

Ozonisasi Selada di Rumah Sayur Cisarua Bandung Barat

OZONIZATION OF LETTUCE AT CISARUA VEGETABLE HOUSE, WEST BANDUNG

Shanaz Nur Baequni¹, Purwoko², Indah Yuliasih³
E-mail : shanaz_218@apps.ipb.ac.id

ABSTRAK

Rumah Sayur Cisarua merupakan *brand* penjualan kelompok tani yang memasarkan sayuran segar, seperti kale, labu siam *fresh cut*, buncis dan selada. Permasalahan yang diidentifikasi dari Rumah Sayur Cisarua adalah belum adanya standar waktu paparan ozon, kapasitas mesin dan biaya yang dibutuhkan. Komoditas yang digunakan dalam penelitian ini adalah selada. Tujuan penelitian ini mengetahui pengaruh pencucian selada dengan ozonisasi dan mengetahui biaya yang dibutuhkan selama proses pencucian. Rancangan perlakuan yang digunakan adalah terdapat 3 faktor yaitu, waktu paparan ozon, pengemasan dan suhu penyimpanan. Waktu paparan ozon terdiri dari 0 menit, 2 menit dan 5 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja mesin pencucian ozonisasi untuk selada dengan pencucian selama 5 menit yang mendapatkan perlakuan waktu paparan ozon 2 menit penyimpanan pada suhu rendah 5 – 8 °C menggunakan kemasan plastik berlubang merupakan perlakuan terpilih. Biaya perlakuan yang dibutuhkan pada proses pencucian mesin pencucian ozonisasi lebih menguntungkan dibandingkan biaya yang dibutuhkan pada proses pencucian manual.

Kata Kunci: biaya, ozonisasi, selada

ABSTRACT

Rumah Sayur Cisarua is a selling brand for farmer groups that market fresh vegetables, such as kale, fresh cut chayote, green beans and lettuce. The problems identified from the Cisarua Vegetable House are that there is no standard time for ozone exposure, machine capacity and the required cost. The commodity used in this research is lettuce. The purpose of this study was to determine the effect of washing lettuce with ozonation and to determine the costs required during the washing process. The treatment design used consisted of 3 factors, namely, time of exposure to ozone, packaging and storage temperature. Ozone exposure time consists of 0 minutes, 2 minutes and 5 minutes. The results showed that the performance of the ozonation washing machine for lettuce by washing for 5 minutes which received treatment with ozone exposure time of 2 minutes and storage at a low temperature of 5 – 8 °C using perforated plastic packaging was the treatment of choice. The treatment costs required in the washing process of the ozonized washing machine are more profitable than the costs required for the manual washing.

Keywords: costs, lettuce, ozonation

1 Mahasiswa S1 Program Studi Teknik Industri Pertanian IPB
2 Departemen Teknologi Industri Pertanian, IPB

PENDAHULUAN

Rumah Sayur merupakan unit usaha yang bergerak dalam sektor pertanian dengan menghasilkan berbagai produk hortikultura bernilai tinggi dan mendistribusikannya ke berbagai tempat seperti supermarket, rumah makan, dan sebagainya (Gunawan *et al.* 2020). Sifat produk pertanian yang *perishable* (mudah rusak) mendorong para petani untuk menjalin kerjasama dengan pelaku pemasaran sayuran segar yang dikenal dengan rumah sayur untuk melakukan penanganan pascapanen terhadap sayuran dengan perlakuan khusus pada proses pengemasan, penyimpanan, dan pendistribusian (Sari 2017). Proses pascapanen di Rumah Sayur harus dilakukan dengan tepat dan didukung dengan fasilitas yang memadai agar menghasilkan kualitas produk yang unggul. Rumah Sayur yang menjadi objek utama di proyek ini adalah Rumah Sayur Cisarua. Rumah Sayur Cisarua merupakan *brand* penjualan dari kelompok Tani Sinar Mukti dan memiliki beberapa alat penunjang proses produksi seperti mesin pencucian ozonisasi, mesin *sealer*, dan *showcase* yang merupakan bantuan dari JICA (*Japan International Cooperation Agency*).

Rumah Sayur Cisarua memproduksi beberapa jenis sayuran, yaitu kale, labu siam *fresh cut*, buncis dan selada. Proses penanganan pascapanen yang dilakukan Rumah Sayur Cisarua masih dilakukan secara manual, salah satu contohnya yaitu pada proses pencucian selada. Selada yang telah dipanen langsung dilakukan proses pencucian secara manual menggunakan kontainer *box* yang berisi air. Pada penelitian ini komoditi yang dilakukan uji untuk mesin pencucian ozonisasi adalah selada. Setelah adanya mesin pencucian ozonisasi, mitra Rumah Sayur Cisarua melakukan pencucian selada dengan mesin pencucian ozonisasi, akan tetapi mitra masih belum mengetahui kapasitas mesin tersebut untuk pencucian selada yang meliputi jumlah air yang dibutuhkan, selada yang mampu dicuci pada alat tersebut, waktu paparan ozonisasi dan perhitungan biaya yang dibutuhkan apabila menggunakan mesin pencucian ozonisasi.

Permasalahan yang terjadi pada Rumah Sayur Cisarua terhadap mesin pencucian ozonisasi adalah belum diketahui kapasitas yang dibutuhkan dalam pencucian selada, penggunaan waktu ozonisasi, dan perhitungan biaya proses pencucian manual maupun pencucian menggunakan mesin pencucian ozonisasi tersebut. Sehingga perlu dilakukannya penelitian mengenai kapasitas mesin, penggunaan waktu ozonisasi dan biaya yang dibutuhkan agar mitra Rumah Sayur Cisarua dapat mengetahui keuntungan dari kedua proses pencucian selada tersebut.

