

## IV. PEMBAHASAN

### 4.1 Industri Pengolahan Susu

#### 4.1.1 Produk Susu

Susu merupakan salah produk alami yang dihasilkan oleh mamalia darat maupun air, susu memiliki ciri yaitu berbentuk cair dan memiliki warna putih. Susu yang sering konsumsi oleh masyarakat salah satunya adalah susu yang diproduksi oleh sapi, banyak produk yang dihasilkan dengan susu sapi ini. Susu berbagai macam komponen didalamnya seperti lemak susu, air, laktosa, mineral, dan protein Susu memiliki banyak kandungan seperti vitamin, enzim, asam organik dan lain sebagainya yang baik untuk dikonsumsi (Nabila, 2019). Susu memiliki sifat yang mudah rusak jika tidak ditangani dengan benar agar kesegarannya juga terjaga. Kontaminan dari pengolahan susu berasal dari berbagai macam sumber, mulain dari cemaran yang berasal dari proses pemerahan, distribusi hingga pada proses pengolahan susu dalam pabrik menjadi produk jadi. Cemaran dapat berbentuk secara biologi yang berupa bakteri hingga mikroorganisme lainnya, dan kimia yang dapat berasal dari residu *sanitizer* yang tidak tepat penggunaannya, pestisida dan macam jenis zat lainnya. Cemaran lainnya dapat berupa fisik seperti adanya benda asing dalam susu seperti serpihan kayu, rambut dan lain sebagainya (Restu & Muchamad, 2020). Produk olahan susu yang sering diproduksi secara besar atau komersial adalah susu UHT, susu pasteurisasi, susu bubuk, susu skim, susu fortifikasi, hingga yogurt.

Tabel 3. Daftar Nutrisi Pada Susu

Nutrisi	Kandungan
Kalori	69/100 ml
Vitamin A	21 IU/gram fat
Vitamin B1	45 µg/100 ml
Vitamin B2	159 µg/100 ml
Vitamin C	2 mg acid askorbat/100 ml
Vitamin D	0,7 IU/gram fat
Kalsium	0,18%
Besi	0,06%
Fosfor	0,23%
Kolestrol	15 mg/100 ml

(Resnawati, 2020)

Biofilm yang terdapat dalam peralatan produksi memiliki sifat yang lebih tahan terhadap panas, dan senyawa antimikroba oleh karena bakteri pembentuk biofilm ini memiliki polimer ekstraseluler yang membuatnya lebih tahan ketika kontak dengan anti bakteri (Dewanti,&

Cynthia, 2014). Pada pengolahan produk susu pembentukan biofilm juga menjadi salah satu permasalahan sanitasi peralatan. Peralatan perpipaan dalam pengolahan susu sering terbentuk biofilm yang terdiri dari kumpulan bakteri seperti *L. Monocytogenes*, *Salmonella spp* (Srey dkk., 2013), dan *Bacillus Cereus* (Kumari & Prabir, 2014). Terbentuknya biofilm oleh bakteri-bakteri tersebut dapat dikarenakan adanya *dead zone* dimana pada area tersebut terdapat susu atau whey yang atau mengendap pada saat proses pasteurisasi, dengan adanya area tersebut yang sulit dibersihkan dapat menjadi kemungkinan akan terbentuknya biofilm oleh bakteri-bakteri kontaminasi (Aryal & Peter, 2019).

*Listeria monocytogenes* adalah bakteri yang merupakan pembentuk biofilm pada peralatan pengolahan pangan. *L. monocytogenes* memiliki sifat yang kuat pada formasi biofilm terutama pada tempat-tempat yang terdapat nutrisi yang berlebih seperti pada *dead zone*. Bakteri ini sering muncul pada peralatan pabrik yang berjenis *stainless steel* dan sulit untuk benar-benar menghilangkan biofilm yang terbentuk oleh *L. Monocytogenes*. Bakteri *L. Monocytogenes* memiliki suhu optimal bertumbuh yaitu 18°C pada *stainless steel*. Bakteri ini tidak hanya menjadi kontaminasi pada pengolahan susu namun juga pada pengolahan ikan, daging, hingga pada pengolahan makanan *Ready to eat* (RTE) (Srey dkk., 2013). *Salmonella spp* yang merupakan bakteri patogen dengan jenis gram negatif yang dapat hidup pada suhu 15-30°C. Selain itu *salmonella spp* tidak memiliki kemampuan untuk membentuk spora (Yulianti, 2016). *Bacillus cereus* merupakan salah satu bakteri perusak produk makanan yang termasuk dalam jenis gram negatif, bakteri ini hidup pada lingkungan anaerob, bakteri *B. cereus* ini juga salah satu penyebab timbulnya biofilm pada peralatan pengolahan susu. Bagian yang perlu diperhatikan pada bakteri *B. cereus* yaitu spora yang dihasilkannya. Spora dari *B. cereus* memiliki sifat tahan terhadap panas atau suhu pasteurisasi dan juga bahan kimia (Kumari & Prabir, 2016).

## **4.1.2 Jenis Peralatan Pipa Pada Pengolahan Susu**

### **4.1.2.1 Mesin Pemanas**

Mesin pemanas dalam pengolahan susu pada skala industri besar menggunakan pipa dalam proses pemanasannya. Pada dasarnya pemanasan dalam pengolahan susu menggunakan teknik pasteurisasi namun tergantung oleh jenis susunya yang dikategorikan dalam suhu dan waktu pemasakan. Produk olahan susu murni yang sering dikonsumsi adalah susu yang siap minum seperti susu UHT dan susu pasteurisasi. Pengolahan produk-produk tersebut memiliki dasar pemanasan pada proses produksinya yang bertujuan untuk memperpanjang masa simpan dengan membunuh mikroorganisme dan spora yang dapat merusak susu dan menjaga nilai gizi

dalam susu tersebut. Prinsip kerja pemanasan pada susu UHT yaitu dengan mensterilkan susu di suhu  $135^{\circ}\text{C}$  dalam kurun waktu hanya 2 detik lalu lanjut kedalam proses pengemasan. Proses pemanasan dengan metode UHT memiliki dua jenis metode yaitu pemanasan langsung (*direct heating*) dan pemanasan tidak langsung (*indirect heating*). Proses pemanasan secara langsung menggunakan uap panas dengan tekanan tertentu. Uap panas yang diberikan dapat dalam metode infus atau dari susu ke uap lalu dengan menggunakan injeksi atau uap ke susu. Pada pemanasan secara tidak langsung yaitu dengan transfer panas melalui permukaan metal yang dapat berasal dari uap atau air panas menggunakan *plate heat exchanger* (Nabila, 2019).



Gambar 3. Mesin *Plate Heat Exchanger* (Sumber: [www.chinaplateheatexchanger.com](http://www.chinaplateheatexchanger.com))

Pada pembuatan susu bubuk memiliki metode dasar yang sama dengan pengolahan susu UHT. Mesin yang digunakan sama dengan proses pengolahan susu UHT yaitu mesin pasteurisasi atau mesin sterilisasi yang tersusun dari pipa dengan bekerja dengan menginjeksi steam (*Direct Steam Injection / DSI*) atau uap panas langsung susu. Proses DSI ini terbagi menjadi 2 yaitu DSI I dan DSI II, perbedaan terletak pada suhu dan waktu yang digunakan. Pada proses DSI I, pemanasan susu pada suhu  $85^{\circ}\text{C}$  selama 4 detik, yang dilanjutkan dengan DSI II yang proses tersebut memerlukan suhu hingga  $120^{\circ}\text{C}$  selama 1 detik. Proses sterilisasi ini dilanjutkan dengan metode homogenisasi pada sebuah tangki penampungan (Junifar, 2015).

Pada pengolahan susu pasteurisasi juga memiliki metode pemanasan. Metode pasteurisasi ini menggunakan HTST (*High Temperature Short Time*), dimana pada metode tersebut suhu yang diperlukan untuk pemanasan yaitu  $80-90^{\circ}\text{C}$  dengan waktu 15 detik (Hartina, 2019). Proses pasteurisasi juga dapat menggunakan alat PHE (*Plate Heat Exchanger*). Pada penggunaan alat ini memerlukan suhu  $65^{\circ}\text{C}$  dengan waktu yang diperlukan yaitu 30 menit. Penggunaan metode pasteurisasi ini dapat menginaktivkan katalase dan fosfatase yang merupakan enzim yang dapat merusak produk susu (Junifar, 2015).

