*) yang sudah memperhatikan hubungan jarak dan alur pergerakan sebagai bahan pemilihan. Adapun AAD dapat dilihat pada diagram di bawah ini.

**Diagram 4.4.** *Area Allocation Diagram* (AAD)



Pada **Diagram 4.4.** di atas, dapat dilihat AAD yang dibuat berdasarkan ARD. AAD tersebut mampu memvisualisasikan perkiraan posisi dan hubungan kedekatan antara proses pada *mini plant* yang dirancang. Dari AAD, bisa diperkirakan pula alur pergerakan manusia selama proses produksi. Alur

pergerakan digambarkan dengan panah biru yang menunjukkan pergerakan dari proses 2, menuju proses 3 lalu proses 4.

Diasumsikan, AAD tersebut berada pada bagian kiri belakang dari keseluruhan *mini plant* yaitu terdapat 4 *mini plant* secara total. *Mini plant* minuman karbonasi dirancang memiliki pintu tersendiri pada bagian samping kiri. Pintu tersebut berfungsi sebagai pintu masuk utama, memudahkan pergerakan manusia, dan memudahkan pengangkutan serta pergantian tabung CO<sub>2</sub>. Selain itu, pintu ini juga berfungsi mencegah kontaminasi dari *mini plant* lainnya jika akses masuk hanya melalui satu pintu pada bagian lain. Di sisi lain, pintu ini dapat menjadi sumber kontaminasi dari lingkungan terhadap proses produksi.

Sebagai standar pemilihan AAD untuk pembuatan tata letak, ditetapkan beberapa kriteria. Kriteria tersebut adalah alur pergerakan manusia, perkiraan kecukupan posisi dengan ukuran mesin, serta risiko kontaminasi.

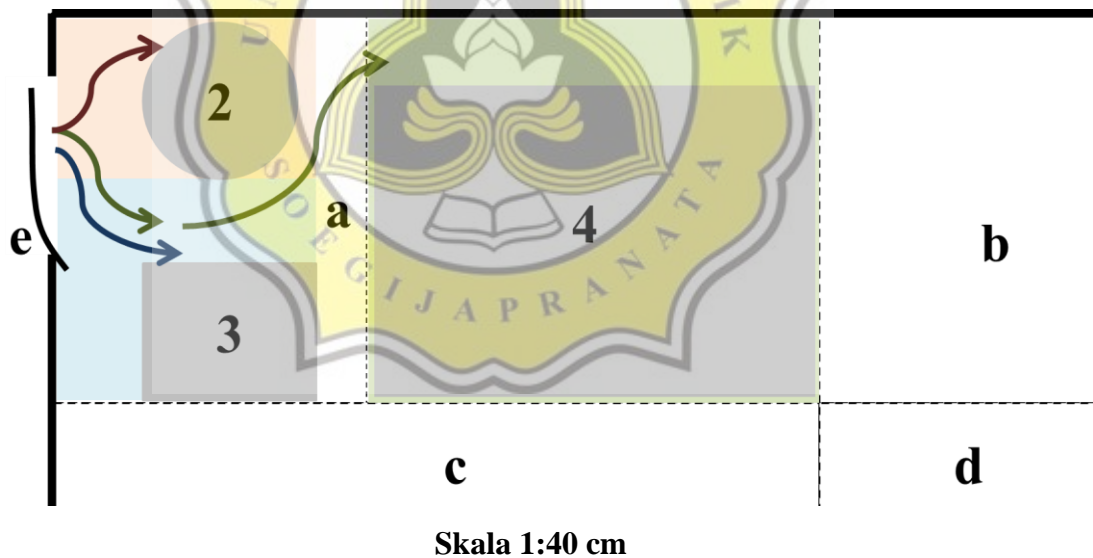
AAD alternatif 1 (kode a) memiliki alur yang berbelok dari pintu masuk menuju proses 2, dari proses 2 menuju proses 3, serta dari proses 3 menuju proses 4. Di sisi lain, proses 3 berada di depan pintu masuk yang merupakan sumber kontaminasi. Berbeda halnya, AAD alternatif 2 (kode b) memiliki alur yang berbelok dari proses 2 menuju ke proses 3. Proses 2 sendiri berada dekat dengan pintu masuk. Jika ditinjau dari alur pergerakan manusia, alternatif 1 tidak disarankan karena alur pergerakan dengan banyak belokan. Selain itu, posisi proses 2 yang tidak berada di dekat pintu membuat proses pemasukan bahan baku padat menjadi terhambat karena keterbatasan lahan. Ditinjau dari risiko kontaminasi, akan lebih baik bagi proses 2 jika berdekatan dengan pintu. Hal tersebut karena, proses 2 dilengkapi dengan pasteurisasi pada suhu 85°C yang memungkinkan de-aktivasi mikroorganisme sehingga tergolong proses dengan risiko rendah (dapat diabaikan). Meskipun proses 3 memiliki tingkat higienitas dengan risiko yang diabaikan, proses tersebut perlu dihindari dari kontaminasi

luar karena proses setelah pemanasan memiliki risiko yang lebih besar (Holah, 2011). Oleh karena itu, AAD alternatif 1 tidak dipilih menjadi tata letak.