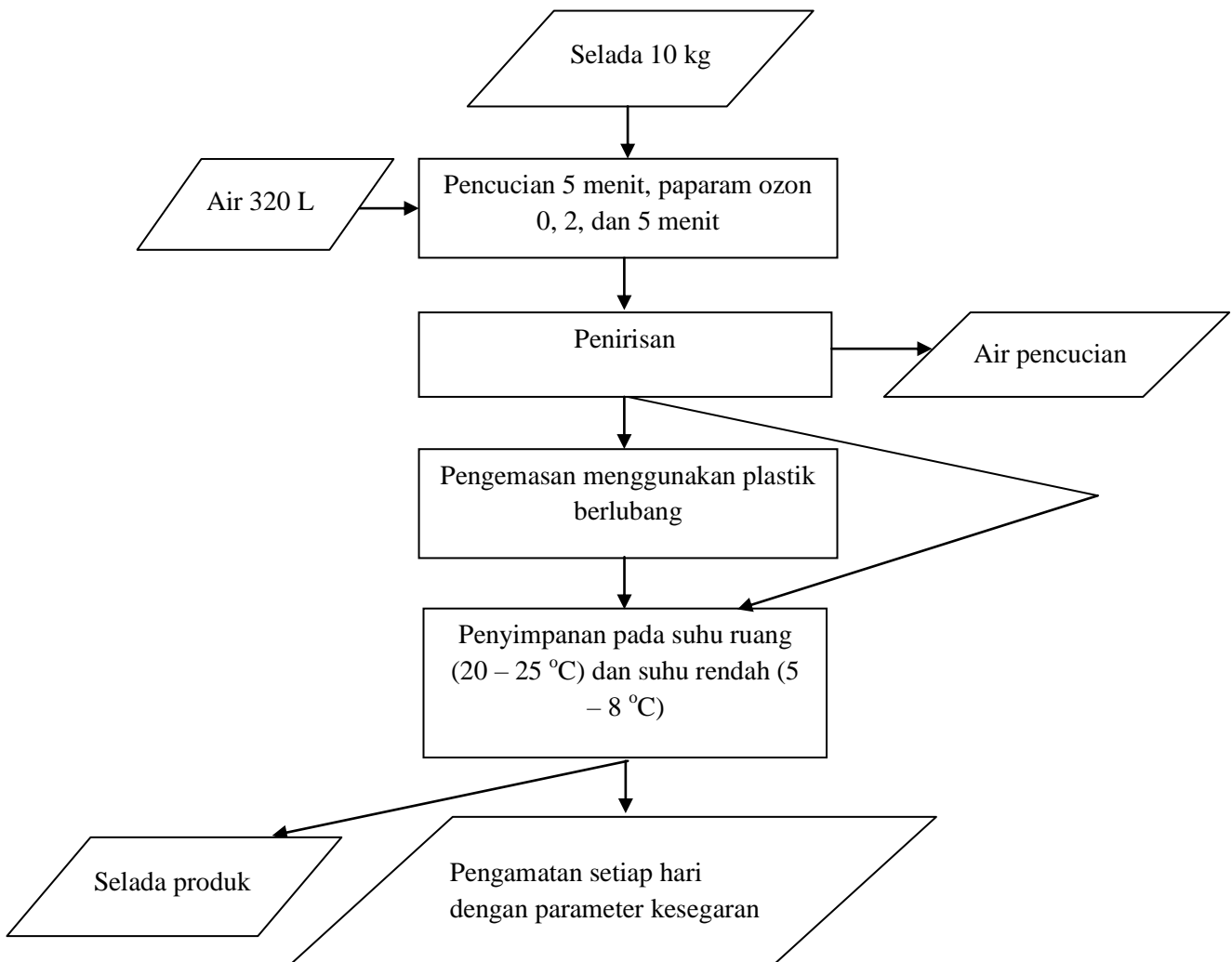
METODE DESAIN

Waktu dan Tempat

Waktu pelaksanaan proyek desain ini berlangsung sejak bulan Maret 2022 sampai Juni 2022. Proyek desain ini bermitra dengan Rumah Sayur Cisarua Bandung Barat yang berlokasi di Cisarua, Kab. Bandung Barat, Jawa Barat.

Tahapan Desain

Penelitian ini dilakukan dengan menentukan rancangan perlakuan, yaitu terdiri dari 3 faktor diantaranya waktu paparan ozon, pengemasan dan suhu penyimpanan. Waktu paparan ozon terdiri dari 3 level yaitu 0 menit, 2 menit, dan 5 menit. Pengemasan terdiri dari 2 level yaitu di kemas menggunakan plastik berlubang dan tanpa di kemas. Suhu penyimpanan terdiri dari 2 level yaitu suhu ruang (20 – 25 °C) dan suhu rendah (5 – 8 °C).



Gambar 1 Diagram alir rancangan perlakuan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan

Kualitas komoditi hortikultura segar merupakan kombinasi dari ciri-ciri, sifat dan nilai harga yang mencerminkan nilai komoditi tersebut, baik untuk bahan makanan (buah dan sayuran) maupun sebagai bahan kesenangan atau hiburan (tanaman hias dan bunga potong). Selada atau sering dikenal dengan sebutan selada keriting (*Lactuca sativa* L.) memiliki kandungan air yang cukup tinggi, sehingga sangat penting untuk menjaga kelembaban pada lingkungan penyimpanan. Secara umum, sel-sel muda yang tumbuh aktif mempunyai laju respirasi lebih tinggi dibandingkan dengan sel-sel yang dewasa. Selada daun memiliki laju respirasi yang rendah dikarenakan selada daun merupakan komoditas non-klimaterik. Tanaman selada merupakan tanaman semusim yang umumnya ditanam di daerah dataran tinggi dan dataran rendah. Pada dataran rendah tanaman selada lebih cepat berbunga dan

membentuk krop kecil-kecil. Menurut Setiawati *et al.* (2007) waktu terbaik menanam selada terbaik adalah pada musim hujan, namun dapat ditanam pada musim kemarau dengan pengairan dan penyiraman yang cukup.

Komoditas yang dijadikan uji coba pengujian kinerja mesin pencucian ozonisasi adalah selada keriting. Selada (*Lactuca sativa* L.) merupakan sayuran yang sering dikonsumsi oleh masyarakat karena memiliki aroma, tekstur, dan warna yang menarik serta memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi. Selain itu, selada memiliki kandungan gizi yang tinggi, sehingga tanaman ini berpotensi untuk terus dibudidayakan. Kandungan gizi dan vitamin yang terdapat pada tiap 100 g selada yaitu kalori 15 kal; protein 1,20 g; lemak 0,20 g; karbohidrat 2,90 g; kalsium 22,00 mg; fosfor 25,00 g; zat besi (Fe) 0,50 mg; vitamin B1 0,04 mg; vitamin C 8,00 mg; air 94,80 g (Wibowo dan Siddik 2021). Ciri khas dari selada keriting adalah memiliki daun yang keriting mulai dari ujung sampai tepi daun dan berwarna hijau serta bunga yang mengumpul dalam tandan yang membentuk rangkaian. Bentuk daun selada dapat dilihat pada Gambar 2. Tanaman ini banyak tumbuh di dataran tinggi maupun dataran rendah sesuai dengan varietasnya dengan suhu optimum pertumbuhan selada sekitar 15 – 25 °C (Dauja 2012). Umur panen selada tanah adalah 38 Hari Setelah Tanam (HST). Panen yang terlalu dini akan menghasilkan panen yang rendah dan panen yang terlambat dapat menurunkan kualitas. Secara umum rasa yang tidak pahit, aromanya menyegarkan, renyah, tampilan fisik menarik serta kandungan seratnya rendah. Selada yang dipanen segera dibawa ke rumah sayur untuk dilakukan proses pencucian (Rantung *et al.* 2020).

Kedudukan tanaman selada dalam sistematik tumbuhan adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
Phylum : *Spermatophyta*
Ordo : *Dicotyledonae*
Sub kelas : *Angiospermae*
Famili : *Asteraceae*
Genus : *Lactuca*
Spesies : *Lactuca sativa* L.



Gambar 2 Selada keriting (*Lactuca sativa* L.)

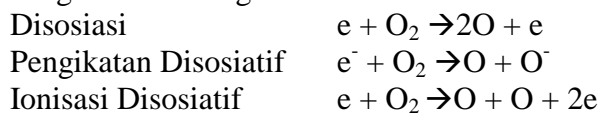
Morfologi tanaman selada adalah memiliki tangkai daun menyirip serta tulang daun lebar. Selada memiliki rasa renyah, manis, lunak dan segar. Daun selada keriting memiliki ukuran panjang 20 – 25 cm dan lebar sekitar 15 cm. Sistem perakaran selada adalah tunggang dan serabut yang menempel pada batang dan menyebar kedalaman 30 cm hingga 50 cm (Ginting dan Chandra 2010). Selada memiliki berbagai varietas, diantaranya selada keriting (*green lollo*), selada keriting ujung merah (*lollo rosa*), dan selada cos (*Romaine lettuce*). Selada keriting dan selada keriting ujung merah merupakan kedalam jenis kultivar selada daun (*L. Sativa Crispa*). Kedua jenis selada tersebut memiliki tepian daun bergerigi dan berwarna hijau atau merah. Selada keriting hijau memiliki daun dan batang berwarna hijau. Pertumbuhan selada tersebut membentuk krop yang lonjong dan dapat mencapai tinggi 25 cm dengan daun yang lebih tegak dan tidak menjuntai kebawah.