#### 4.1.2.2 Mesin Evaporator

Mesin evaporator merupakan mesin yang digunakan dalam proses pembuatan susu bubuk. Mesin ini memiliki fungsi untuk mengurangi kadar air dalam susu dan meningkatkan total padatan sesuai dengan yang dikehendaki. Mesin ini dapat meningkatkan padatan dalam susu sebanyak 10% yang membuat sus tersebut lebih pekat atau kental. Mekanisme kerjanya adalah susu dialirkan dalam pipa atau tabung dengan pemberian panas, dimana susu membentuk lapisan tipis yang membantu proses penguapan. Pemberian panas pada mesin ini menggunakan suhu steam hingga 180°C, yang panasnya menyelubungi pipa atau tabung (Junifar, 2015).



Gambar 4. Mesin Evaporator (Sumber: [www.indonesia.alibaba.com](http://www.indonesia.alibaba.com))

#### 4.1.2.3 Mesin Pendingin

Pengolahan susu tidak hanya tentang pemanasan saja, namun pada industri pengolahannya akan melengkapinya dengan mesin pendingin. Pendingin memiliki fungsi untuk mencegah terjadinya tumbuhnya mikroorganisme dalam produk susu. Proses pendinginan dilakukan sangat cepat dari suhu 80-90°C menuju suhu pendinginan yang mencapai 5-10°C. proses pendingin banyak dilakukan dengan menggunakan alat *plate cooler* seperti pada Gambar 2 (Hartina, 2019).



#### 4.1.2.4 Mesin Pengemas (*Packaging*)

Mesin yang memiliki susunan yang terdiri dari pipa selanjutnya adalah mesin pengemas yang disebut dengan *fillomatic*. Mesin ini terdiri dari tiga bagian yaitu *filler*, *sealer* dan *cutter*. Bagian mesin pengemasan yang berbentuk yaitu terdapat pada bagian *filler*. Pengisian dari produk susu ini dilakukan secara otomatis, dan dilakukan secepat mungkin setelah proses pendingin agar menghindarkan dari adanya kontaminan yang dapat merusak kualitas dari susu (Anindita, 2017).



Gambar 5. Mesin *Filling* (Sumber: [www.yslfood.com](http://www.yslfood.com))

### 4.1.3 Teknik Sanitasi

Berikut ini merupakan tabel hasil pemetaan bahan *sanitizer* dan metode yang dapat digunakan pada industri pengolahan susu:

Tabel 4. Daftar *Sanitizer* dan Metode Industri Susu

Material	Alat	<i>Sanitizer</i>	Konsentrasi	pH	Suhu (°C)	Waktu Kontak (menit)	Metode	Reduksi Biofilm	Sumber
Stainless steel	Pipa	Air	0	N	Room	20	<i>Flushing</i>	-	Madoumier dkk., 2020
		NaOH	1,5%	11,5	65	30	<i>Flushing</i>	4.77 Log CFU/cm <sup>2</sup>	Kumari & Prabir, 2014
		Air	0	N	Room	20	<i>Flushing</i>	-	Madoumier dkk., 2020
		Asam Nitrat	1%	1,6	65	30	<i>Flushing</i>	4.77 Log CFU/cm <sup>2</sup>	Kumari & Prabir, 2014
		Asam Perasetat	0,01%	2,8	60	30	<i>Flushing</i>	9 Log CFU/mL	Hariyadi & Cyhntia, 2014
		Air	0	N	Room	20	<i>Flushing</i>	-	Madoumier dkk., 2020
	Evaporator	Air	0	N	Room	20	<i>Flushing</i>	-	Madoumier dkk., 2020
		NaOH	1,5%	11,5	75	30	<i>Flushing</i>	-	Madoumier dkk., 2020
		Air	0	N	Room	20	<i>Flushing</i>	-	Madoumier dkk., 2020
		Asam Nitrat	1,5%	1,6	60	30	<i>Flushing</i>	-	Madoumier dkk., 2020
		Asam Perasetat	0,01%	2,8	60	30	<i>Flushing</i>	9 Log CFU/mL	Hariyadi & Cyhntia, 2014
		Air	0	N	Room	20	<i>Flushing</i>	-	Madoumier dkk., 2020
PHE ( <i>Plate Heat Exchange</i> )	Air	0	N	60	20	<i>Immersed</i>	-	Boxler dkk., 2014	
	NaOH	1 % w/w	11,5	50	60	<i>Immersed</i>	-		

H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1 % w/w	6,7	50	60	<i>Immersed</i>	
Air	0	N	60	20	<i>Immersed</i>	-

Keterangan : (*Room*) : Suhu Ruang (N) : Netral

CIP (*Clean In Place*) merupakan salah satu teknik yang sering digunakan dalam industri pembuatan minuman. Teknik ini cocok atau efektif untuk pembersihan perpipaan karena tidak memerlukan pembongkaran yang dapat memerlukan lebih banyak usaha (Ding & Jun, 2013). Prinsip kerja dari CIP yaitu dengan mengaliri atau memompakan (*flushing*) peralatan dengan menggunakan *sanitizer* yang tepat sehingga menghindarkan dari kerak atau biofilm yang dapat menjadi sumber kontaminan. Peralatan yang dapat menggunakan teknik *flushing* yaitu seperti pipa dan evaporator (Park, 2015). Perlakuan khusus dapat dilakukan alat PHE dengan metode perendaman atau *immersed* pada setiap platnya. Hal ini dilakukan oleh karena PHE merupakan susunan dari plat yang membentuk pipa sehingga susu dapat mengalir di dalamnya sehingga lebih tepat menggunakan metode perendaman dari pada *flushing* (Moerman dkk., 2014).

Teknik CIP dianggap efektif karena memerlukan sedikit tenaga dan biaya. Penggunaan teknik ini perlu dilengkapi dengan *sanitizer* yang sesuai dengan produk yang diolah, jika terjadi kesalahan dalam pemilihan maka akan dapat menjadi salah satu sumber cemaran pada produk yang diolah (Weber & Sharon, 2017). Metode CIP tidak selalu dilakukan di dalam metode sanitasi pada suatu industri pengolahan susu. Metode pembongkaran peralatan dapat dilakukan dengan skala tertentu disesuaikan dengan jam operasi pada suatu industri pengolahan susu terutama pada mesin PHE yang tersusun dari banyak plat yang perlu adanya pembongkaran. Metode sanitasi pada setiap sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan dengan *sanitizer*, diberi pembilasan dengan menggunakan air bersih sesuai jenis alat menggunakan cara *flushing* maupun *immersed* (Madoumier dkk., 2020). Pembilasan menggunakan air merupakan salah bentuk *pre treatment* dan *post treatment* pada penggunaan *sanitizer*. Tujuan menggunakan air sebelum dan sesudah penggunaan *sanitizer* yaitu untuk membersihkan sisa bahan olahan produksi hingga menghilangkan sisa *sanitizer* setelah proses penggunaannya. Suhu yang digunakan dalam metode *pre* dan *post treatment* tidak mempengaruhi kinerja dari kinerja dari *sanitizer*.

#### 4.1.4 Efektifitas *Sanitizer* Pada Peralatan Berbentuk Pipa

Proses sanitasi dari peralatan tidak lepas dari peranan dari *sanitizer* yang digunakan sebagai agent pembersihnya. *Sanitizer* dipilih karena memiliki sifat yang aman dalam proses pengolahan pangan. *Sanitizer* NaOH atau *causticsoda* merupakan *sanitizer* awalan atau dasar dari metode sanitasi. Hal tersebut dilakukan karena sifatnya yang dapat menghilangkan komponen seperti lemak, minyak hingga protein yang tersisa dalam peralatan. Penggunaan NaOH perlu didampingi dengan *sanitizer* yang bersifat asam karena NaOH tidak dapat menghilangkan komponen anorganik pada peralatan sehingga memerlukan adanya sanitasi lanjutan dengan menggunakan asam nitrat atau asam perasetat. Pada jurnal dari Anindita, B., (2017) menunjukkan bahwa pada proses pengolahan susu *sanitizer* yang dapat digunakan adalah NaOH, asam nitrat dan air panas. Pada proses sanitasi menggunakan NaOH dan asam nitrat memiliki perbedaan pada jam kerjanya. NaOH dengan air panas dapat digunakan dalam jangka sehari-hari dalam masa produksi. Pada konsentrasi 1-1,5% merupakan standar yang digunakan dalam proses sanitasi, konsentrasi tersebut mampu memecah protein dari mikroba maupun bahan organik yang tersisa sehingga dapat larut dalam air.

