

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan bertambahnya zaman, pola hidup sehat seperti konsumsi makanan sehat menjadi salah satu *trend* yang diterapkan oleh banyak orang. Pola hidup sehat yang cukup sering diterapkan adalah konsumsi berbagai sayuran segar seperti salad atau menjadi *juice*. Negara Indonesia mempunyai budaya konsumsi sayuran segar, salah satunya adalah lalapan yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat khususnya suku Sunda. Kebiasaan konsumsi sayuran segar merupakan bagian dari budaya dan tradisi. Secara geografis Indonesia adalah negara tropis dengan tanah yang subur sehingga berbagai tanaman dapat tumbuh dengan baik (Hendariningrum, 2018). Berdasarkan data dari Neraca Bahan Makanan (2019), ketersediaan konsumsi sayuran pada tahun 2016 mencapai 56,25 gram/kapita/hari, tahun 2017 mencapai 57,22 gram/kapita/hari dan tahun 2018 mencapai 60,00 gram/kapita/hari. Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian juga memprediksikan bahwa terdapat peningkatan konsumsi sayuran hingga tahun 2024. Namun terdapat banyak masyarakat yang memiliki pengetahuan yang rendah dalam membersihkan sayuran. Sedangkan sayuran segar yang tidak diolah sebelumnya memiliki banyak cemaran mikroorganisme dan residu pestisida. Hal ini dapat menimbulkan *foodborne illness* yang merupakan penyakit keracunan atau infeksi yang diakibatkan karena makanan tersebut terkontaminasi mikroorganisme (Nyachuba, 2010). Menurut *Centrals of Disease Control* (CDC), sekitar 1 dari 5 kasus keracunan makanan di dunia disebabkan oleh sayuran yang tercemar.

Sayuran merupakan bahan pangan yang mudah untuk didapatkan, diolah dan dikonsumsi. Sumber pangan ini dapat dikonsumsi dari berbagai kalangan, baik dari aspek usia, lokasi dan juga pendapatan. Bidang pertanian di Indonesia terus berkembang dengan banyaknya petani yang menanam berbagai tumbuhan yang kemudian akan menjadi sayuran. Pada praktik di lapangan, tumbuhan sayuran menjadi sasaran utama bagi para hama seperti serangga, gulma, tikus dan juga mikroba yang dianggap mengganggu pertumbuhan sayuran. Mikroorganisme seperti bakteri patogen bahkan dapat menyerang sayuran setelah proses panen dilakukan. Hal ini disebabkan karena sayuran memiliki kadar air yang tinggi dan juga memiliki pH yang

netral (Aycicek *et al.*, 2006). Pada kondisi tersebut bakteri patogen dapat dengan mudah tumbuh pada sayuran.

Pembasmian hama dengan menggunakan pestisida merupakan salah satu aplikasi yang dapat menghilangkan hama dan penyakit pada tumbuhan. Sering kali dalam menghindari serangan hama, para petani di Indonesia menggunakan pestisida yang berlebihan dan tidak tepat sasaran. Pengaplikasian pestisida yang mempunyai jarak terlalu pendek dengan waktu pemanenan dapat meninggalkan residu pestisida yang membahayakan kesehatan manusia (Tuhumury *et al.*, 2012). Residu pestisida tidak memberikan efek langsung kepada kesehatan manusia tetapi akan terus terakumulasi pada jaringan-jaringan tubuh yang mengandung lemak (Tuhumury *et al.*, 2012). Hal ini disebabkan pestisida cenderung bersifat lipofilik sehingga mudah menempel pada lemak. Senyawa pestisida dapat mengganggu kesehatan manusia karena zat kimia seperti DDT, karbofuran, endrin dan lain-lain yang terdapat di dalamnya. Penumpukan zat kimia dari residu pestisida akan menimbulkan efek bahaya bagi tubuh manusia sehingga hal ini harus dicegah. Kadar residu pestisida mempunyai ambang batas tertentu tergantung pada golongannya yang diperbolehkan terdapat pada bahan makanan, regulasi ini diterbitkan oleh Badan Kesehatan Dunia (WHO). Rata-rata pada sayuran segar terdapat residu pestisida golongan organofosfat, organoklorin dan profenofos memiliki ambang batas sekitar 0,1 mg/kg–1 mg/kg (Purnamasari, 2020). Di Indonesia residu pestisida pada pangan diatur dalam Undang-Undang dan juga Surat Keputusan Bersama Menteri Kesehatan dan Menteri Pertanian RI.