Tanaman selada dapat berproduksi maksimal pada lahan yang subur, gembur dan memiliki pH berkisar antara 6,0 – 6,8 (Surtinah 2009). Tanaman selada akan mengalami kelayuan dan rebah akibat penyiraman yang terlalu berlebihan sehingga tanaman selada akan tergenang air dan mengalami kebusukan. Penyebab rebahnya tanaman selada adalah kurangnya cahaya matahari sehingga tanaman sangat mudah terserang hama penyakit. Kelembaban yang sesuai untuk tanaman selada adalah 80% – 90% dengan curah hujan yang dibutuhkan adalah 1000 – 1500 mm per tahun (Prameswari 2017).

Proses Ozonisasi

Alat penunjang proses produksi yang telah difasilitasi oleh JICA, salah satunya adalah mesin pencucian ozonisasi. Teknologi ozonisasi merupakan suatu teknik dengan memanfaatkan ozon. Ozon merupakan desinfektan yang mampu membunuh mikroorganisme dan mampu memisahkan kotoran yang menempel pada sayuran. Saat ini, penggunaan mesin pencucian ozonisasi telah dimanfaatkan di berbagai bidang, salah satunya yaitu sterilisasi bahan pangan mentah dan pengawetan bahan makanan (Haifan 2017). Molekul ozon merupakan bagian terkecil dari atmosfer bumi (0,03% dari seluruh total volume atmosfer). Chapman (1930) dalam Syafarudin dan Novia (2013) menjelaskan bahwa sinar ultraviolet yang berasal dari pancaran sinar matahari dapat menguraikan gas oksigen (O_2) di udara bebas. Molekul oksigen tersebut akan terurai menjadi dua buah atom oksigen (O^*), dimana proses tersebut lebih dikenal dengan nama photolysis, kemudian atom oksigen tersebut secara alami pertumbuhan dengan molekul gas oksigen yang ada disekitarnya, sehingga terbentuklah ozon (O_3). Ozon dapat menyerap radiasi sinar matahari pada panjang gelombang antara 240-340 nm dan terurai kembali menjadi satu gas oksigen (O_2) dan satu atom oksigen (O^*). Ozon dapat terbentuk melalui dua proses yang berbeda, yaitu melalui proses tumbukan dan melalui proses penyerapan cahaya. Berdasarkan studi literatur, ozon yang dihasilkan pada mesin tersebut berasal dari proses tumbukan. Proses tersebut dapat dilakukan dengan melewati gas oksigen (O_2) pada daerah yang dikenai tegangan tinggi. Menurut Bimo *et al.* (2011) molekul oksigen akan mengalami ionisasi, yaitu proses terlepasnya suatu atom atau molekul dari ikatannya menjadi ion-ion oksigen (O^*). Molekul oksigen yang terionisasi dapat disebut dalam kondisi plasma. Beberapa jenis dari ion oksigen tersebut adalah O^* , O_2^* , O^- , O^{2-} dan O_3^- . Kombinasi dari keseluruhan oksigen ion dapat menghasilkan ozon.

Pembentukan ozon dalam proses ini diawali dengan pembentukan oksigen radikal bebas dengan reaksi sebagai berikut:

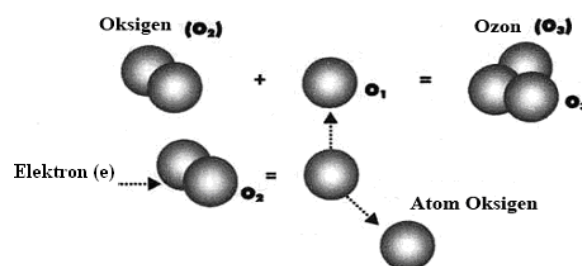


Radikal oksigen tersebut selanjutnya akan bereaksi dengan oksigen menghasilkan ozon.



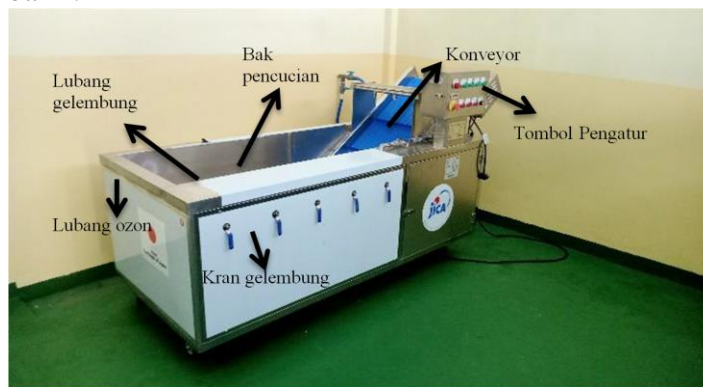
dimana M adalah N_2 atau O_2 .

Dapat dilihat pada Gambar 3 merupakan perubahan bentuk susunan atom oksigen menjadi molekul ozon (O_3):



Gambar 3 Pembentukan gas ozon melalui proses tumbukan

Mekanisme kerja ozon adalah air yang mengandung ozon dapat mencuci buah dan sayur hingga steril, tanpa menghilangkan karakteristik dari bahan tersebut, seperti warna, aroma, dan tidak memberikan efek yang berbahaya, karena gas ozon akan hilang melalui penguapan (Asgar *et al.* 2015). Mesin pencucian ozonisasi yang digunakan adalah *air bubble & vegetable washer QX-22* yang memiliki dimensi 220 x 75 x 150 cm, kapasitas 800 – 1000 kg/jam, tegangan listrik 1500 Watt dan berat 250 kg. Sistem yang digunakan adalah dengan sistem tekanan gelembung udara dalam air, mesin ini mampu memisahkan kotoran yang menempel pada buah dan sayur tersebut. Keuntungan dari penggunaan mesin pencucian ozonisasi ini adalah operasi yang stabil, lama paparan ozon yang panjang, kapasitas produksi yang besar, dan dapat memperpanjang umur simpan buah dan sayur. Menurut (Siahan dan Widayanti 2020), ozon *generator* sudah banyak digunakan dalam skala industri. Mesin pencucian ozonisasi memiliki beberapa bagian penting, diantaranya adalah bagian keluarnya gelembung udara, ozon, tombol pengatur alat, bak pencucian dan konveyor yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Mesin pencucian ozonisasi QX-22

Pada proses pencucian selada digunakan tingkat gelembung yang sedang. Hal tersebut dilakukan karena selada merupakan jenis sayuran daun yang memiliki tingkat kepatahan yang cukup tinggi. Apabila selada menggunakan tingkat gelembung yang besar maka berpotensi selada tersebut akan mengalami kepatahan yang cukup tinggi. Semakin tinggi gelembung yang diberikan maka semakin cepat luruhnya tanah. Hal tersebut hanya berlaku untuk jenis sayuran yang memiliki tingkat kotoran tanah yang tinggi dan diperuntukan untuk jenis sayur atau buah yang memiliki tekstur yang keras, seperti apel, lemon dan umbi-umbian. Berdasarkan data yang didapatkan, bahwa konsentrasi ozon pada alat tersebut tidak diketahui, namun menurut Asgar *et al.* (2011) pencucian yang mendapat perlakuan paparan ozon dengan konsentrasi terbaik adalah 1,5 ppm terhadap kubis bunga pada penyimpanan suhu rendah. Ozon merupakan desinfektan yang kuat dalam membunuh mikroorganisme dalam air. Hal tersebut disebabkan oleh ozon yang bertindak sebagai sterilisasi, deodorasi, degradasi dan dekolorsi.

