

PENGARUH IRADIASI TERHADAP KUALITAS FISIKO-KIMIA SAYUR-SAYURAN KERING SKALA SEMI-PILOT

IRRADIATION EFFECT ON THE PHYSICO-CHEMICAL QUALITY OF VARIOUS DRIED VEGETABLES ON THE SEMI-PILOT SCALE

Idrus Kadir dan Darmawan Darwis

PAIR-BATAN, Jalan Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta 12440

E-mail: ruskadir@batan.go.id

Diterima 24 Januari 2017, diterima dalam bentuk perbaikan 3 Desember 2019, disetujui 5 April 2020

ABSTRAK

PENGARUH IRADIASI TERHADAP KUALITAS FISIKO-KIMIA SAYUR-SAYURAN KERING SKALA SEMI-PILOT. Teknologi iradiasi merupakan salah satu teknologi pilihan unggul dalam penanganan pascapanen sayur-sayuran. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh iradiasi dosis sedang terhadap kualitas fisiko-kimia bahan pangan berbasis sayur-sayuran kering pada skala semi-pilot. Selain itu juga dilakukan pengujian tingkat kesukaan (hedonik) dan kandungan logam berat terhadap aneka sayur iradiasi. Hasilnya pengujian menunjukkan bahwa iradiasi dapat mempertahankan aktivitas antioksidan sayur-sayuran, kecuali terhadap jamur kuping yang mengalami penurunan yang cukup signifikan. Begitu juga dengan kandungan mikronutrisi mineral, hasil pengujian menunjukkan bahwa iradiasi dosis sedang dapat mempertahankan kualitas mikronutrisi mineral sayur-sayuran, bahkan cenderung meningkat. Kandungan logam berat pada sayur-sayuran umumnya tidak terdeteksi. Dari pengujian kesukaan (hedonik), sayur-sayuran yang diiradiasi tetap disukai konsumen.

Kata kunci: iradiasi, sayur-sayuran, kualitas fisiko-kimia, logam berat, kesukaan

ABSTRACT

IRRADIATION EFFECT ON PHYSICO-CHEMICAL QUALITY OF VARIOUS DRIED VEGETABLES ON A SEMI-PILOT SCALE. Irradiation technology is one of the preferred excellent technology in post-harvest handling of various vegetables. The purpose of this study was to determine the effect of irradiation doses to the quality of physico-chemical value of foodstuffs based on a semi-pilot scale. It was also tested the level of preference (hedonic) and heavy metal contents of the various irradiated vegetables. The result of testing showed that irradiation can maintain of various vegetables, except for mushroom which shown a significant decreased of antioxidant activity. As well as with the content of mineral micronutrients, the test results showed that the irradiation with medium dose was able to maintain the quality of mineral micronutrients of vegetables, even showed an increasing trend. Heavy metal content in various vegetables were generally not detected. While the hedonic test showed that various irradiated vegetables remains preferred by consumers.

Keywords: irradiation, vegetables, physico-chemical quality, heavy metals, hedonic

PENDAHULUAN

Sayur-sayuran merupakan salah satu komoditas hortikultura yang berkembang pesat di Indonesia baik dari segi jumlah produksi maupun mutunya. Sayuran-sayuran termasuk komoditas yang esensial dalam memberikan pemenuhan kebutuhan dasar manusia terhadap kalori, vitamin, mineral, serat dan anti oksidan alami [1-3]. Sebagai komoditas agribisnis hortikultura, sayur-sayuran juga berperan penting dalam pembentukan *Produk Domestik Bruto* (PDB) subsektor Hortikultura. Peningkatan produksi sayur-sayuran tidak hanya mendorong peningkatan konsumsi sebagai pemenuhan kebutuhan kalori perkapita, namun juga memberikan kontribusi dalam peningkatan peroleh devisa dari ekspor sayur-sayuran.

Pemerintah melalui Kementerian Pertanian terus berupaya meningkatkan penanganan aneka sayur secara lebih berkualitas agar mampu memenuhi kebutuhan masyarakat dengan berbagai kegiatan, antara lain dengan pengembangan kawasan sayuran. Tujuan kegiatan pengembangan kawasan sayuran dan tanaman obat adalah untuk mendorong tumbuh dan berkembangnya kawasan dan sentra produksi sayuran dan tanaman obat yang berkelanjutan serta kawasan sayuran organik dan pekarangan perkotaan melalui penerapan *Good Agriculture Practices* (GAP), *Good Handling Practise* (GHP), dan *Standard Operasional Prosedur* (SOP) [4].