Selain permasalahan residu pestisida, cemaran mikroorganisme patogen yang terdapat dalam sayuran juga menjadi masalah yang harus diperhatikan. Cemaran mikroorganisme biasanya terjadi setelah pemanenan dikarenakan adanya kontaminasi silang antara sayuran dengan petani yang sanitasinya tidak memenuhi standar (Yuniatun *et al.*, 2017). Cemaran mikroorganisme bisa juga terjadi selama proses pemanenan, pemrosesan dan juga distribusi (Beuchat, 1995). Adanya kontaminasi silang dapat memberi peluang mikroorganisme tumbuh pada sayuran juga semakin besar. Jumlah bakteri yang tumbuh pada setiap sayuran berbeda-beda tergantung pada nutrisi, suhu, oksigen, pH dan lingkungannya.

Langkah sanitasi pasca panen untuk menghilangkan residu pestisida dan mikroorganisme pada sayuran merupakan hal penting sebelum didistribusikan kepada konsumen. Sanitasi sendiri merupakan suatu tindakan yang penting untuk dilakukan dalam menjaga kebersihan objek dan lingkungannya. Metode sanitasi untuk produk segar dapat dilakukan dengan menggunakan solusi antimikroba, radiasi UV-C, *ultrasound*, ozon dan *superatmospheric oxygen* (Francisco *et al.*, 2009). Metode solusi antimikroba cenderung mengalami superinfeksi dimana mikroba tumbuh secara berlebihan hingga menyebabkan resisten terhadap antimikroba sehingga metode ini jarang digunakan (Ningsih dan Agustien, 2013). Radiasi UV-C mempunyai resiko merusak produk karena dapat menghancurkan materi genetik pada sayuran, sehingga waktu dan radiasi harus dijaga agar tidak merusak sayuran (Ranjitha *et al.*, 2020). Metode *superatmospheric oxygen* kurang efektif karena paparan gas oksigen tinggi tidak selalu menghambat mikroba dengan kuat (Kader dan Yehoshua, 2000).

Aguirre *et al.* (2013) menyatakan bahwa penggunaan metode UV-C selama 60 menit hanya dapat mengurangi bakteri *E. coli* dalam selada sebanyak 1,7 log CFU/g, sedangkan dengan metode ozonisasi selama 15 menit dapat mengurangi 2,5 log CFU/g dan dengan metode *ultrasound* selama 53 menit dapat mengurangi sekitar 2,74 log CFU/g. Artes *et al.* (2009) menyatakan bahwa penggunaan metode *superatmospheric oxygen* selama 30 menit dapat mengurangi bakteri *E. coli* dalam selada sebanyak 1,21 log CFU/g. Dari hasil sanitasi metode-metode tersebut, didapatkan hasil bahwa metode ozon dan *ultrasound* merupakan metode yang paling efektif dan efisien dibandingkan dengan 3 metode lainnya. Ozon efektif untuk membersihkan bahan mentah dengan cara berinteraksi dengan membran-membran mikroba dan mendenaturasi metabolik enzim tetapi ozon tidak memiliki stabilitas di dalam air (Marriott *et al.*, 2018). Dalam dunia pangan juga terdapat metode *ultrasound* yang dapat menghasilkan kavitasi yang dihasilkan oleh *ultrasound* dan bermanfaat dalam menonaktifkan mikroorganisme (Piyasena *et al.*, 2003).