NaOH masuk ke dalam golongan alkali kuat dengan pH basa mencapai 11,5 yang membuat bahan organik yang tertinggal tidak dapat bertahan di dalam pipa (Kruger, 2018). Penggunaan *sanitizer* NaOH perlu dilengkapi dengan *sanitizer* asam karena ketidakmampuannya dalam menghilangkan biofilm karena bakteri penyusun biofilm mampu bertahan pada pH basa pH 9. Asam nitrat sebagai detergen asam dapat berperan sebagai pendegradasi protein dan garam dari sisa pengolahan susu. Pada proses sanitasi dengan asam nitrat standar dari penggunaan konsentrasi adalah 0,5-1,5%. Pada jurnal yang ditulis oleh Kumari & Prabir, (2014) membuktikan bahwa penggunaan rangkaian NaOH, asam nitrat dan pembilasan dengan air dapat mengilangkan atau mereduksi mikroorganisme kontaminan pada susu sebanyak 4.77 log CFU/cm<sup>2</sup>. Hasil tersebut merupakan hasil yang paling efektif dibandingkan dengan hasil dari penggunaan NaOH secara terpisah maupun asam nitrat yang terpisah. Penggunaan rangkaian *sanitizer* tersebut akan membersihkan komponen organik seperti protein dan lemak, kemudian anorganik seperti kalsium dan mineral lainnya (Anindita, 2017). Hasil Pemetaan dalam Tabel 4. penggunaan NaOH dan asam nitrat hanya menghasilkan 4,77 log CFU/cm<sup>2</sup>, lalu pada penelitian dengan menggunakan asam perasetat atau PAA dengan konsentrasi 0,01% dapat mencapai 9 log CFU/cm<sup>2</sup>. Penelitian pada NaOH dan asam nitrat menggunakan salah satu penyusun biofilm yaitu *B.cereus*, sedangkan pada penelitian dalam penggunaan PAA dalam



menghilangkan biofilm yang penyusun besarnya adalah *Salmonella* dan *Staphylococcus aureus* pada *stainless steel*.

*Sanitizer* selanjutnya adalah asam perasetat atau dapat di singkat dengan PAA (*peracetic acid*). PAA dan asam nitrat memiliki sifat sama seperti memiliki kemampuan untuk mengoksidasi, stabil pada perubahan suhu, namun juga korosif. Jika dibandingkan antara PAA dan asam nitrat dapat dilihat pada Tabel 4. bahwa PAA memiliki hasil mereduksi mikroorganisme lebih besar dari pada asam nitrat dengan hasil 9 log CFU/mL dengan menggunakan konsentrasi 0,01% dengan pH 2,8. Penggunaan konsentrasi pada *sanitizer* perlu diperhatikan karena akan mempengaruhi dalam proses mereduksi biofilm dari mikroorganisme. Pada penelitian yang dilakukan oleh Hariyadi & Cynthia (2014) penggunaan *sanitizer* asam paling efektif adalah PAA karena mampu mereduksi biofilm yang tersusun dari *S. aureus* yang menjadi salah satu kontaminan dalam susu sebanyak 9 log CFU/mL. Penggunaan konsentrasi lebih tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan, maka konsentrasi yang efektif digunakan adalah 0,01% atau 100 ppm yang meminimalkan biaya dan juga efek samping seperti timbulnya korosi terhadap peralatan pipa yang terbuat dari *stainless steel*. Mikroorganisme tidak dapat bertahan dalam pH yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi, namun pada pemberian NaOH bakteri tetap dapat bertahan sehingga perlu diberi larutan asam yang pH rendah sehingga mikroorganisme akan mengalami denaturasi sel (Hariyadi & Cyhntia, 2014).

Parameter selanjutnya adalah pH berpengaruh dengan dengan kinerja dari *sanitizer*. Penggunaan pH yang asam mencapai 2,8 membuat biofilm tidak dapat bertahan ketika proses pemberian *sanitizer*, oleh karena metabolisme dari mikroorganisme tersebut akan rusak dan mati (Aryal & Muriana, 2019). Pada Tabel 4 terlihat bahwa hasil reduksi dari PAA lebih efektif dari pada penggunaan asam nitrat yang sudah dikombinasi dengan NaOH. Hal tersebut dapat dilihat pada penggunaan pH dari asam nitrat lebih asam dari PAA namun PAA tetap memiliki hasil reduksi biofilm lebih besar. Kelebihan dari PAA ini dapat menghilangkan bahan organik dan anorganik, namun kelemahannya terdapat pada harga yang lebih mahal dari asam nitrat (Oliveira,dkk.,2018).

*Sanitizer* selanjutnya adalah asam fosfat dimana kegunaannya pada industri pengolahan susu untuk membersihkan peralatan PHE. Asam fosfat memiliki rumus kimia berupa  $H_3PO_4$  di dalam salah satu jurnal menjelaskan tentang metode sanitasi dari PHE menggunakan teknik sanitasi *immersed* atau teknik perendaman. Penggunaan  $H_3PO_4$  pada sanitasi PHE dikombinasi dengan NaOH yang memiliki fungsi untuk menghilangkan sisa-sisa mineral yang berpotensi

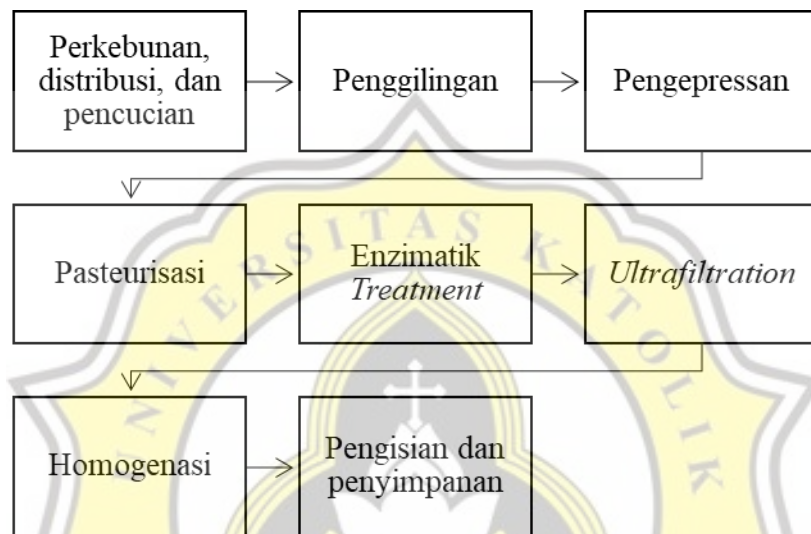
membentuk kerak. Asam fosfat sifatnya korosif dan pada penggunaan sebagai *sanitizer* PHE menggunakan pH 6,5 yang mendekati pH netral. Asam fosfat memiliki sifat yang dapat mengiritasi jika dalam keadaan asam kuat. Penggunaan asam fosfat yaitu konsentrasi 1 % w/w dengan pH 6. Asam fosfat pH yang digunakan mendekati netral karena asam fosfat dapat mengakibatkan korosi pada peralatan dan mengurangi resiko iritasi karena metode yang digunakan untuk PHE menggunakan cara perendaman yang dapat dilakukan secara manual (Boxler dkk., 2014). Metode sanitasi didukung dengan penambahan suhu pada saat pemberian *sanitizer* yang bertujuan untuk membunuh mikroorganisme sehingga dapat mengoptimalkan proses sanitasi. Hal tersebut dilengkapi dengan lama waktu kontak yang diberikan, namun pemberian suhu yang berlebih maupun waktu kontak yang terlalu lama akan memiliki dampak pada peralatan pipa. Peralatan pipa yang terbuat *stainless steel* beresiko terjadinya korosi yang dapat merugikan industri pengolahan pangan. Pada tabel kisaran suhu yang digunakan untuk metode sanitasi berkisar 50-75 °C dengan waktu kontak berkisar 20-60 menit (Schmidt, 2012).