Hasil Penelitian HERMINA dan Prihatini [5], memberikan gambaran tentang konsumsi sayur dan buah di Indonesia. Secara umum proporsi penduduk yang mengonsumsi sayur 94,8% dan mengonsumsi buah lebih sedikit (33,2%). Tampak bahwa sayuran lebih banyak dikonsumsi penduduk dari pada buah-buahan. Bila dilihat menurut kelompok umur proporsi penduduk yang paling sedikit mengonsumsi sayur pada kelompok anak usia Balita (0 - 59 bulan) (86,2%) dan yang paling banyak pada usia dewasa (19 - 55 tahun) (95,8%). Dilihat menurut jenis kelamin, konsumsi sayur hampir sama antara laki-laki dan perempuan (94,8%). Dilihat dari wilayah tempat tinggal, proporsi penduduk yang mengonsumsi sayur hampir sama antara perkotaan dan perdesaan (94,8%).

Sebagai komoditas hasil pertanian, aneka sayur memerlukan perlakuan pascapanen yang baik. Penanganan pascapanen menentukan kualitas hasil pertanian secara garis besar, juga menentukan akan dijadikan apa bahan hasil pertanian setelah melewati penanganan pascapanen, apakah akan dimakan segar atau dijadikan bahan makanan lainnya. Oleh sebab itu dibutuhkan teknologi penanganan pascapanen yang lebih efisien dan unggul serta ramah lingkungan, agar mampu meningkatkan daya saing sayur-sayuran [6]. Teknologi iradiasi diharapkan dapat menjadi salah satu teknologi pilihan yang unggul dalam menunjang rantai kegiatan penanganan pasca panen sayur-sayuran, terutama sayur-sayuran kering dalam rangka mendukung program ketahanan pangan nasional [7]. Tujuan penelitian adalah untuk meningkatkan kualitas higienik sayur-sayuran kering dengan tetap mempertahankan nutrisi, terutama mikronutrisi dengan menggunakan aplikasi teknologi iradiasi dosis sedang (1 - 10 kGy) pada skala semi-pilot. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa iradiasi mampu mempertahankan kualitas higienik dan nilai nutrisi aneka sayur pada pengujian skala laboratorium dengan dosis sedang 5 - 7,5 kGy [8-10]. Hasil-hasil penelitian di Indonesia terkait aplikasi teknologi nuklir juga telah dapat diaplikasikan sesuai dengan perkembangan Litbang dan aspek komersial sesuai ketentuan perijinan pemerintah dan harmonisasi peraturan perundangan tentang pangan iradiasi [11-18].

METODOLOGI

Bahan

Bahan penelitian yang digunakan adalah aneka sayur dalam keadaan segar, baik jamur pangan maupun seledri dan wortel. Jamur pangan terdiri dari jamur tiram, kuping dan jamur shiitake berasal dari produsen jamur sentra produksi jamur pangan Cianjur. Sedangkan seledri dan wortel dan seledri dari pedagang grosir Pasar Induk Kramat Jati, Jakarta. Bahan penelitian jamur pangan, seledri dan wortel masing-masing disiapkan 100 kg bahan segar untuk dikeringkan dengan bobot kering sekitar 25 - 30%, karena penelitian dilakukan pada skala semi-pilot. Kemasan plastik *High Density Poly-Ethylene* (HDPE) untuk pengemas dan bahan kimia untuk pengujian kandungan mineral mikronutrisi dan logam berat serta pengujian aktivitas antioksidan aneka sayur kering juga digunakan sebagai bahan pengemas dan bahan kimia.

Peralatan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Pangan PAIR-BATAN, Jakarta dan di Fateta-IPB Bogor. Peralatan utama adalah Iradiator ^{60}Co di PAIR-BATAN, Jakarta, didukung ketersediaan bahan kimia dan peralatan lainnya. Peralatan untuk pengujian kimia antara lain tabung reaksi, mikropipet, labu takar, *waterbath*, sentrifus, tabung entrifus, *blender* (Merk Philips), neraca analitik (Merk Martix), *oven* (Merk Binder), labu ukur (IWAKI Pyrex), pipet tetes (Merk Sakti), pipet mikro (Merk Socorex), pipet volume (IWAKI Pyrex), perangkat Spektrofotometer Serapan Atom (Merk AA 6300 Shimadzu; Jerman), dan perangkat *microwave digesti* (Merk Milestone; Italy), dan spektrofotometer UV-VIS.

Metode

Sayur-sayuran yang terdiri dari jamur pangan, seledri dan wortel sebelum dikeringkan dibersihkan terlebih dahulu dan dicuci lalu ditiriskan. Selanjutnya sayur-sayuran dikeringkan dengan *oven* pada suhu 53 – 54 °C selama 48 jam. Pemilihan suhu pengeringan pada *oven* tersebut untuk mendapatkan kondisi optimal proses pengeringan sayuran-sayuran. Sayur-sayuran yang telah dikeringkan lalu diangin-anginkan dalam tampah secara terbuka pada suhu kamar selama 1 - 2 hari. Kemudian sayur-sayuran kering tersebut dikemas dalam kemasan HDPE laminasi masing-masing per kemasan 30 gr sayur kering, lalu dimasukkan dalam kardus karton ukuran 20 cm × 30 cm × 25 cm, dan siap untuk diiradiasi. Iradiasi sayur-sayuran kering dilakukan pada dosis serap 5 kGy sebagai dosis sedang untuk mendapatkan dosis optimal di bawah 10 kGy, dengan laju dosis 6 kGy/jam. Segera setelah diiradiasi, pengujian fisiko-kimia terhadap sayur-sayur dilakukan segera setelah diiradiasi. Pengujian juga dilakukan terhadap kontrol.