Sebelum adanya mesin pencucian ozonisasi, mitra melakukan pencucian secara manual dengan menyiapkan air dalam kontainer *box*, kemudian mencelupkan selada ke dalam air dan langsung ditiriskan. Hasil dari pencucian manual diketahui bahwa kerusakan yang dihasilkan adalah 33%. Kerusakan 33% dihasilkan dari proses penimbangan awal dengan penimbangan akhir setelah proses pencucian manual. Bobot awal selada sebelum pencucian manual adalah 223 kg dan pada penimbangan setelah proses pencucian bobot selada sebesar 150 kg, sehingga kerusakan yang dialami adalah 33%. Hal tersebut diakibatkan karena pada proses pencucian mengalami kepatahan pada batang selada yang cukup besar dan tingkat kebersihan masih kurang karena terdapat kotoran tanah yang menempel

Mesin pencucian ozonisasi yang dimiliki oleh mitra Rumah Sayur Cisarua tersebut memiliki kapasitas bak sebesar 320 L air dan 10 kg selada dalam satu kali *batch* pencucian. Pada proses penelitian, dibutuhkan 60 kg selada untuk 3 waktu paparan ozon dan air 640 L

air karena dilakukan 2 kali perulangan. Selada yang telah melalui proses pencucian tersebut kemudian dilanjutkan perlakuan penyimpanan yang terdiri dari penyimpanan suhu ruang 20 – 25 °C dan suhu rendah 5 – 8 °C, dengan masing-masing penyimpanan terdapat 2 sampel yaitu dengan kemasan plastik berlubang dan tanpa kemasan. Bobot dari setiap sampel adalah 250 g. Sehingga total sampel yang dilakukan adalah 24 sampel. Parameter yang diamati adalah kesegaran berdasarkan penilaian keterterimaan mitra, penilaian tersebut dilakukan hingga sampel tidak dapat diterima lagi.

Pengaruh Ozon terhadap Kesegaran Selada

Berdasarkan studi literatur yang dilakukan mengenai waktu yang baik untuk mesin pencucian ozonisasi terhadap sayuran adalah terdapat pada penelitian jenis sayuran cabai. Cabai merah di-*treatment* menggunakan ozon yang telah larut di dalam air. Pada penelitian cabai merah waktu yang digunakan adalah 0, 5, 10, 20, 25, dan 30 menit. Pada cabai dengan waktu *treatment* dibawah 15 menit mengalami kerusakan yang ditandai dengan munculnya jamur yang menandakan tanda-tanda kebusukan pada cabai tersebut dan mengalami tekstur yang lebih lunak. Cabai dengan waktu *treatment* 20, 25, dan 30 menit rata-rata mengalami munculnya jamur yang lebih sedikit dibandingkan dengan waktu lain, namun cabai lebih mengalami keriput dan kering. Hal tersebut diakibatkan karena semakin lama waktu *treatment* menyebabkan kadar air yang terkandung semakin berkurang. Paparan ozon yang terlalu lama juga menyebabkan kerusakan yang lebih tinggi dan akan mempengaruhi terhadap umur simpan dari produk tersebut (Saraslifah *et al.* 2016). Setelah mengetahui penggunaan waktu *treatment* terhadap sayuran, maka selanjutnya dilakukan perancangan yang akan dilakukan terhadap mesin pencucian ozonisasi dengan menggunakan sayuran selada dalam proses pencuciannya. Rancangan perlakuan pencucian ozonisasi terhadap pencucian selada dapat dilihat pada Lampiran 5.

Perlakuan terbaik dari rancangan perlakuan yang dilakukan adalah pada perlakuan waktu paparan ozonisasi 2 menit yang dikemas pada penyimpanan suhu rendah (5 – 8 °C). Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan, Rumah Sayur Cisarua melakukan pengiriman sebanyak 150 kg, dimana pengiriman tersebut dilakukan 2 pengiriman yaitu pengiriman 100 kg selada yang telah melalui proses pencucian dan penirisan langsung dikirim menggunakan kontainer ukuran 40x60x60 cm³ yang muat kapasitas 20 kg selada kemudian dikirim menggunakan mobil *box* tanpa pendingin atau menggunakan suhu ruang 20 – 25 °C dengan estimasi 5 jam perjalanan. Pengiriman selanjutnya adalah selada dengan bobot 50 kg setelah melalui proses pencucian dan penirisan kemudian dilakukan pengemasan 250 g/kemasan plastik berlubang dan dilakukan penyimpanan pada suhu rendah 5 – 8 °C. Selada yang dikemas target pasarnya adalah untuk *reseller* atau konsumen langsung, sedangkan untuk selada yang tanpa kemas atau pengiriman 100 kg target pasarnya adalah hotel, kantor dan *restaurant*.

Menurut Alexopoulos *et al.* 2013 dalam Lestari 2016 dalam proses pencucian buah dan sayur, hal lain yang dapat memengaruhi adalah lama waktu. Penentuan waktu pencucian harus tepat agar mendapatkan hasil yang terbaik. Pemaparan ozon yang terlalu lama akan mengakibatkan percepatan kerusakan pada buah atau sayuran. Tekanan oksidasi dari paparan ozon pada buah maupun sayuran mempercepat terjadinya reaksi enzimatik yang mengarah pada pencokelatan permukaan buah maupun sayuran (Kuswati *et al.* 2020). Ozon yang larut dalam air menghasilkan hidroksil radikal (OH[•]), dan sebuah radikal bebas yang memiliki oksidasi yang sangat tinggi (2,8 V) jauh melebihi ozon (1,7 V). Hidroksil radikal adalah bahan oksidator yang dapat mengoksidasi berbagai senyawa organik (pestisida, fenol, TNT, atrazine dan sebagainya), dengan hasil akhir dari proses oksidasi akan diperoleh karbondioksida dan air (Asgar *et al.* 2011). Tujuan dari oksidasi membuat sel mati dan meluruhkan tanah. Pengemasan merupakan suatu teknik yang terkoordinasi untuk menyiapkan barang untuk siap didistribusikan, disimpan maupun dijual. Adanya pembungkus dapat mencegah kerusakan dan melindungi produk yang ada didalamnya, dan

memudahkan dalam penyimpanan maupun pendistribusian. Menurut (Mareta dan Nur 2011) kriteria bahan kemasan yang baik adalah harus memiliki sifat-sifat berikut bersifat nontoksik dan inert (tidak bereaksi dan menyebabkan reaksi kimia) yang berperan untuk mempertahankan aroma, warna dan cita rasa suatu produk yang dikemas, kedap air (dapat menahan air atau kelembaban udara sekitar), kuat dan tidak mudah bocor, relative murah dan tahan terhadap panas.