Belakangan ini terdapat juga metode sederhana dengan mencuci sayur dan buah menggunakan sabun cuci piring. Namun hal ini dapat menyebabkan peluang tertinggalnya sisa sabun yang menempel pada permukaan sayuran yang dapat berakibat buruk bagi tubuh. Cranshaw (1996) menyatakan bahwa pada produk sabun cuci piring tidak terbukti lebih

efektif menghilangkan kontaminasi dibandingkan dicuci dengan menggunakan air keran. Pada pencucian menggunakan sabun ini efektif jika bersentuhan langsung dengan hama sasaran, jika tidak maka insektisida sabun tidak akan bereaksi. Berikut beberapa *review* yang membahas perihal efektivitas dan efisiensi dari metode ozonisasi dan metode *ultrasound* dalam meminimalisir kontaminan

Tabel 1. *Review* Efektivitas dan Efisiensi Metode Ozonisasi dan Metode *Ultrasound* Dalam Meminimalisir Kontaminan

No.	Metode	Jenis Sayur Yang Di-review	Hasil	Sumber
1.	Ozonisasi	Seledri potong, letus, brokoli, mentimun	<ul style="list-style-type: none"> - Meluruhkan sisa pestisida sebanyak 60-90% - Membunuh mikroorganisme - Mempertahankan kualitas produk - Memperpanjang umur simpan produk 	Haifan (2017)
2.	Ozonisasi	Tubers, akar seledri, asparagus	<ul style="list-style-type: none"> - Mengurangi jumlah mikroorganisme hingga mencapai hasil bakteri < 1,1 log CFU/g - Dengan konsentrasi tinggi dapat berpengaruh pada warna produk - Menyebabkan hilangnya senyawa antioksidan karena adanya oksidasi yang kuat 	Miller <i>et al.</i> (2013)
3.	<i>Ultrasound</i>	Kubis, wortel, tomat, selada, mentimun	<ul style="list-style-type: none"> - Membersihkan residu pestisida dengan persentase yang tinggi (>70%) - Proses cepat, efisien dan efektif - Mempertahankan karakteristik produk - Menghilangkan kotoran 	Azam <i>et al.</i> (2020)

No.	Metode	Jenis Sayur Yang Di-review	Hasil	Sumber
4.	<i>Ultrasound</i>	Selada, wortel, tomat, <i>spinach</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat berperan sebagai pembersih dan disinfektan - Lebih efektif jika dikombinasi dengan metode lain 	Bilek&Turantas (2013)

Dalam Tabel 1. dapat dilihat bahwa artikel *review* yang dibahas adalah efektivitas dari masing-masing metode dan beberapa artikel *review* yang membahas efisiensinya. Artikel-artikel *review* tersebut belum membahas mengenai perbandingan efektivitas dan efisiensi dari kedua metode. Pemilihan topik terkait efektivitas dan efisiensi dari masing-masing metode dalam meminimalisir kontaminasi pada sayuran ini merupakan topik yang menarik untuk diteliti dan dipelajari lebih lanjut. Metode *ultrasound* merupakan metode yang cepat dan efisien, sehingga metode ini banyak digunakan dalam bidang pangan dengan dikombinasikan dengan senyawa kimia lainnya. Sedangkan metode ozonisasi juga banyak digunakan dalam bidang pangan karena tidak meninggalkan residu berbahaya. Setelah dilakukan kajian dari berbagai artikel *review*, metode sanitasi ozonisasi lebih unggul dalam mengurangi kontaminan. Namun artikel publikasi oleh Miller *et al.* (2013) menyatakan bahwa ada efek samping seperti hilangnya warna pada sayuran. Pada metode pengaplikasian *ultrasound* juga efektif tetapi metode ini memerlukan bahan dasar kimia tertentu dalam prosesnya. Jenis sayuran pada proses sanitasi dapat dibagi berdasarkan konsumsinya yaitu jenis sayuran yang dapat dimakan langsung dan sayuran yang memerlukan proses lebih lanjut. Sayuran segar yang akan diproses lebih lanjut menjadi sebuah makanan juga memerlukan langkah sanitasi saat sayuran tersebut masih segar agar kontaminasi yang terdapat pada sayuran tidak berkembang dan dapat diminimalisir terlebih dahulu. Untuk mengetahui metode sanitasi yang aman untuk sayur, maka dilakukan *review* yang lebih mendalam mengenai efektivitas dan efisiensi dari metode sanitasi ozonisasi dan *ultrasound* terhadap produk sayuran segar.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Sayuran