Pemakaian *sanitizer* NaOH, asam Nitrat, PAA, dan asam fosfat dapat mempengaruhi aktivitas dari mikroorganisme oleh karena gugus -OH yang dimiliki oleh keempat sanitizer. Gugus -OH dapat menjadi racun atau toksik jika berkontak langsung dengan mikroorganisme (Kresnawaty & Achmad, 2009). Penggunaan *sanitizer* dalam industri susu memerlukan kombinasi dari *sanitizer* basa dan asam. *Sanitizer* asam dan basa akan saling melengkapi dalam memberikan hasil yang sesuai dalam metode sanitasi. Penggunaan NaOH merupakan standarisasi dalam metode sanitasi, kemudian dapat dilanjutkan dengan *sanitizer* asam yang lebih efektif yaitu PAA dibandingkan asam nitrat untuk peralatan pipa dan evaporator. Sedangkan untuk peralatan PHE yang tersusun dari plat dapat menggunakan NaOH yang di lengkapi dengan asam fosfat dengan metode perendaman. Pada industri pengolahan susu menggunakan material peralatan yang berasal dari *stainless steel*, karena memiliki sifat yang tahan terhadap panas, korosi, hingga sulfidasi. Industri pengolahan susu cocok menggunakan *stainless steel* karena tahan lama dan dapat menjaga mutu produk selama proses produksi (Dewangan, 2015).

## 4.2 Industri Pengolahan Jus Siap Minum

### 4.2.1 Produk Jus

Minuman jus merupakan salah satu minuman yang diperoleh dari buah hingga sayuran, namun yang sering ditemui oleh masyarakat adalah jus yang terbuat buah. Jus dapat diperoleh dari buah yang mengalami penghancuran yang kemudian dilakukan proses pengepresan dengan alat maupun manual hingga diperoleh sari buah yang diinginkan. Proses tersebut sering disebut dengan proses ekstraksi buah, setelah itu ekstraksi buah akan diolah dengan penambahan bahan lainnya maupun tidak (Urošević dkk., 2017).



Gambar 6. Alur proses pembuatan Jus ( Clara dkk., 2013)

Peralatan dalam industri pengolah jus tersusun pipa yang terbuat dari *stainless steel*. Pemakaian pipa *stainless steel* ini tidak lepas dari ancaman biofilm. Biofilm ini dapat menjadi sumber kontaminan yang dapat merusak produk sehingga perlu perhatian khusus. Biofilm pada industri pengolahan jus sering terbentuk oleh mikroorganisme yang terdiri dari *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, dan *Alicyclobacillus*. Bakteri-bakteri tersebut akan saling berikatan dengan menggunakan polisakarida yang berperan seperti perekat untuk para bakteri. Nilai nutrisi dalam jus buah ini cukup untuk kebutuhan pertumbuhan dari bakteri-bakteri tersebut terutama (Marriott dkk., 2018).

Bakteri bernama *Escherichia* dapat tumbuh mudah dimana saja termasuk dalam pipa berbahan *stainless steel* (SS). *E.Coli* mampu bertahan hampir di segala keadaan karena memiliki mekanisme terhadap asam. *Listeria monocytogenes* merupakan bakteri gram positif yang juga sering muncul pada peralatan yang memiliki bahan SS. Bakteri *L. monocytogenes* merupakan bakteri yang sering menjadi cemaran pada produk makanan seperti susu hingga makanan Ready to eat (Gate dkk., 2018). *Salmonella spp* adalah bakteri yang sering muncul pada

permukaan makanan dan membentuk struktur multiseluler. *Salmonella spp* juga berperan dalam pembentukan biofilm pada peralatan pengolahan minuman jus. Bakteri *salmonella spp* dapat membentuk biofilm dengan struktur 3D pada permukaan *stainless steel* yang terdapat sisa-sisa jus yang mengandung banyak nutrisi (Olivera dkk., 2014). Kemudian bakteri selanjutnya adalah *Alicyclobacillus*, bakteri ini menghasilkan spora yang memiliki sifat tahan terhadap pemberian panas. Spora bakteri ini dapat bertahan dalam konsentrat buah meski sudah mengalami proses pasteurisasi. Bakteri *alicyclobacillus* dapat bertumbuh baik pada berbagai macam material pipa dari *stainless steel* hingga PVC (Anjos dkk., 2013). Selain bakteri pada industri pembuatan minuman jus buah sering juga muncul kontaminan lain seperti dari fungsi atau yeast seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Daftar Fungi Pencemar Produk Jus

Nama Fungi	Peralatan	Sumber pustaka
<i>Aspergillus niger</i>	Pipa, THE, Evaporator, mesin	Urošević dkk., 2017
<i>Candida krusei</i>	filling	Tarifa dkk., 2017
<i>Rhodototula mucilaginosa</i>	Filtrasi	Brugnoni dkk., 2012
<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	Pipa, THE, Evaporator, mesin filling	Frison dkk., 2014

## 4.2.2 Jenis Peralatan Pipa Pada Pengolahan Jus Buah

### 4.2.2.1 Mesin Pasteurisasi dan Mesin Pendingin

Mesin pasteurisasi adalah salah satu mesin yang banyak digunakan dalam industri minuman. Mesin pasteurisasi ini tersusun dari pipa yang terbuat dari *stainless steel* yang memiliki predikat aman untuk produk pangan (*food grade*) (Hariyadi, 2016). Tujuan dari mesin pasteurisasi ini adalah untuk memasarkan produk sehingga dapat membunuh mikroorganisme di dalam produk yang diolah. Proses pasteurisasi dapat menggunakan dua jenis alat yaitu *Tube Heat Exchanger* (THE). Pada industri jus buah sendiri, mesin ini memanaskan jus buah dengan sistem HTST (*High Temperature Short Time*) dengan temperatur 72 °C selama 15 detik, dan 63 °C (Jafari dkk., 2016). THE salah satu mesin pemanas yang tersusun dari pipa-pipa yang dialiri panas sehingga jus yang mengalir di dalamnya menjadi panas (Jafari dkk., 2017).

Mesin pendingin pada pengolahan minuman jus menggunakan mesin penukar panas seperti pada saat proses pemanasan. Mesin yang digunakan dapat berjenis THE yang menukar panas dengan bahan pendingin berupa air secara konduksi (Walikrom, Abdul & Hermanto, 2018).



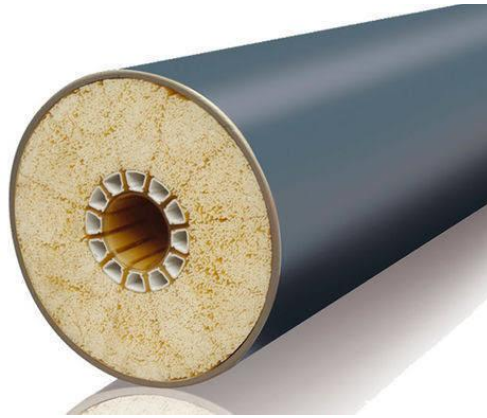
Perpindahan panas terjadi dari cairan yang bersuhu tinggi mengalir pada cairan yang bersuhu rendah. Setelah produk jus yang sudah melalui proses pendinginan memiliki suhu kurang lebih  $19\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Sampedro dkk., 2013).