Berdasarkan data yang diperoleh, dalam air 320 L tersebut dapat diketahui bahwa efektivitas air pencucian dapat digunakan sebanyak 5 kali pencucian atau setara dengan 50 kg selada. Data tersebut diperoleh dari keterterimaan mitra dalam penilaian perubahan warna kekeruhan air pencucian selama pengujian kinerja mesin ozonisasi, dimana semakin lama penggunaan air sampai dengan 5 kali pencucian warnanya berubah. Petani produsen harus memperhatikan komoditinya, tetapi bagi petani kultivar atau varietas yang bernilai harus berdaya hasil tinggi, tahan penyakit, mudah dipanen dan tahan lama selama proses pengiriman. Produk hortikultura tidak dapat tahan lama, yang dicirikan oleh tingginya kandungan air, sehingga produk hortikultura lebih baik disimpan pada suhu rendah. Setiap kenaikan 10 °C dari temperatur optimum akan meningkatkan kerusakan 2 – 3 kali lipat. Kelembaban optimum dibutuhkan guna mengetahui lingkungan penyimpanan yang baik untuk suatu produk hortikultura. Penyimpanan produk pada suhu ruang dengan kelembaban udara yang rendah membuat bahan pangan tersebut akan segera layu dan kehilangan beratnya akibat penguapan komponen volatile termasuk air, gas dan CO₂, gas etilen yang dapat menyebabkan perubahan aroma.

Suhu merupakan faktor utama yang dapat mempengaruhi laju respirasi pada buah dan sayur. (Fransiska *et al.* 2013). Penyimpanan dalam suhu dingin dilakukan di *showcase* dan penyimpanan suhu ruang di lakukan di rak peniris. Penyimpanan pada suhu ruang dapat menyebabkan berkurangnya kandungan pigmen klorofil, hal tersebut diduga karena pada penyimpanan suhu ruang dapat meningkatkan aktivitas enzim klorofilase yang dapat merusak klorofil. Penyimpanan suhu rendah dapat mengurangi aktivitas enzim klorofilase sebesar 50% apabila dibandingkan dengan penyimpanan suhu ruang, sehingga penyimpanan suhu rendah dapat memperpanjang umur simpan klorofil pada sayuran (Rohmat *et al.* 2014). Proses pengemasan dilakukan dengan memberikan tisu dapur pada ujung batang salad yang bertujuan agar getah yang masih menempel pada batang selada tidak menyebar dan tidak menyebabkan pencokelatan pada batang selada. Pada hari kedua tisu tersebut dilepas karena getah yang menempel tersebut sudah kering atau hilang. Secara umum kesegaran selada dapat dilihat berdasarkan dari kenampakan luarnya terutama warna daun. Warna daun sayuran sangat ditentukan oleh kandungan pigmen dalam sayuran tersebut.

Pada pengamatan hari kedua, terdapat beberapa sampel yang mengalami kerusakan. Kerusakan yang terjadi adalah mengalami perubahan warna dan tekstur. Perubahan tekstur yang tampak adalah mengalami kelayuan dan akibat perubahan kadar air menyebabkan warna daun menjadi hitam karena adanya perubahan aktivitas enzimatik. Akibat kerusakan tersebut, sampel yang sudah tidak diterima oleh mitra adalah sampel paparan ozon 0 menit pada penyimpanan suhu ruang dan suhu rendah, sampel paparan ozon 2 menit dengan kemasan penyimpanan suhu ruang, sampel paparan ozon 5 menit dengan kemasan penyimpanan suhu ruang dan tanpa kemasan penyimpanan suhu rendah. Laju respirasi komoditas yang dikemas berbeda dengan komoditas yang tidak dikemas, hal tersebut diakibatkan karena komoditas yang dikemas memiliki laju respirasi lebih rendah dengan yang tidak dikemas. Laju respirasi dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, adanya luka dan jenis jaringan (Lestari 2016). Sayuran memiliki laju penurunan mutu tinggi seperti penguningan daun, pelayuan dan pembusukan. Meskipun telah dipanen sayuran tetap mengalami kerusakan karena sayuran merupakan organ hidup, sehingga sayuran masih mengalami kerusakan karena sayuran merupakan organ hidup, sehingga sayuran masih mengalami proses fisiologis seperti transpirasi dan respirasi. Kedua proses fisiologis tersebut menyebabkan kehilangan air (kelayuan), perubahan warna (pencokelatan), dan pembusukan.

Oleh sebab itu, sayuran yang berkualitas umumnya dapat dijelaskan berdasarkan kesegaran, warna daun dan kebersihan (Wahyuni *et al.* 2014). Selada yang dikemas penyimpanan suhu ruang akan mengalami pencokelatan dan bau busuk, sedangkan selada yang tanpa kemas penyimpanan *showcase* mengalami kelayuan, hal tersebut diakibatkan karena kehilangan air selama penyimpanan. Semakin lama penyimpanan bahan, maka akan terjadi respirasi dan transpirasi yang disebabkan ketersediaan oksigen semakin banyak sehingga menyebabkan air dalam bahan naik.

Pada pengamatan hari ketiga, sampel yang masih dapat diterima oleh mitra adalah sampel paparan ozon 2 menit tanpa kemasan yang disimpan pada suhu ruang dan dengan kemasan yang disimpan pada suhu rendah. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Lestari (2016) yang menyatakan bahwa pencucian menggunakan mesin pencucian ozonisasi selama 2 menit paparan ozon dapat mempertahankan umur simpan dan mengurangi kotoran yang terdapat pada permukaan buah atau sayuran. Pada perlakuan waktu paparan ozon 0 menit dan 5 menit yang dikemas pada penyimpanan suhu rendah perulangan 1 masih diterima, namun hal tersebut tidak dapat dijadikan dasar untuk pengambilan keputusan karena pada perulangan 2 kedua sampel tersebut sudah tidak dapat diterima. Penanganan pascapanen yang dapat dilakukan dalam menjaga kesegaran selada adalah penyimpanan suhu rendah. Penyimpanan suhu rendah bertujuan agar umur simpan dan kesegaran dapat dipertahankan dan dapat menekan aktivitas metabolisme pada selada. Perlakuan ozonisasi dapat dikombinasikan dengan penyimpanan suhu rendah, karena sebagian besar produk sayuran dan buah-buahan akan bertahan pada kelembaban 90%. Berikut dokumentasi pengamatan kesegaran selada keriting (Gambar 5).

Hari Pengamatan	Dokumentasi penyimpanan showcase		
	Waktu ozon 0 menit + dikemas	Waktu ozon 2 menit + dikemas	Waktu ozon 5 menit + dikemas
H3 perulangan 1			
H3 perulangan 2			

Gambar 5 Dokumentasi pengamatan kesegaran selada keriting

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyimpanan suhu rendah yang dikemas dapat bertahan hingga hari ketiga, hal tersebut disebabkan karena efek penting dari ozon pada penyimpanan suhu rendah adalah memperlambat proses pematangan buah dan sayur, karena pada proses pematangan tersebut buah dan sayur mengeluarkan gas etilen yang mempercepat pematangan sehingga menyebabkan kebusukan (Lestari 2016). Komoditi yang dikemas mempunyai laju respirasi yang berbeda dengan yang tidak dikemas. Komoditi yang tidak dikemas plastik memiliki laju respirasi yang lebih tinggi dibandingkan komoditas yang dikemas. Hal tersebut disebabkan karena pembungkus dapat menekan terjadinya percepatan laju respirasi. Hasil organoleptik dan kualitas fisik selada yang dicuci menggunakan air berozon lebih baik dibandingkan tanpa perlakuan. Pada penelitian ini tidak diukur kandungan mikroba dan kandungan klorofil, namun secara umum penilaian keterterimaan mitra sebagai landasan penilaian terhadap kesegaran selada dan secara umum warna daun

yang hijau identik dengan terdapatnya kandungan klorofil. Penelitian Paramitha (2009) menunjukkan bahwa puncak klimaterik terjadi pada suhu tinggi. Perubahan fisik selada saat proses respirasi mengalami kelayuan pada selada yang tanpa kemas dan peningkatan air dan perubahan warna menjadi lebih gelap pada selada yang dikemas plastik berlubang.