Sayuran merupakan bahan pangan yang berasal dari tumbuhan atau yang biasa disebut nabati. Bagian dari tumbuhan yang dapat menjadi sayuran antara lain adalah daun, batang, bunga, buah dan umbi (Normansyah *et al.*, 2014). Sayuran memiliki kandungan karbohidrat yang didapat dari selulosa, gula dan zat tepung. Tidak hanya karbohidrat, sayuran segar juga mempunyai kandungan vitamin dan mineral. Sayuran segar dalam lahan pertanian sering diserang oleh hama, jamur dan juga bakteri. Sayuran juga dapat terserang oleh mikroorganisme bakteri non patogen tetapi selama proses dari ladang menuju ke konsumen akan terjadi kontaminasi dari sumber-sumber yang berbeda seperti dari lingkungan, bakteri patogen, hewan atau dari manusia (Park *et al.*, 2012). Adanya kendala serangan hama dan bakteri patogen membuat para petani mengambil solusi dengan menggunakan pestisida sebagai zat pembunuh hama dan bakteri.

Pestisida hama dapat digunakan untuk mengurangi mikroorganisme dan menjaga kualitas sayuran, tetapi pestisida sering meninggalkan residu dalam sayuran setelah dipanen (Santarelli *et al.*, 2018). Pestisida organik yang relatif lebih aman mempunyai proses yang lama, sehingga banyak petani yang menggunakan pestisida sintetik. Senyawa pestisida dapat mengganggu kesehatan manusia karena zat kimia seperti DDT, karbofuran, endrin dan lain-lain yang terdapat di dalamnya. Pestisida yang dapat mengancam kesehatan manusia adalah pestisida sintetik golongan *organoklorin*, karena senyawa ini peka terhadap sinar matahari dan tidak mudah terurai (Hendariani, 2016). Tentunya tidak hanya organoklorin, famili senyawa kimia pestisida yang lainnya adalah organofosfat dan karbamat, hal ini tergantung dari jenis pestisidanya. Pestisida yang terdapat pada jenis sayuran dapat terjadi karena jumlah residu pestisida di tanah pertanian dapat diserap oleh akar tanaman dan dipindahkan ke bagian lainnya (Hwang *et al.*, 2018). Beberapa residu pestisida tidak hilang sepenuhnya hanya dengan mencuci sayuran segar dengan air, maka dari itu dibutuhkan proses sanitasi. Menurut SNI 7313:2008, batas maksimum residu pestisida ini bervariasi tergantung dari jenis pestisidanya, rata-rata batas residu pestisida pada sayuran adalah 0,5 mg/kg tetapi terdapat

beberapa jenis pestisida yang mempunyai ambang batas pada beberapa sayuran sebanyak 50 mg/kg.

Sayuran sangat memungkinkan akan terkontaminasi oleh bakteri patogen selama proses dari ladang pertanian hingga ke tangan konsumen seperti saat proses penanaman, pemanenan, pengemasan, transportasi, distribusi hingga dijual kepada konsumen. Cemaran mikroorganisme biasanya terjadi setelah pemanenan dikarenakan adanya kontaminasi silang antara sayuran dengan pemanen yang hygiene sanitasinya tidak memenuhi standar (Yuniatun *et al.*, 2017). Bakteri patogen yang biasanya menyebabkan makanan menjadi *foodborne disease* adalah, *Salmonella*, *E. coli*, *L. monocytogenes*, dan *Shigella*. Untuk cemaran bakteri patogen mempunyai ambang batas tersendiri untuk masing-masing jenis bakteri patogen. Batas maksimum dari cemaran mikroba dalam sayuran segar tersebut dapat dilihat pada Tabel. 2