Gambar 7. Mesin *Tube Heat Exchanger* (Sumber: [www.indiamart.com](http://www.indiamart.com))

#### 4.2.2.2 Mesin filtrasi

Mesin filtrasi pada pengolahan jus menggunakan membran filtrasi, yang memiliki tujuan untuk menghilangkan ampas, meningkatkan konsentrasi jus. Keuntungan dari meningkatkan konsentrasi yaitu produk akan lebih stabil dalam masa penyimpanan (Onsekizoglu, dkk, 2010). Pada filtrasi pengolahan jus menggunakan alat yang bernama filtrasi membran yang menjadikan jus buah menjadi terbebas dari ampas buah dan menjadi clear juice. Filtrasi membrane dapat terbagi menjadi 2 yaitu ultrafiltrasi ( $1\text{--}100\mu\text{m}$ ) dan mikrofiltrasi ( $0.1\text{--}10\mu\text{m}$ ) (Echavarrí a dkk., 2011). Filtrasi dengan membran terdiri dari pipa-pipa, dimana didalam pipa besar yang menggunakan material *stainless steel*. Kemudian didalamnya terdapat pipa-pipa kecil yang terbuat dari polysulfone yang merupakan polimer sintetis (Yusmaydiyanti, Heru & Sudarno, 2015).



Gambar 8. Pipa *Polysulfone Membran* (Sumber: [www.inidiamart.com](http://www.inidiamart.com))

#### 4.2.2.3 Mesin Evaporator

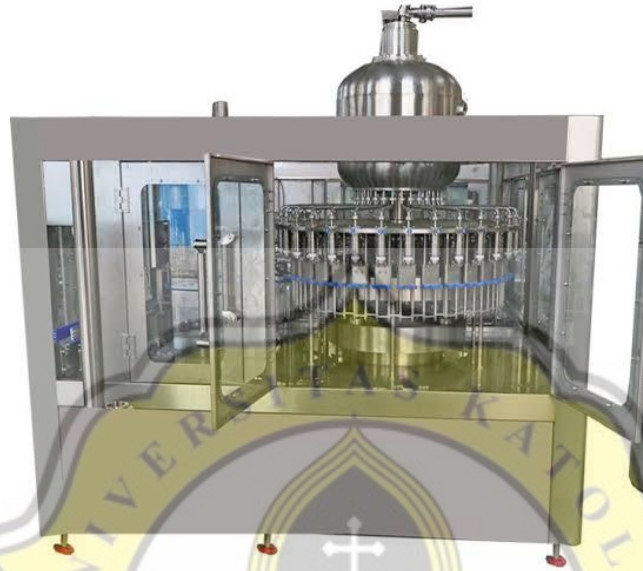
Mesin evaporator pada pengolahan minuman jus buah memiliki fungsi untuk menghasilkan konsentrat dari buah yang diproduksi dengan mengurangi kadar air dalam sari buah dan menghasilkan jus dengan densitas dan viskositas yang baik. Proses ini juga memanfaatkan perpindahan panas dengan menggunakan uap panas yang dihasilkan dari broiler. Uap panas yang digunakan dalam proses pengolahan jus buah yaitu bersuhu 90 °C. Kemudian dialirkan ke pipa-pipa pada evaporator menggunakan pompa vakum (Istianah, 2017).



Gambar 9. Mesin Evaporator (Sumber: [www.indonesia.alibaba.com](http://www.indonesia.alibaba.com))

#### 4.2.2.4 Mesin filling

Mesin filling digunakan dalam proses *packaging* dari produk jadi. Mesin ini memiliki susunan pipa yang mengalirkan produk pada kemasan kosong. Pada material yang digunakan untuk pipa yaitu *stainless steel* yang sudah memenuhi standarisasi. Jus yang sudah didinginkan dengan *cooler* akan langsung dikemas dan siap untuk didistribusikan (Rehman dkk., 2010).



Gambar 10. Mesin *Filling* (Sumber: [www.liquidpackmachine.com](http://www.liquidpackmachine.com))



### 4.2.3 Teknik Sanitasi

Berikut ini merupakan tabel hasil pemetaan bahan *sanitizer* dan metode yang dapat digunakan pada industri pengolahan jus:

Tabel 6. Daftar *Sanitizer* dan Metode Industri Jus Buah

Material	Alat	<i>Sanitizer</i>	Konsentrasi	pH	Suhu(°C)	Waktu Kontak (menit)	Metode	Reduksi biofilm	Sumber
Stainless steel	General (Evaporator, THE (Tubular Heat Exchanger) and pipa)	Air	0	N	50	5	<i>flushing</i>	-	Ding & Jun, 2013
		NaOH	0,5%	12	60	10	<i>flushing</i>	60%	Brugnoni dkk., 2012
		Air	0	N	90	15	<i>flushing</i>	-	Ding, S., & Jun, Y., 2013
		Asam Perastat	1,000 ppm	2,8	60	10	<i>flushing</i>	Biofilm 2 Log CFU/Cm2 Spore 1,5 Log CFU/MI	Kampf, 2018
		Air	0	N	90	15	<i>flushing</i>	-	Ding & Jun, 2013
Polysulfone	Ultrafiltrasi	Air	0	N	Room	5	<i>Backflushing</i>	-	
		NaOH	200 ppm	10,5	50-60	15	<i>Backflushing</i>	-	
		Air	0	N	Room	5	<i>Backflushing</i>	-	Tarifa dkk., 2013
		NaOCl	200 ppm	9	50-60	30	<i>Backflushing</i>	-	
		Air	0	N	Room	5	<i>Backflushing</i>	-	

Keterangan : (Room) : Suhu Ruang (N) : Netral



Teknik sanitasi pada pengolahan minum jus buah ini menggunakan teknik CIP (*Clean In Place*), dimana *sanitizer* akan dialirkan di dalam peralatan tanpa membongkarnya (Urosevic dkk., 2017). Teknik sanitasi memiliki beragam metode yang dapat digunakan dan disesuaikan dengan produk dan peralatan yang digunakan pada suatu industri. Pada industri minuman teknik yang sering dipakai adalah CIP, termasuk juga pada industri jus buah. Penggunaan CIP ini dianggap menguntungkan oleh karena lebih mudah dan dapat menghemat pengeluaran dari industri. Teknik CIP yang pada industri jus buah dapat dilakukan dengan membaginya atas tiap bagian sesuai proses seperti untuk membersihkan bagian penyaringan atau filtrasi (Marriott dkk., 2018). Namun jika susunannya tidak memungkinkan untuk melakukannya, teknik CIP dapat dilakukan dengan satu aliran jalur dari peralatan pertama hingga terakhir. Metode CIP yang dapat dilakukan selanjutnya dengan mengalir cairan *sanitizer* di dalam peralatan pipa dengan pemberian tekanan pada cairan yang disebut dengan metode *flushing*. Pada peralatan filtrasi memiliki perlakuan khusus untuk metode sanitasi yang digunakan adalah *backflushing*, metode dengan membalik aliran cairan sehingga kotoran dapat lepas dari membrane filtrasi. Selain itu metode pembongkaran peralatan dapat dilakukan untuk melengkapi proses sanitasi pada peralatan filtrasi yang menggunakan *blackflushing*. Hal tersebut dikarenakan arah aliran yang terbalik sehingga memerlukan pembakaran peralatan, dengan intensitas waktu yang disesuaikan dengan intensitas dari proses produksi pada industri jus buah. Penggunaan metode *flushing* atau *backflushing* dapat menggunakan pompa dengan tekanan yang cukup tinggi agar seluruh kotoran di dalam peralatan dapat keluar bersama aliran cairan (Echavarria dkk., 2011).

Pada urutan rangkaian penggunaan *sanitizer* setiap perlakuan *sanitizer* dilengkapi dengan pembilasan dengan menggunakan air bersih. Pembilasan dengan air dapat dilakukan pada sebelum pemberian *sanitizer* hingga setelah proses pembersihan dengan *sanitizer*. Hal ini memiliki tujuan agar tidak ada sisa-sisa *sanitizer* yang tertinggal. Pada pembilasan dengan air suhu yang digunakan pada pembersihan sebelum menggunakan *sanitizer* yaitu 50 °C dengan waktu kontak selama 5 menit. Pembilasan setelah penggunaan *sanitizer* dilakukan dengan suhu 90 °C dengan waktu kontak selama 15 menit. Suhu panas pada air memiliki tujuan agar membantu untuk menghilangkan kontaminan di dalam pipa sehingga proses sanitasi menjadi lebih maksimal (Ding & Jun, 2013). Pada sanitasi peralatan filtrasi juga melakukan pembilasan setelah penggunaan *sanitizer* yaitu dengan menggunakan air dengan suhu ruang dan dalam waktu 5 menit (Tarifa dkk., 2013).