Salah satu faktor yang menentukan suka atau tidaknya konsumen terhadap suatu produk adalah warna produk. Warna merupakan parameter visual pertama yang dilihat oleh konsumen. Apabila warna dari produk disukai oleh konsumen maka akan menimbulkan ketertarikan untuk mencobanya. Berdasarkan pengamatan, selada mengalami pembusukan lebih cepat pada penyimpanan suhu ruang yang dikemas, selada yang membusuk dapat menyebar hingga ke batang sehingga selada tersebut tidak diterima lagi atau umur simpan lebih pendek. Mekanisme terjadinya pembusukan pada sayuran lebih banyak disebabkan oleh bakteri. Hal tersebut disebabkan oleh pH yang rendah (kurang dari 4,5) atau keasaman yang tinggi dibandingkan dengan sayuran dengan rata-rata pH lebih besar dari 5. Infeksi oleh mikroorganisme terhadap produk dapat terjadi ketika tumbuh di lapangan, akan tetapi mikroorganisme tersebut tidak tumbuh dan berkembang hanya berada di dalam jaringan. Apabila kondisi memungkinkan terutama setelah produk dipanen dan akan mengalami penanganan dan penyimpanan lebih lanjut, maka mikroorganisme tersebut akan tumbuh dan menyebabkan pembusukan. Mikroorganisme pembusuk akan tumbuh apabila mengalami kondisi yang memungkinkan, seperti adanya pelukaan, kondisi suhu dan kelembaban. Mikroorganisme pembusuk pada buah maupun sayuran merupakan faktor pembatas utama dalam penentuan umur simpan.

Mikroorganisme seperti bakteri yang dapat menginfeksi sayuran, seperti *Erinia carotovora* dan *Pseudomonas marginalis* yang menyebabkan penyakit busuk lunak pada sayuran yang kemudian mampu menghasilkan enzim yang dapat melunakan jaringan (Rakhmawati 2013). *Erinia carotovora* subsp. *carotovora* merupakan salah satu bakteri yang menyebabkan gejala busuk lunak pada beberapa tanaman hortikultura. Bakteri ini memiliki kisaran inang yang sangat banyak dan dapat menginfeksi tanaman dalam penyimpanan. Dampak yang ditimbulkan oleh bakteri patogen sangat serius, karena bakteri ini merupakan patogen terbawa tanah yang sulit dikendalikan secara kimiawi dan penyebarannya sangat cepat (Addy 2007). Laju respirasi sangat dipengaruhi oleh lama penyimpanan. Selama penyimpanan, produk hasil pertanian masih melakukan respirasi yaitu proses penguraian zat pati atau gula dengan mengambil oksigen dan menghasilkan karbondioksida, air serta energi, persamaan tersebut dapat dilihat pada reaksi berikut: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 677 \text{ kkal}$ (Fransiska *et al.* 2013). Semakin lama penyimpanan maka laju respirasi akan terus berlanjut. Apabila terjadi pembusukan dalam sayuran, maka akan mengubah penampilan sayuran seperti menghitam, merah muda, keabuan dan lembek dan berlendir. Pembusukan juga menimbulkan bau yang tidak sedap pada sayuran, sehingga membuat sayuran tersebut tidak layak dikonsumsi (Amelia *et al.* 2020). Kerusakan yang terjadi pada selada pada hari ke-empat adalah mengalami kelayuan dan pembusukan, dimana kedua sampel yang disimpan pada suhu ruang tanpa kemasan dan suhu rendah dengan kemasan mengalami bau yang tidak sedap, sehingga tidak layak dikonsumsi.

Selada mengalami perubahan warna akibat kehilangan klorofil yang berperan dalam pembentukan warna hijau daun pada selada. Klorofil yang telah terdegradasi secara enzimatis akan membentuk pigmen warna kuning dan cokelat (Hakiki *et al.* 2016). Penyimpanan suhu tinggi diduga dapat mempercepat proses degradasi klorofil, menurut Puspita *et al.* (2019) dalam Mahfudh *et al.* (2021) menjelaskan bahwa selama proses tersebut sayuran akan mengalami terjadinya pelepasan asam-asam organik sehingga berdampak pada pembentukan karotenoid (warna kuning) dan kemudian mengalami pembentukan feofitin (cokelat). Panas pada produk dapat mempercepat reaksi feofitinasi karena panas dapat menyebabkan denaturasi protein. Denaturasi protein merupakan proses perubahan yang terjadi pada struktur protein yang berlipat menjadi terbuka sehingga

menyebabkan bentuk protein dan mengubah sifat protein (Estiasih *et al.* 2016). Denaturasi protein dapat dikatakan sebagai suatu proses terpecahnya ikatan hidrogen interaksi hidrofobik, ikatan garam serta terbentuknya lipatan. Mekanisme dari proses denaturasi protein adalah asam dan basa yang memecahkan jembatan garam dengan adanya muatan ionik (Mahfudh *et al.* 2021). Kesegaran merupakan salah satu faktor penting dalam penilaian kualitas suatu produk sebelum konsumen membelinya. Berdasarkan pengamatan, dapat dijelaskan bahwa selada yang dikemas pada penyimpanan *showcase* memiliki umur simpan yang lebih baik apabila dijadikan persediaan sesuai kebutuhan mitra.

Aplikasi Perlakuan Terpilih oleh Mitra

Perlakuan terpilih yang dilakukan pada proses penelitian dapat diterima dan diterapkan oleh mitra dikarenakan hal tersebut sudah sesuai dengan kebutuhan mitra Rumah Sayur Cisarua. Kegiatan pertama yang dilakukan adalah sesuai perlakuan yang terpilih yaitu penggunaan waktu pencucian selama 5 menit yang mendapatkan perlakuan paparan ozon selama 2 menit dan disimpan pada penyimpanan suhu rendah (*showcase* 5 – 8 °C) dengan kemasan plastik berlubang. Dalam proses pencucian, air yang digunakan sesuai dengan konsep solusi yaitu 320 L dan 10 kg selada dalam satu kali pencucian. Kemudian selada tersebut ditiriskan selama 3 jam (sampai tidak ada air yang menetes), setelah itu dilanjutkan pengemasan sebanyak 250 g/kemasan plastik berlubang dan disimpan pada *showcase*. Terdapat perbedaan yang cukup signifikan dalam proses pencucian selada, dimana sebelum adanya mesin pencucian ozonisasi tersebut, selada dicuci menggunakan pencucian manual. Pada pencucian manual, selada mengalami kerusakan adalah 33%, sedangkan ketika pencucian menggunakan mesin pencucian ozonisasi kerusakan yang dihasilkan adalah 15%. Hal tersebut disebabkan karena pada proses pencucian mengalami kerusakan mekanis yaitu kepatahan pada batang dan daun selada. Sehingga dengan adanya mesin pencucian ozonisasi tersebut mampu mengurangi kerusakan yang dihasilkan. Tingkat kebersihan pada kedua proses pencucian ini terlihat adanya perbedaan, yaitu selada yang dicuci menggunakan mesin pencucian ozonisasi mampu memisahkan kotoran hingga ke dalam batang, sedangkan selada yang dicuci dengan pencucian manual masih menyisakan kotoran dibagian dalam atau di celah batang dan daun selada.