Tabel 2. Batas Maksimum Cemaran Mikroba Pada Sayur

No.	Jenis Cemaran Mikroba	Batas Maksimum	Sumber
1.	APM <i>Eschericia coli</i>	< 3 MPN/g	SNI 7388:2009
2.	<i>Salmonella sp.</i>	negatif/25 g	SNI 7388:2009
3.	<i>Listeria monocytogenes</i>	negatif/25 g	BPOM, 2019

Sayuran segar dapat terkontaminasi oleh bakteri *Salmonella* melalui sampah yang mungkin berada di sekitar sayur saat diproses atau dapat juga melalui air limbah. Air limbah mentah telah digunakan untuk irigasi selama beberapa dekade tanpa pengolahan apapun meskipun praktek ini dilarang oleh pihak berwenang (Melloul *et al.*, 2001). Hal ini dilakukan para petani untuk menghemat biaya, tetapi hal ini juga yang akan merugikan konsumen. Bakteri *E. coli* dapat tumbuh jika aktivitas air bebas dalam pangan mempunyai jumlah yang sesuai untuk pertumbuhannya. Media perpindahan *E. coli* juga beragam bisa melalui air yang kotor, manusia dan hewan. Untuk bakteri *L. monocytogenes* juga media kontaminasinya bisa dari tanah, air yang tidak bersih, binatang dan kendaraan pengangkut yang tidak higienis. Bakteri genus *Shigella* biasanya berpindah dari satu orang ke orang yang lain dan juga dapat didapati

pada air yang tidak bersih. *Shigella* diyakini rentan dan tidak terlalu tahan terhadap tekanan lingkungan. Tetapi dalam suatu kondisi *Shigella* mampu bertahan selama beberapa hari pada suhu ruang dan suhu refrigerator ketika diinokulasikan pada berbagai sayuran jika lingkungannya sangat cocok (Bagamboula *et al.*, 2002). Menurut Aycicek *et al.* (2006), sayuran daun memiliki cemaran bakteri yang tinggi diakibatkan karena memiliki luas permukaan yang luas dibandingkan dengan jenis sayuran lainnya.

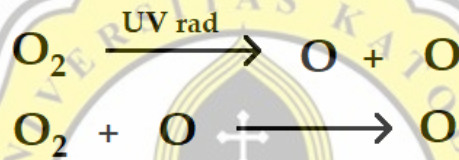
1.2.2. Sanitasi

Sanitasi makanan merupakan suatu langkah atau usaha pencegahan agar makanan tersebut bebas dari segala bahaya yang dapat mengganggu kesehatan dan untuk menghilangkan kontaminasi seperti kontaminasi secara biologi, kimia dan fisik. Sayuran segar yang dari ladang sampai ke tangan konsumen melalui banyak tahapan yang dapat memungkinkan sayuran tersebut terkontaminasi. Jika sayuran tersebut terkontaminasi maka sayuran tersebut dapat menimbulkan *foodborne disease*. Produk sayuran segar harus tetap dijaga kesegarannya sehingga kita perlu melakukan proses sanitasi agar dapat menghilangkan kontaminan yang dapat menjadi penyebab *foodborne disease* dan kerusakan kesegaran sayuran (Schnabel, 2017). Preparasi awal atau pembersihan awal sebelum sayuran mendapatkan perlakuan sanitasi adalah dengan membilas sayuran dibawah air mengalir hingga kotoran seperti tanah akan hilang dari sayuran tersebut.