Dibandingkan dengan AAD alternatif 2, AAD alternatif 3 memiliki alur pergerakan yang tidak berbelok. Di sisi lain, ukuran mesin yang digunakan cukup besar dibandingkan ketersediaan lahan. Posisi yang demikian menyebabkan jarak antar-mesin yang terlalu dekat. Jarak yang terlalu dekat dapat menjadi sumber kontaminasi silang karena perbedaan tingkat higienitas antara proses 3 dan proses 4. Oleh karena itu, AAD alternatif 2 dipilih menjadi tata letak pada *mini plant*.

#### 4.3.8. Pembuatan tata letak dari alternatif AAD yang dipilih

Berdasarkan AAD alternatif 2, dikembangkan rancangan tata letak *mini plant* minuman karbonasi seperti pada gambar di bawah ini.



**Gambar 4. 1.** Tata Letak *Mini Plant*

Keterangan:

a = *mini plant* minuman karbonasi; b = *mini plant* ekstrudat; c = *mini plant* mie kering; d = *mini plant* crackers; proses 2 = pembuatan sirup; proses 3 = pencampuran-karbonasi; proses 4 = pengisian-penutupan; area berwarna putih = area pembatas area risiko rendah dengan tinggi; area berwarna jingga = area kerja proses 2; area berwarna biru = area kerja proses 3; area berwarna hijau = area kerja proses 4; panah merah = alur menuju proses 2; panah biru = alur menuju proses 3; panah hijau = alur menuju proses 4

Pada **Gambar 4.2.** di atas, dapat dilihat posisi *mini plant* minuman karbonasi beserta ketiga *mini plant* lainnya yaitu *mini plant* ekstrudat, mie kering, dan *crackers*. *Mini plant* minuman karbonasi dirancang untuk berada di bagian kiri belakang, di mana berbatasan langsung dengan *mini plant* ekstrudat di bagian kanannya dan mie kering di bagian depannya. Produk yang berbeda pada setiap *mini plant* memungkinkan terjadinya kontaminasi silang jika tidak dilakukan pemisahan (Holah, 2011). Oleh karena itu, setiap *mini plant* dibatasi dengan plastik bening tebal untuk memisahkan area produksi yang memiliki produk serta tingkat higienitas yang berbeda.

Dari tata letak *mini plant* minuman karbonasi sendiri, upaya memisahkan proses dengan tingkat higienitas berbeda dilakukan dengan pemasangan pembatas plastik bening tebal di depan mesin 4 (lihat garis putus-putus di antara area putih dengan mesin 4). Tujuannya adalah untuk memisahkan proses 2 dan 3 yang memiliki tingkat hygiene 4 dengan proses 4 yang memiliki tingkat hygiene 3. Pemberian pembatas tidak menghalangi transfer material karena minuman yang dihasilkan mesin 3 akan dialirkan melalui pipa yang menembus pembatas menuju mesin 4.

Perkiraan jarak antar bagian dalam *mini plant* minuman karbonasi dapat dilihat pada **Tabel 4.10.** dan perkiraan luas lantai produksi dapat dilihat pada **Tabel 4.11.** di bawah ini.

**Tabel 4. 10.** Jarak Antar Bagian Dalam *Mini Plant*

Bagian 1 – Bagian 2	Jarak (cm)
Mesin 2 – dinding dalam belakang	0
Mesin 2 – pintu masuk	47,8
Mesin 3 – dinding dalam samping kiri	47,8
Mesin 4 – dinding dalam belakang	37
Mesin 2 – mesin 3	42
Mesin 2 – mesin 4	39,6
Mesin 3 – mesin 4	30
Mesin 3 – <i>mini plant</i> mie kering	0
Mesin 4 – <i>mini plant</i> mie kering	0
Mesin 4 – <i>mini plant</i> ekstrudat	0
Lebar pintu	90



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

Nama Mesin	Dimensi Mesin (cm)	Luas Mesin (cm <sup>2</sup> )	Area Kerja (cm <sup>2</sup> )	Lantai Produksi (cm <sup>2</sup> )	<i>Allowance</i> (%)
Pembuatan sirup	Ø80 x 170	5.024	6046	11.070	220
Pencampuran-karbonasi	90 x 70 x 200	6.300	9036	15.336	243
Pengisian-penutupan	230 x 160 x 250	36.800	9455,6	46.255,6	126
Total	-	53.674	18.987,6	72661,6	135

Dari **Tabel 4.10.**, diketahui terdapat jarak sebesar 47,8 cm antara mesin 2 dengan pintu masuk. Jarak tersebut termasuk dalam lingkup luas lantai produksi mesin 2 seperti pada **Tabel 4.11.** Jika dilihat pada tata letak, area tersebut merupakan area kerja mesin 2 yakni untuk pemasukan bahan baku, *setting* mesin, serta pembersihan. Adanya jarak yang besar tersebut memungkinkan alur pergerakan manusia yang lancar dari pintu menuju ke mesin 2 maupun sebaliknya, seperti dapat dilihat pada panah merah di tata letak. *Allowance* mesin 2 sebesar 220% yang menunjukkan bahwa luas lantai produk 2 kali lebih besar dibandingkan luas mesin atau luas area kerja sedikit lebih besar dibandingkan luas mesin.