Pada penelitian ini juga dilakukan perhitungan biaya dari setiap variasi penggunaan paparan ozon yang dilakukan dan penggunaan alat listrik lainnya, seperti biaya penggunaan *showcase* dan biaya penggunaan mesin *sealer*. Perhitungan biaya listrik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Biaya penggunaan alat listrik

No	Alat	Daya Listrik (Watt)	Durasi pemakaian perhari (Jam)	Total Daya Listrik (kWh)	Tarif per kWh (Rp)	Biaya/hari (Rp)
1	Alat Sealer	500	0,278	0,14	1.700,00	236,00
2	Alat ozon (paparan 0 menit)	1500	1,8	2,7	1.700,00	4.590,00
3	Alat ozon (paparan 2 menit)	1500	2,4	3,6	1.700,00	6.120,00
4	Alat ozon (paparan 5 menit)	1500	3,3	4,95	1.700,00	8.415,00
5	<i>Showcase</i>	630	18	11,34	1.700,00	19.278,00

Perhitungan biaya pencucian dilakukan untuk melihat perbandingan antara proses pencucian manual dan proses pencucian menggunakan mesin ozonisasi, sehingga mitra akan mengetahui kebutuhan dan keuntungan yang akan didapat. Perhitungan biaya pencucian dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3 dan perhitungan keuntungan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2 Biaya pencucian dengan mesin pencucian ozonisasi

No	Komponen	Jumlah	Satuan	Harga per Unit (Rp)	Total harga per produksi (Rp)
1	Selada bahan	175	kg	10.000,00	1.750.000,00
2	Air	1280	liter	1,5,00	1.920,00
3	Alat ozon (paparan ozon 2 menit)	2,4	jam	1.700,00	6.120,00
4	Tenaga Kerja	2	orang	22.500,00	45.000,00
5	Selada produk	150	kg	-	-
Total Biaya					1.803.040,00

Keterangan: Kerusakan sebesar 15%

Tabel 3 Biaya pencucian manual

No	Komponen	Jumlah	Satuan	Harga per Unit (Rp)	Total harga per produksi (Rp)
1	Selada bahan	223	kg	10.000,00	2.230.000,00
2	Air	180	l	1,5,00	270,00
3	Tenaga Kerja	2	Orang	34.688,00	69.375,00
4	Selada produk	150	kg	-	-
Total Biaya					2.299.645,00

Keterangan: Kerusakan sebesar 33%

Rumah Sayur Cisarua menjual selada Rp16.000,00/kg, dengan target pasarnya adalah 150 kg, sehingga hasil penjualan didapatkan Rp2.400.000,00 menggunakan proses pencucian manual. Persentase keuntungan secara detail dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Perbandingan keuntungan pencucian secara manual dan ozonisasi

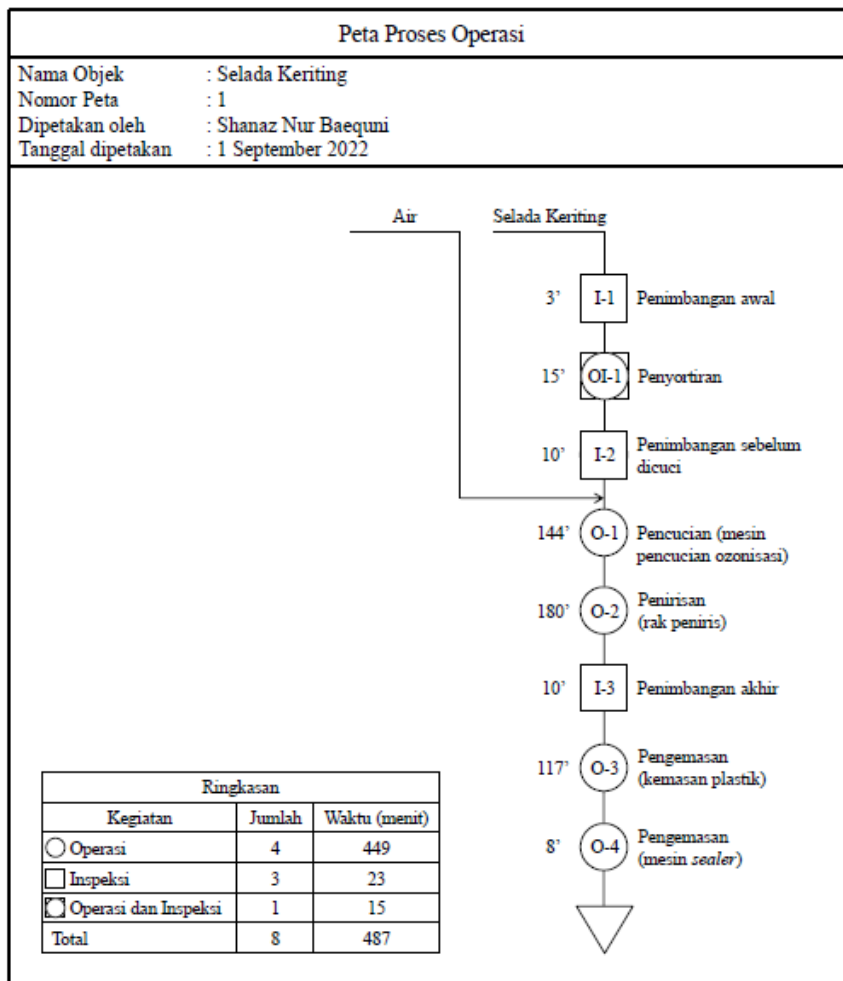
Uraian	Pencucian Manual	Pencucian Mesin Ozonisasi
Hasil penjualan (Rp)	2.400.000,00	2.400.000,00
Biaya yang diperlukan (Rp)	2.299.645,00	1.803.040,00
Keuntungan (Rp)	100.355,00	596.960,00

Biaya selisih = Rp496.605

Keuntungan = $\text{Rp}496.605 / \text{Rp}100.355 \times 100\%$
= 494%

Sehingga proses pencucian menggunakan mesin pencucian ozonisasi dapat memberikan keuntungan 4 kali lipat untuk mitra Rumah Sayur Cisarua, selain memberikan keuntungan dalam segi biaya, dengan adanya mesin pencucian ozonisasi proses produksi dapat lebih cepat dari segi waktu.

Peta aliran proses pascapanen selada keriting pada tata letak awal di Rumah Sayur Cisarua dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Peta proses pascapanen selada kering

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Mesin pencucian ozonisasi efektif mencuci selada selama 5 menit yang mendapatkan perlakuan waktu paparan ozon 2 menit. Selada keriting mampu bertahan hingga hari ketiga dengan penyimpanan pada suhu 5 – 8 °C menggunakan kemasan plastik berlubang. Pencucian menggunakan mesin pencucian ozonisasi lebih menguntungkan dibandingkan pencucian manual, yaitu sebesar Rp596.960,00 dan kerusakan yang dihasilkan pada proses pencucian menggunakan mesin tersebut lebih rendah dibandingkan pencucian manual yaitu 15%.