1.2.2.1. Metode Ozonisasi

Ozon merupakan oksidator kuat dan dapat digunakan sebagai sterilisasi, inaktivasi virus, penghilang bau, pemutihan (penghilangan warna), dan dekomposisi bahan organik (Ikeura *et al.*, 2011). Ozon mempunyai potensial oksidasi 2,07 volt dan mampu menghasilkan radikal hidroksida dengan potensial oksidasi 2,7 volt (Haifan, 2017). Kelarutan ozon dalam air pada suhu 20°C adalah 12,07 mg/L. Dengan konsentrasi yang rendah (< 0,5 mg/L) air ozon dapat membunuh mikroorganisme (Haifan, 2017). Ozon dapat menyerap panjang gelombang antara 240-290 nm. Bentuk dari molekul ozon tidak stabil dikarenakan ia selalu berusaha melepaskan satu atom oksigen dengan cara oksidasi di dalam air (Chen *et al.*, 2013). Sifatnya

yang oksidator kemudian dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi di berbagai bidang. Kemampuan oksidasi pada ozon dapat dimanfaatkan untuk membunuh bakteri, menghilangkan bau dan menguraikan senyawa organik. Ozon dapat terbentuk melalui 2 proses yaitu proses penyerapan cahaya dan proses tumbukan. Ozon dapat terbentuk dengan adanya energi tinggi yang akan memecahkan molekul oksigen sehingga menjadi molekul oksigen tunggal yang dengan cepat akan bergabung dengan molekul oksigen yang tersedia dan membentuk ozon yang sangat reaktif (Chen *et al.*, 2013). Gas oksigen akan menyerap sinar UV dengan panjang gelombang < 240 nm, lalu gas oksigen akan terurai menjadi 2 atom oksigen reaktif yang akan bereaksi dengan oksigen. Pada proses tumbukan dilakukan dengan cara melewatkan gas oksigen pada daerah tegangan tinggi kemudian molekul oksigen akan mengalami ionisasi (Syafarudin & Novia, 2013).



Gambar 1. Reaksi Pembentukan Ozon
(Sumber: Syafarudin & Novia, 2013)

Dalam menghilangkan residu, pencucian sayuran dilakukan dengan pencucian dengan larutan yang mengandung ozon. Ozon dapat terurai dalam air dan akan menghasilkan radikal bebas sehingga dapat mendegradasi pestisida. Nilai pH yang tinggi juga dapat menguntungkan proses ozonisasi karena dapat mendegradasi pestisida (Xiong *et al.*, 2011). Ozon dapat terurai menjadi oksigen kembali sehingga tidak akan mengubah rasa sayuran, maka ozon dapat dianggap sebagai kandidat yang cocok untuk menghilangkan sisa pestisida dari sayuran (Ikeura *et al.*, 2011). Teknologi ini mampu bereaksi dengan banyak jenis pestisida dan juga dapat menjaga kualitas bahan baku secara signifikan, efisien dan murah, dan juga mudah dioperasikan. Pada prinsipnya pembentukan ozon membutuhkan energi atau tegangan tertentu untuk memecahkan molekul oksigen menjadi atom molekul yang akan bergabung dengan molekul oksigen lainnya dan membentuk ozon (Syafarudin & Novia, 2013).