#### 4.2.4 Efektifitas *Sanitizer* Pada Peralatan Berbentuk Pipa

Kontaminan pada jus buah terdiri dari berbagai macam mikroorganisme. Mikroorganisme yang beresiko muncul pada peralatan produksi jus tidak hanya berupa mikroorganisme bakteri namun juga fungi dapat tumbuh pada sisa bahan yang tertinggal pada peralatan. Hal ini dapat menjadi perbedaan perlakuan dari industri susu yang resiko kontaminannya berupa bakteri. Asam perasetat digunakan untuk metode sanitasi pipa, peralatan evaporator, dan THE (*Tubular Heat Exchanger*) yang berbahan dasar *stainless steel*. Pemilihan bahan *stainless steel* karena memiliki ketahanan terhadap larutan asam maupun basa selain itu juga tahan terhadap proses pemanasan yang perlu dilakukan dalam proses produksi minuman jus buah. *Sanitizer* yang dapat digunakan adalah NaOH sebagai dasar metode sanitasi, penggunaan NaOH pada jurnal yang ditulis oleh Brugnani dkk., (2012), menuliskan bahwa 0,05% konsentrasi NaOH dengan pH basa mencapai 12 mampu menghilangkan biofilm sebesar 60% dari populasi. Biofilm pada penelitian memiliki susunan dominan dari *C.krusei* yang merupakan fungi yang dapat mengkontaminasi produk jus. Pada penelitian tersebut sanitasi peralatan terbuat dari *stainless steel* dapat menggunakan perpaduan dengan NaOH, dan NaOCl namun tidak memberikan hasil signifikan terhadap reduksi dari biofilm (Brugnani dkk., 2012).

*Sanitizer* selanjutnya adalah PAA yang memiliki sifat asam yang memiliki sifat pada suhu panas. Pada jurnal Frison dkk., (2014) menunjukkan bahwa PAA efektif untuk menghilangkan kontaminan berupa fungi seperti *Zygosaccharomyces rouxii* pada peralatan *stainless steel* pada industri jus buah dibandingkan dengan *sanitizer* NaOCl (Frison dkk., 2014). PAA memiliki kemampuan untuk menghancurkan biofilm yang tersusun dari berbagai macam mikroorganisme seperti bakteri, spora, hingga fungi yang dapat muncul pada peralatan produksi jus Sebagai *cleaning agent* yang efektif membunuh mikroorganisme, dengan pH standar yaitu 2,9 PAA mampu menghilangkan sedimentasi yang terjadi di dalam pipa, sedimen dalam pipa akan menjadi rusak dan larut dengan larutan *sanitizer*. PAA akan bekerja dengan partikel kecil dengan menembus pada matrik ekstraseluler pada biofilm pada permukaan alat produksi (Anjos dkk., 2013). Pada jurnal yang ditulis oleh Kampf, (2018) PAA mampu menghilangkan biofilm sebanyak 2 Log CFU/Cm<sup>2</sup> dan spora sebanyak spora 1,5 Log CFU/mL. Proses sanitasi pada *stainless steel* dilengkapi dengan suhu panas larutan agar membantu proses denaturasi mikroorganisme yang tidak tahan panas (Kampf, 2018).

Pada metode sanitasi, *sanitizer* yang digunakan untuk peralatan filtrasi adalah *sanitizer* dari alkali dan pengoksidasi. *Sanitizer* alkali yang sering digunakan adalah NaOH sedangkan untuk pengoksidasi pada industri jus yang sering digunakan adalah NaOCl. Penggunaan NaOH

memiliki tujuan untuk membersihkan kotoran yang tertinggal di dalam filtrasi (Urošević dkk., 2017). Pada *sanitizer* NaOCl memiliki kemampuan untuk menghilangkan kontaminan seperti mikroorganisme bakteri hingga fungi. Sanitasi alat ultrafiltrasi tidak menggunakan *sanitizer* asam oleh karena, selama produksi alat ultrafiltrasi berada dalam kondisi asam oleh karena jus buah memiliki pH yang asam. Hal tersebut dapat menghindarkan dari kerusakan oleh karena larutan asam. *Polysulfone* tidak memiliki ketahanan seperti alat yang terbuat dari *stainless steel* (Aryanti dkk., 2013).

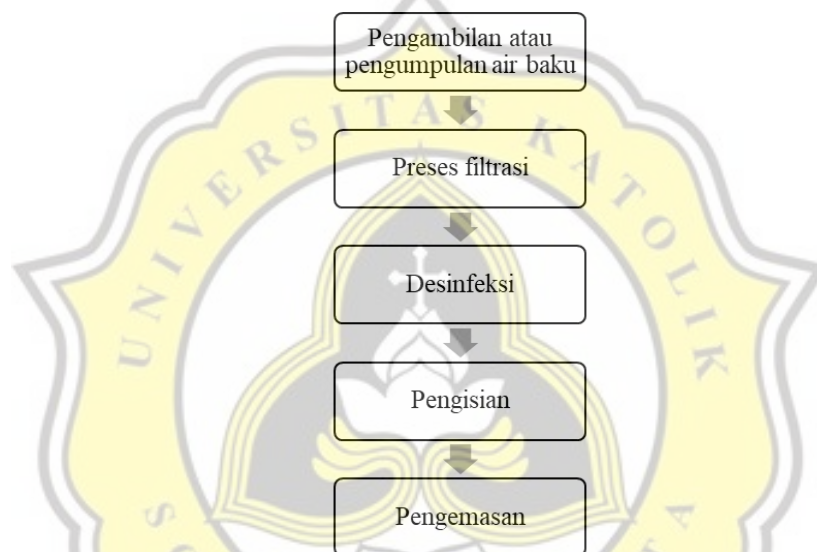
Pada jurnal yang ditulis oleh Tarifa dkk., (2013) menuliskan cara tentang metode sanitasi menggunakan NaOH yang dilanjutkan dengan menggunakan NaOCl menggunakan konsentrasi larutan masing-masing adalah 200 ppm yang dilakkan secara bergantian. NaOCl merupakan garam yang memiliki sifat basa oleh karena susunannya terdapat basa kuat sehingga pH yang digunakan adalah 9 yang merupakan pH basa. Kontaminan dalam industri jus yaitu fungi memiliki sifat yang tahan terhadap asam sehingga penggunaan basa akan memudahkan dalam proses sanitasi dengan untuk membersihkan memberikan filtrasi dengan pH kisaran 9-10,5 sesuai dengan Tabel. 6. NaOH akan menjadi *sanitizer* pertama digunakan karena kegunaannya sebagai *sanitizer* untuk membersihkan bahan-bahan organik yang tertinggal di dalam peralatan. Setelah metode dengan NaOH menggunakan suhu 50-60 °C yang memudahkan proses peluruhan bahan organik ketika proses sanitasi dengan *sanitizer* lalu dilanjutkan dengan NaOCl yang berfungsi untuk menghilangkan mikroorganisme dengan merusak jaringan sel mikroorganisme sehingga menjadi mudah larut dengan *sanitizer* (Tarifa dkk., 2013). Waktu kontak pada proses sanitasi memiliki peran dalam membasmi mikroorganisme yang tumbuh di dalam pipa. Semakin lama waktu kontak maka *sanitizer* akan bekerja lebih baik dalam menghilangkan kontaminan. Namun, waktu kontak selama proses sanitasi di tentukan dengan kebutuhan industri agar tidak merusak proses produksi produk (Schmidt, 2012).

Industri pengolahan jus buah dapat menggunakan dua jenis bahan material dalam peralatannya. Hal tersebut disesuaikan dengan fungsinya seperti pada peralatan pipa, THE, hingga evaporator dapat menggunakan bahan *stainless steel* yang kuat dan tahan lama, sedangkan untuk peralatan filtrasi pipa penyusunnya terdiri dari membran polysulfone. Pada *stainless steel* yang tahan terhadap lingkungan asam dan basa *sanitizer* yang digunakan adalah NaOH dan asam perasetat yang mampu menghilangkan biofilm yang terdapat dalam peralatan pipa dan dilengkapi dengan metode CIP *flushing*. Peralatan ultrafiltrasi dengan bahan polysulfone menggunakan NaOH dan NaOCl yang menggunakan metode *backflushing*.