Sama halnya, mesin 3 memiliki jarak sebesar 47,8 cm dengan dinding kiri yang berguna sebagai area kerja. Area tersebut sejajar dengan area kerja mesin 2 sehingga memudahkan pergerakan manusia dari mesin 2 menuju mesin 3. Area kerja yang cukup besar juga memfasilitasi alur gerak balik dari mesin 3 menuju mesin 2. Selain itu, antara mesin 2 dan mesin 3 terdapat jarak sebesar 42 cm. Area ini juga termasuk area kerja mesin 3 seperti dilihat pada tata letak (area warna biru). Hal ini karena area kontrol mesin 3 dapat diakses dengan mudah pada area tersebut (bagian depan mesin 3 menghadap mesin 2). Selain itu, area tersebut berfungsi sebagai jalan dari mesin 3 ataupun pintu menuju mesin 4. Dengan demikian, *allowance* mesin 3 sebesar 243%. Hal ini menunjukkan luas lantai produksi 2 kali lebih besar dibandingkan luas mesin, dan luas area kerja lebih besar dibandingkan luas mesin.

Antara area kerja mesin 2 dan mesin 3 dengan mesin 4, terdapat jarak sebesar 30 cm. Jarak tersebut termasuk dalam area berwarna putih pada tata letak. Area seluas 7338,4 cm<sup>2</sup> ini berfungsi untuk memberikan jarak antara area tingkat higiene 4 dengan tingkat higiene 3 sebelum dibatasi oleh plastik bening tebal. Area ini juga berfungsi sebagai jalan untuk memasuki area kerja mesin 4. Adanya area ini menyebabkan luas lantai produksi tidak sebesar 80.000 cm<sup>2</sup>.

Mesin 4 memiliki jarak sebesar 37 cm dengan dinding belakang. Jarak ini berfungsi sebagai area kerja dan memungkinkan pembersihan. Area kerja mesin 4 tidak dapat diperbesar karena keterbatasan lahan. Meskipun demikian, jarak 37 cm sudah cukup memfasilitasi pembersihan mengingat ukuran mesin yang tidak terlalu besar. Selain itu, pusat kontrol mesin berada di bagian samping depan mesin sehingga dapat dijangkau dengan jarak yang demikian. Karena keterbatasan tersebut, *allowance* mesin 4 hanya sebesar 126%.

Jika dilihat kembali pada **Tabel 4.10.**, dapat dilihat bahwa terdapat mesin yang tidak berjarak, baik terhadap dinding maupun pembatas plastik. Mesin 2 tidak memiliki jarak terhadap dinding belakang untuk meminimalisir penggunaan lahan. Hal tersebut dapat diterima karena mesin 2 berbentuk bulat sehingga pembersihan yang efektif tetap terfasilitasi. Mesin 3 dan mesin 4 tidak berjarak dengan pembatas plastik pula. Hal tersebut juga dimaklumi karena pembersihan dapat dilakukan dengan mudah pada area pembatas plastik.

#### **4.4. Parameter Keberhasilan *Mini Plant***

Keberhasilan *mini plant* minuman karbonasi dapat dilihat dari tiga parameter yaitu fleksibilitas, mampu membuktikan konsep, serta efisiensi dan efektivitas. Fleksibilitas dalam hal ini adalah kemampuan untuk menghadapi perubahan jenis produk dan jumlah yang diproduksi (Whalley, 2016). *Mini plant* minuman karbonasi yang dirancang memiliki fleksibilitas yang baik. Fleksibilitas ini didapatkan dari kondisi mesin/peralatan yang memungkinkan produksi beragam

jenis produk minuman karbonasi selain minuman karbonasi oleoresin biji pala. Mesin juga memfasilitasi produksi pada kapasitas yang berbeda sesuai kebutuhan. Dengan demikian, *mini plant* minuman karbonasi memenuhi parameter keberhasilan yang pertama terkait fleksibilitas.

Parameter kedua yaitu sebagai sarana pembuktian konsep artinya *mini plant* bekerja dengan menerapkan konsep produksi, sanitasi, higiene, dan pembersihan. Melalui *mini plant*, konsep produksi minuman karbonasi terkait kombinasi suhu dan tekanan dapat dibuktikan dan terbukti mampu menghasilkan proses sesuai spesifikasi yang diharapkan. Penerapan sanitasi, higiene, dan pembersihan juga terbukti mampu membuktikan bahwa konsep sanitasi sangat penting dalam produksi pangan. Penilaian terhadap parameter ini dapat dilakukan setelah *mini plant* dibangun dan dioperasikan.

Parameter ketiga yaitu *mini plant* memiliki sistem produksi yang efektif dan efisien. Efektif artinya produk yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang diharapkan. Efisien artinya proses berjalan dengan biaya, energy, serta pergerakan yang seminimal mungkin. Sama halnya dengan parameter kedua, parameter ini hanya dapat dinilai setelah *mini plant* dibangun dan produksi telah dilakukan.