1.2.2.2. Metode Aplikasi *Ultrasound*

Dalam industri makanan, *ultrasound* menjadi subjek penelitian dan pengembangan, dimana ultrasonografi dapat menjaga kelestarian lingkungan dan aplikasi *ultrasound* mempunyai 3 metode yang berbeda yaitu aplikasi langsung ke produk, berhubungan dengan perangkat dan perendaman dalam bak ultrasonik (Chemat dan Khan, 2011). Aplikasi dari *ultrasound* merupakan teknologi non-termal yang berkontribusi untuk meningkatkan keamanan dari mikroba dan memperpanjang umur simpan terutama pada makanan yang sensitif terhadap panas, nutrisi, sensorik dan karakteristik fungsional. *Ultrasound-assisted cleaning* (UAC) memiliki kisaran frekuensi 20-60 kHz dimana frekuensi tersebut merupakan ambang batas dari deteksi pendengaran manusia (Alenyorege *et al.*, 2019). Prinsip UAC adalah untuk menghilangkan residu pestisida yang melekat pada buah dan sayuran melalui penggunaan pencucian ultrasonik yang dapat dilakukan dengan oksigen reaktif, proses kavitasi, dan efek spon. Daya, frekuensi, dan amplitudo adalah parameter utama yang terkait dengan metode US ini, lalu kisaran dari frekuensi juga tergantung dari proses peralatan tersebut (Fu *et al.*, 2019). *Sonochemical reactor* memiliki desain aplikasi yang berbeda yaitu *probe system* dan *ultrasonic bath*. Perlakuan ultrasonik, umumnya dianggap aman, tidak beracun, dan ramah lingkungan, yang telah banyak diaplikasikan dan digunakan dalam berbagai proses (Jawale dan Gogate, 2018).

Ultrasonic bath biasanya merupakan sistem tipe tangki, di mana transduser dipasang di bagian bawah wadah atau di samping dinding wadah. Transduser bertugas untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gelombang suara frekuensi tinggi yang merupakan energi ultrasonik. Umumnya efisiensi penghilangan residu pestisida dengan menggunakan ultrasonik dalam produk pangan segar dikaitkan dengan kavitasi *ultrasound*. Selama proses perlakuan ultrasonik, gelembung kavitasi terus menerus terbentuk dan mengembang yang kemudian akan pecah menghantam permukaan buah-buahan dan sayuran selain itu juga, seiring dengan runtuhnya gelembung kavitasi yang cukup besar dapat mengakibatkan jumlah hidrogen peroksida yang dihasilkan dapat berinteraksi dengan molekul pestisida dan menyebabkan pestisida terdegradasi (Jawale dan Gogate, 2018). Hidrogen peroksida juga dapat membunuh bakteri dalam produk. Dengan adanya frekuensi

yang tepat, maka vibrasi yang dihasilkan akan mengeluarkan gelembung kavitasi. Larutan pembersih yang digunakan biasanya merupakan bahan dasar klorin ataupun bahan yang mengandung klorin yang kemudian larutan tersebut akan dimasukkan ke dalam *ultrasonic bath* (Chemat dan Khan, 2011).

Probe ultrasonik atau biasanya disebut dengan *horn systems* berbentuk seperti batang logam dan berguna untuk memperkuat dan menghantarkan getaran listrik berdaya tinggi dalam medium. Prinsip dasar dari desain ini hampir sama dengan *ultrasonic bath* yang akan mengeluarkan kavitasi. *Probe* ultrasonik biasanya mengeluarkan setengah atau beberapa panjang gelombang saja. Perolehan amplitudo tergantung pada bentuk dan variasi diameter *probe*. Sistem ultrasonik *probe* ini dianggap lebih bertenaga karena intensitas ultrasonik dilepaskan dari permukaan yang kecil, dan *probe* bisa direndam ke dalam labu reaksi. Namun, sistem ini hanya bisa digunakan pada sampel dengan volume kecil, dan harus diperhatikan dengan cermat mengenai suhu sampel yang dapat meningkat pesat. Lama dari proses menggunakan metode *ultrasound* ini dapat dipengaruhi oleh luas permukaan dari sampel tersebut.

1.3. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang dan berbagai *review*, maka ditemukan masalah yang akan diidentifikasi yaitu metode sanitasi manakah antara ozonisasi dan *ultrasound* yang lebih efektif dan efisien untuk diterapkan dalam proses sanitasi produk sayuran segar?

1.4. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan efektivitas dan efisiensi dari metode sanitasi ozonisasi dan *ultrasound* pada sayuran segar melalui pengkajian data dan informasi yang tersedia pada artikel-artikel jurnal ilmiah.

1.5. Manfaat

Penelitian ini juga memberi manfaat pengetahuan sanitasi sayuran segar untuk industri *fresh produce*.