### 4.3 Industri Pengolahan Air Minum Dalam Kemasan (AMDK)

#### 4.3.1 Produk Air Minum Dalam Kemasan

Air minum dalam kemasan atau sering disingkat dengan AMDK adalah produk yang sering dikonsumsi oleh konsumen. Hal ini terjadi karena air minum banyak dikonsumsi untuk mencukupi kebutuhan dalam tubuh. Produk AMDK memiliki banyak variasi sesuai dengan bahan baku air yang diambil. Bahan baku air dapat diambil dari air tanah, air laut hingga embun. Namun di Indonesia kebanyakan industri AMDK menggunakan sumber air yang berasal dari tanah (Dewi & Nia, 2019). Produk AMDK lainnya adalah air demineral yang merupakan air minum yang diperoleh dari proses destilasi (SNI, 2011). Berikut merupakan garis besar proses produksi AMDK :



Gambar 11. Diagram alir pembuatan AMDK (SNI, 2011)

Pada proses produksi AMDK berpotensi munculnya sumber kontaminan yang dapat merugikan. Salah satu dari kontaminan yang dapat muncul pada permukaan pada peralatan pipa yaitu biofilm yang terdiri dari berbagai macam bakteri seperti *Escherichia coli*, *Aeromonas*, *Methylobacterium sp.*, *Pseudomonas spp.*, *Salmonella spp.*, *Legionella*. *E. coli* merupakan salah satu bakteri patogen yang perlu dihindari oleh karena dapat menyebabkan munculnya penyakit jika dikonsumsi oleh manusia (Gazula dkk., 2019). *E. coli* termasuk kedalam jenis bakteri gram negatif yang dapat hidup pada suhu 10-45 °C dan dapat bertahan pada pH 4-9 namun tidak membentuk spora (Galie dkk., 2018). *Aeromonas* menjadi salah satu bakteri yang memiliki kontribusi yang cukup besar dalam pembentukan biofilm di dalam pipa peralatan terutama pada bahan *stainless steel*. *Aeromonas* memiliki kemampuan dalam bertahan atau berkontribusi dengan keadaan lingkungan yang bertemperatur yang relatif rendah (Craveiro dkk., 2015). *Aeromonas* mampu hidup pada rentang pH 6 hingga 8 dan tidak



membentuk spora (Akmal dkk., 2020). *Methylobacterium sp.* adalah bakteri dengan gram negatif yang memiliki rentan pH yaitu 5-7 dan tidak membentuk spora. Bakteri ini mampu hidup di lingkungan yang memiliki suhu dengan rentan 28-30 °C (Kovaleva dkk., 2014). Bakteri penyusun biofilm selanjutnya yaitu *pseudomonas spp.* dapat hidup di lingkungan dengan kisaran 5,3-9,7. Bakteri ini tidak membentuk spora dan memiliki suhu optimal untuk tumbuh yaitu pada suhu 15-30 °C (Rahmadian, dkk, 2018). Bakteri selanjutnya adalah *salmonella spp.* yang menjadi salah satu bakteri yang dihindari pada proses produksi olahan pangan. Bakteri *salmonella spp.* memiliki resiko untuk menimbulkan masalah kesehatan pada manusia (WHO, 2011). *Salmonella spp.* dapat bertumbuh baik pada suhu lingkungan 37 °C dan rentan pH dari 6-8 (Yulianti, 2016). Lalu bakteri penyusun biofilm selanjutnya adalah *legionella* yang merupakan bakteri gram negatif. Bakteri ini dapat bertumbuh baik pada air baku dengan pH kisaran 4-7. Bakteri ini mampu bertahan hidup pada suhu 5,7-63 °C (Verayani, 2018). Penangan yang tepat pada biofilm akan mempengaruhi hasil dari produk AMDK yang sedang diolah.

#### **4.3.2 Jenis Peralatan Pipa Pada AMDK**

##### **4.3.2.1 Pipa**

Pipa adalah peralatan dasar atau penyusun mesin-mesin terutama pada mesin pengolahan atau produksi minuman. Penggunaan pipa akan memudahkan industri dalam menjaga kualitas bahan dan mengurangi kerugian dari terbuangnya bahan baku jika menggunakan peralatan yang tidak tertutup. Bahan pipa yang digunakan pada industri pengolahan AMDK yaitu dari PVC dan *stainless steel*. Penggunaannya dapat disesuaikan dengan fungsinya. Pada penggunaan pipa PVC dapat digunakan untuk pengambilan air baku hingga pengangkutan air baku. Sedangkan untuk pipa yang terbuat dari *stainless steel* akan digunakan di dalam pabrik industri. Penggunaan *stainless steel* Karena memiliki masa penggunaan yang panjang dan memiliki sifat lebih higienis (Gonzalez dkk., 2013)

##### **4.3.2.2 Filtrasi**

Filtrasi pada proses produksi AMDK terdiri dari berbagai macam metode. Proses filtrasi dapat dimulai secara makro filter untuk menyaring kotoran-kotoran besar. Makro filter dapat dilakukan dengan menggunakan pasir atau penyaring lainnya yang efektif untuk digunakan. Kemudian dapat dilanjutkan dengan proses filtrasi menggunakan karbon aktif yang dapat berfungsi untuk menjernihkan air (SNI, 2011). Terakhir dapat melalui ultrafiltrasi dimana salah satu jenis memiliki membran filtrasi yang terbuat dari PVDF yang tersusun di dalam pipa-pipa filtrasi. Tujuan ultrafiltrasi yaitu agar dapat menyaring partikel-partikel kecil atau halus. Pada

mikroorganisme yang terbawa oleh air baku dapat disterilkan dengan proses desinfektan dengan penggunaan ozon hingga sinar UV saat proses produksi (Chew dkk., 2017).



Gambar 12. Mesin Filtrasi (Sumber: [www.made-in-china.com](http://www.made-in-china.com))

#### 4.3.2.3 Pengisian (*Filling*)

Mesin pengisian pada proses produksi AMDK tersusun dari pipa-pipa *stainless steel* yang membentuk mesin pengisian air ke dalam botol kemasan. Penggunaan mesin ini ditujukan untuk menjaga higienisnya produk AMDK dengan meminimalkan kontak fisik dengan manusia dan dapat mempercepat proses produksi (Faltermeier, 2011). Pada proses pengemasan suhu maksimal yang digunakan adalah 25 °C, agar partikel pada kemasan tidak larut oleh karena suhu yang panas. Pada proses pengisian air yang sudah dimasukkan ke dalam kemasan peraturan tentang standarisasi AMDK dari kementerian Perindustrian RI menunjukkan bahwa dalam kemasan perlu ditambahkan gas seperti O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, dan CO<sub>2</sub> (SNI, 2011).



Gambar 13. Mesin *Filling* AMDK (Sumber: Faltermeier, 2011)

### 4.3.3 Teknik Sanitasi

Berikut ini merupakan tabel hasil pemetaan bahan *sanitizer* dan metode yang dapat digunakan pada industri pengolahan AMDK:

Tabel 7. Daftar *Sanitizer* dan Metode Industri AMDK

Material	Alat	<i>Sanitizer</i>	Konsentrasi	pH	Suhu(°C)	Waktu Kontak	Metode	Reduksi Biofilm	Sumber
PVC ( <i>PolyVinyl Chloride</i> )	Pipa	NaOCl	0,5 mg/l	7	Room	30m	<i>Flushing</i>	1.8 log CFU/cm <sup>2</sup>	Gomes dkk., 2016
<i>Stainless steel</i>	Pipa	NaOCl	0,75%	7	20	5 m	<i>Flushing</i>	5 log CFU.mL <sup>-1</sup>	Craveiro dkk., 2015
		NaOH	0,75%	7	20	5 m	<i>Flushing</i>		
PVDF ( <i>Polyvinylidene-Fluoride</i> )	Ultrafiltrasi	NaOCl	1%	7	Room	10 m	<i>Backflushing</i>	95% OCE	Puspitasari dkk., 2010