Saran

Perlu dilakukan proses pencucian terhadap produk hortikultura khususnya jenis sayuran yang terdapat di Rumah Sayur Cisarua.

DAFTAR PUSTAKA

- Addy HS. 2007. Pengaruh sumber mineral terhadap penekanan *Erwinia carotovora* oleh *Pseudomonas* pendar-fluor secara in vitro. *J.HPT Tropika*. 7(2): 117– 124. doi: <https://doi.org/10.23960/j.hptt.27117-124>.
- Amelia S, Lubis NDA, Balatif R. 2020. *Mikroorganisme dan Bahan Pangan*. Pasuruan: Qiara Media.
- Asgar A, Sugiarto AT, Sumartini, Ariani D. 2011. Kajian ozonisasi (O3) terhadap karakteristik kubis bunga (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) segar selama penyimpanan pada suhu dingin. *Berota Biologi*. 10(6): 787 – 795. doi: 10.14203/beritabiologi.v10i6.1947.
- Asgar A, Musaddad D, Setyabudi DA, Hassan ZH. 2015. Teknologi ozonisasi untuk mempertahankan kesegaran cabai *cultivar* kencana selama penyimpanan. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 12(1): 20 – 26. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jpasca.v12n1.2015.20-26>.
- Asgar A. 2017. Pengaruh suhu penyimpanan dan jumlah perforasi kemasan terhadap karakteristik fisik dan kimia brokoli (*Brassica oleracea* var. Royal G) *fresh-cut*. *J. Hort*. 27(1): 127 – 136. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jhort.v27n1.2017.p127-136>.
- Bimo, Warsito A, Syukur A. 2011. Aplikasi ignition coil sebagai pembangkit tegangan tinggi implus untuk penyedia daya reaktor ozon [skripsi]. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Dauja MD. 2012. Pengaruh bahan dan dosis kompos cair terhadap pertumbuhan selada (*Lactuca sativa* sp.). *Prog Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Jambi*. 1(1): 10 – 18.
- Estiasih T, Harijono, Waziroh E, Fibrianto K, Hastuti SB. 2016. *Kimia dan Fisik Pangan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Fransiska A, Hartanto R, Lanya B, Tamrin. 2013. Karakteristik fisiologi manggis (*Garcinia Mangostana* L.) dalam penyimpanan atmosfer termodifikasi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 2(1): 1 – 6.
- Ginting, Chandra. 2010. Kajian biologi tanaman selada dalam berbagai kondisi lingkungan pada sistem hidroponik. *Agriplus*. 20(2): 109 – 111.
- Gunawan B, Shaleh M, Anbar N, Sanjaya R. 2020. Strategi pengembangan teknologi e-commerce UMKM rumah sayur Lembang menggunakan metode analisis SWOT. *Jurnal Teknologi dan Open Source*. 3(1): 1 – 13.

- Haifan M. 2017. Review kajian aplikasi teknologi ozon untuk penanganan buah, sayuran dan hasil perikanan. *Jurnal IPTEK*. 1(1): 15 – 21.
- Hakiki DN, Darmawati E, Purwanto YA, Hideto U. 2016. Perubahan kualitas pascapanen bayam organik selama penyimpanan setelah perlakuan *heat shock* dan *hydrocooling*. *Jurnal Keteknik Pertanian*. 4(1): 56 – 70. doi: 10.19028/jtep.04.1.53-58.
- Kuswati AA, Darmawati E, Widayanti SM. 2020. Aplikasi ozon untuk mempertahankan kualitas buah duku. *Jurnal Keteknik Pertanian*. 8(9): 15 – 22. doi: <https://doi.org/10.19028/jtep.08.1.15-22>. 24
- Lestari RI. 2016. Pengaruh perlakuan air panas, ozonasi, klorinasi, dan lama waktu pencucian cabai hijau besar (*Capsicum annum* L.) [skripsi]. Malang: Universitas Brawijaya.
- Mahfudh I, Santosa GW, Pramesti R. 2021. Stabilitas ekstrak klorofil *Caulerpa racemosa* (Forsskal) J. Agardh 1873 pada suhu dan lama penyimpanan yang berbeda. *Journal of Marine Research*. 10(2): 184 – 189. doi: 10.14710/jmr.v10i2.29685.
- Mareta DT, Nur SA. 2011. Pengemasan produk sayuran dengan bahan kemasan plastik pada penyimpanan suhu ruang dan suhu dingin. *MEDIAGRO*. 7(1): 26 – 40.
- Paramitha NR. 2009. Kajian perubahan mutu buah mangga gedong gincu selama penyimpanan dan pematangan buatan [skripsi]. Bogor: Institut Petanian Bogor.
- Prameswari AW. 2017. Pengaruh warna light emitting diode (LED) terhadap pertumbuhan tiga jenis tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) secara hidroponik [skripsi]. Jember: Universitas Jember.
- Rakhmawati A. 2013. *Mikroorganisme Kontaminan pada Buah*. Yogyakarta: Jurdik Biologi FMIPA UNY.
- Rantung LE, Lengkey LCCE, Wenur F. 2020. Analisis kualitas selada (*Lactuca sativa* L.) yang ditanam pada dua media selama penyimpanan dingin. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 11(1): 37 – 43. doi: <https://doi.org/10.35791/jteta.11.1.2020.29985>.
- Rohmat N, Ibrahim R, Riyadi PH. 2014. Pengaruh perbedaan suhu dan lama penyimpanan rumput laut *Sargassum polycistum* terhadap stabilitas ekstrak kasar pigmen klorofil. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(1): 118 – 126.
- Saraslifah, Nur M, Arianto F. 2016. Pengaruh ozon yang dibangkitkan melalui reaktor plasma berpenghalang dielektrik elektroda silinder spiral terhadap pengawetan cabai. *Youngster Physics Journal*. 5(4): 319 – 326.
- Sari MRI. 2017. Rantai pasok sayuran di PT Bimandiri Agro Sedaya [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Setiawati, Wiwin R, Murtiningsih GA, Sopha, Handayani T. 2007. *Budidaya Tanaman Sayuran*. Bandung: Balai Penelitian Tanaman Sayuran.
- Siahan SP dan Widayanti SM. 2020. Strategi ketahanan pangan masa new normal covid-19. *Seminar Nasional*. 4(1): 76 – 88.
- Surtinah 2009. Pemberian pupuk organik super natural nutrition (SNN) pada tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) di tanah ultisol. *Ilmiah Pertanian*. 6(1): 10 – 12.
- Syarafudin A, Novia. 2013. Produksi ozon dengan bahan baku oksigen menggunakan alat ozon generator. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(19): 1 – 9.
- Wahyuni A, Triyono S, Tusi A. 2014. Perbandingan teknik pemajangan sayuran daun untuk mempertahankan kesegaran selama penjualan. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 3(1): 69 – 82.
- Wibowo NI, Siddik NA. 2021. Pemanfaatan limbah hidroponik selada keriting (*Lactuca sativa* L.), romaine (*Lactuca sativa* var. *Romana*), lollorosa (*Lactuca sativa* var. *Lollorosa*) dalam pembuatan es krim. *Agroscience*. 11(2): 170 – 183. doi: <https://doi.org/10.35194/agsci.v11i2>