\* *Room* = suhu ruang

Teknik sanitasi yang digunakan pada industri AMDK menggunakan system CIP (*Clean In Place*). Industri AMDK banyak tersusun dari peralatan pipa-pipa, oleh karena itu akan menjadi lebih efektif jika menggunakan teknik CIP. Namun penggunaan system CIP ini cukup pada sanitasi harian pada sanitasi skala mingguan tetap dilakukan pembongkaran peralatan terutama pada peralatan filtrasi yang menggunakan metode *backflushing* (Moerman dkk., 2014). Metode sanitasi yang digunakan pada sanitasi peralatan industri AMDK adalah dengan *flushing* atau dengan mengaliri air didalamnya dan memberikannya tekanan. Susunan peralatan dari industri AMDK yang menggunakan *flushing* yaitu pipa, penyaring atau filtrasi dan pengisian, dimana tiap peralatan tersebut merupakan susunan dari pipa-pipa yang terbuat dari *stainless* maupun dari PVC. Namun perlakuan berbeda terletak pada peralatan alat filtrasi atau ultrafiltrasi. Pada metode sanitasi untuk ultrafiltrasi menggunakan metode *backflushing*. *Backflushing* memiliki prinsip kerja sama dengan *flushing* namun yang menjadi perbedaan yaitu arah aliran cairan yang terbalik. Hal ini memiliki tujuan agar fouling atau kotoran yang tersangkut pada membran dapat terlepas dan terbawa keluar dari dalam alat filtrasi (Moerman dkk., 2014).



#### 4.3.4 Efektifitas *Sanitizer* Pada Peralatan Berbentuk Pipa

NaOCl dapat berkerja dengan baik dalam mengurangi biofilm pada permukaan *stainless steel* dan juga PVC (*PolyVinyl Chloride*) (Schwering, 2012). NaOCl sangat direkomendasikan untuk menjadi *cleaning agent* untuk membersihkan membran dari filtrasi ataupun ultrafiltrasi. Penggunaan *sodium hypochlorite* untuk *sanitizer* peralatan di industri AMDK dianggap efektif oleh karena memiliki sifat mudah larut dalam air. Contoh bakteri yang dihilangkan dengan NaOCl adalah *salmonella*, *E.coli*, dan lain sebagainya (Gazula dkk., 2019). Pada salah satu penelitian dari Sung Soo Yoo (2018), menunjukan salah satu *sanitizer* yang dapat digunakan untuk *sanitizer* pipa pada industri AMDK yaitu NaOCl namun tidak memberi hasil keefektifan dari *sanitizer* tersebut. Jurnal tersebut membuktikan bahwa NaOCl memiliki fungsi sebagai oksidan untuk mikroorganismenya pada proses sanitasi pada industri AMDK (Yoo dkk., 2018).

Pipa PVC dapat digunakan dalam proses pengambilan air baku karena memiliki sifat letur dan biaya yang cenderung lebih hemat. Tingkat ketahanan dari pipa PVC lebih rendah dari pada pipa yang berbahan *stainless steel*. Pipa PVC akan cenderung mudah rusak hingga pecah terutama ketika adanya abrasi maupun erosi. Pada metode sanitasinya menggunakan *sanitizer* basa atau garam yang bersifat basa, tidak seperti industri sebelumnya, di industri AMDK tidak menggunakan *sanitizer* berbahan asam. Pemilihan *sanitizer* tersebut disesuaikan dengan mikroorganismenya, di industri AMDK jenis kontaminan mikroorganismenya lebih mudah untuk dihilangkan dari pada industri susu dan jus buah. Selain itu pada industri AMDK memiliki sistem sterilisasi dengan penyinaran menggunakan sinar UV (Chew dkk., 2017). *Sanitizer* pada pipa PVC dapat menggunakan NaOCl dengan konsentrasi 0,5 mg/l, dengan waktu kontak selama 30 menit. Hasil reduksi biofilm dari metode sanitasi tersebut adalah 1.8 log CFU/cm<sup>2</sup>, pemilihan konsentrasi kecil dapat menghindarkan dari sisa *sanitizer* yang tertinggal dan memudahkan dalam pembilasan sehingga tidak mencemari produk AMDK (Gomes dkk., 2016).

Penggunaan NaOCl akan lebih efektif jika digabung atau dikombinasi dengan NaOH. Penggabungan kedua *sanitizer* tersebut dapat dilakukan oleh karena pipa *stainless steel* akan terhubung langsung pada produk dan kemasan sehingga sanitasinya perlu dijaga. Penggunaan NaOH dan NaOCl secara bersamaan dapat mereduksi atau menghilangkan mikroorganismenya sebanyak 5 log CFU.mL<sup>-1</sup> (Craveiro, 2013). Pada tabel 7. tertulis penggabungan NaOCl dan NaOH dengan menggunakan konsentrasi sebesar 0,75% tersebut di tulis dalam jurnal oleh Craveiro, S., (2013) memiliki hasil paling efektif untuk reduksi mikroorganismenya yang berupa bakteri *Aeromonas spp.*, dibandingkan *sanitizer* lainnya seperti asam perasetat. NaOH



memiliki peran sebagai dasar dari *sanitizer* kemudian NaOCl berperan dengan sebagai oksidan yang dapat memicu rusaknya sel dari sisa bahan organik ataupun biofilm pada permukaan *stainless steel*. Peralatan pipa dari *stainless steel* diberi perlakuan *sanitizer* rangkap karena pada pipa *stainless steel* produk jadi dan kemasan (Yoo dkk., 2018).

Metode sanitasi pada ultrafiltrasi dengan bahan PVDF (*Polyvinylidene-Fluoride*) diberi *sanitizer* NaOCl. NaOCl dapat digunakan pada peralatan ultrafiltrasi yang membran berbahan dasar PVDF. Konsentrasi yang efektif digunakan adalah 1% dengan suhu yang digunakan adalah suhu ruang dan lama waktu kontak adalah 10 menit. Hasil pemusnahan bakteri sebanyak 95% OCE (*Overall Cleaning Efficiencies*). Pada industri pengolahan AMDK tidak menggunakan berbagai macam jenis *sanitizer* oleh karena kontaminan di dalamnya mudah dibersihkan dan tidak terdapat kontaminan fungi di dalamnya sehingga dengan menggunakan NaOCl metode sanitasi dapat terpenuhi. Selain itu NaOCl memiliki sifat mudah larut dalam air sehingga tidak meninggalkan sisa pada peralatan dan memudahkan dalam proses sanitasi pada AMDK (Schmidt, 2012).

Proses sanitasi pada industri AMDK menggunakan pH netral yang bertujuan untuk tidak menjadi sumber kontaminan pada air baku sehingga pada proses pembilasan *sanitizer* dapat larut dengan air. Parameter berikutnya adalah waktu kontak yang dibuat secara efektif agar tidak mengganggu proses produksi produk. Seperti yang terlihat pada Tabel 7. waktu kontak *sanitizer* berkisar 5-30 menit (Schmidt, 2012). Pada proses sanitasi di industri AMDK tidak memerlukan suhu panas pada *sanitizer* dan cenderung pemberian kisaran suhu ruang. Hal tersebut terjadi karena pada industri AMDK dalam menjaga produk dari kontaminan menggunakan penyaringan dan penyinaran dengan sinar UV sehingga produk tidak perlu diberi perlakuan panas lagi (Puspitasari dkk., 2010). Perlakuan tersebut juga berlaku untuk proses sanitasi sehingga dapat menghemat biaya, dan meminimalkan terjadinya kerusakan peralatan oleh karena penggunaan suhu panas.

*Sanitizer* dapat disesuaikan dengan tingkat resiko pencemaran dalam proses produksi produk. Pada bahan pipa yang terbuat dari PVC dan PVDF dapat menggunakan *sanitizer* tunggal yaitu NaOCl. Peralatan dengan menggunakan bahan pipa *stainless steel* diberikan perlakuan dengan *sanitizer* rangkap yaitu NaOH dan NaOCl. Metode CIP yang digunakan yaitu *flushing*, namun untuk peralatan filtrasi menggunakan metode CIP *backflushing* agar kotoran yang menempel dapat terangkat.