Kadar air ditetapkan secara gravimetri dengan metode pengeringan *oven*, sedangkan pH diukur dengan pH-meter [19]. Pengujian kandungan mineral mikronutrisi (Fe, K, Ca, P, dan Zn) serta logam berat (Pb, Cd, Hg, dan As) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom [2]. Pengujian aktivitas antioksidan ditentukan dengan metode DPPH menggunakan spektrofotometer UV-VIS [20]. Radikal bebas yang biasa digunakan sebagai model dalam mengukur daya penangkapan radikal bebas adalah 1,1-difenil-2-pikrihidrazil (DPPH). DPPH merupakan senyawa radikal bebas yang stabil sehingga apabila digunakan sebagai pereaksi dalam uji penangkapan radikal bebas cukup dilarutkan dan bila disimpan dalam keadaan kering dengan kondisi penyimpanan yang baik dan stabil selama bertahun-tahun. Nilai absorbansi DPPH berkisar antara 515 - 520 nm. Larutan isolat dalam kloroform pada beberapa konsentrasi (1 - 32 µg/ml) sebanyak 1,2 ml ditambah 0,3 ml larutan DPPH 0,5 mM dalam kloroform sehingga volume total campuran 1,5 ml dan campuran dikocok kuat. Setelah didiamkan pada suhu kamar selama 30 menit, sisa DPPH ditentukan secara spektrofotometri pada panjang gelombang 517 nm. Dilakukan juga pengukuran terhadap blangko (larutan DPPH yang tidak mengandung bahan uji) serta kontrol positif kuersetin. Pengujian organoleptik dilakukan dan diamati secara subyektif oleh 10 - 20 panelis terlatih yang meliputi uji rasa, aroma, tekstur dan penampakan dengan menggunakan 5 skala hedonik [21]. Uji rasa dilakukan dengan memasak terlebih dahulu sampel yang ditambahkan bumbu dan garam secukupnya. Skala hedonik merupakan tingkat kesukaan dengan nilai numerik (skor); 1 = sangat tidak suka; 2 = tidak suka; 3 = netral; 4 = suka; dan 5 = sangat suka. Pengujian organoleptik adalah pengujian yang didasarkan pada proses penginderaan. Bagian organ tubuh yang berperan dalam penginderaan adalah mata, telinga, indera pencicip, indera pembau dan indera perabaan atau sentuhan [19,22]. Kemampuan alat indera memberikan kesan atau tanggapan dapat dianalisis atau dibedakan berdasarkan jenis kesan. Luas daerah kesan adalah gambaran dari sebaran atau cakupan alat indera yang menerima rangsangan. Kemampuan memberikan kesan dapat dibedakan berdasarkan kemampuan alat indra memberikan reaksi atas rangsangan yang diterima. Kemampuan tersebut meliputi kemampuan mendeteksi (*detection*), mengenali (*recognition*), membedakan (*discrimination*), membandingkan (*scalling*) dan kemampuan menyatakan suka atau tidak suka (*hedonik*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air sayur-sayuran kering yang diiradiasi pada skala semi pilot menunjukkan bahwa kadar air bahan segera pasca iradiasi baik pada sampel sayuran kontrol maupun pada sampel sayuran yang diiradiasi masing-masing berkisar antara 10,07 - 10,17%, 9,02 - 9,15%, dan 10,12 - 10,26% berturut-turut untuk jamur tiram, kuping dan jamur shiitake; sedangkan seledri dan wortel masing-masing berkisar 8,05 - 8,17% dan 10,05 - 11,18%. Derajat keasaman (pH) sayuran kering segera pasca iradiasi masing-masing yaitu jamur tiram 7,30 - 7,52, kuping 6,05 - 6,09, shiitake 7,03 - 7,06, seledri 6,84 - 6,95, dan wortel 6,63 - 6,75. Dari hasil pengujian tersebut, terlihat bahwa radiasi 5 kGy tidak mengubah kadar air dan pH sayur-sayuran yang diteliti. Hal ini sesuai dengan beberapa hasil penelitian sebelumnya [8,9,11], bahwa iradiasi dosis sedang 1 - 10 kGy tidak mengubah kadar air dan pH bahan pangan, baik kering maupun semi-basah.

Hasil pengujian aktivitas antioksidan sayuran kering iradiasi dapat dilihat sebagaimana disajikan pada Tabel 1, sedangkan hasil pengujian kandungan mineral mikronutrisi ((Fe, K, Ca, P, dan Zn) serta logam berat (Pb,

Cd, Hg, dan As) sayuran kering iradiasi masing-masing dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3. Tabel 4 menyajikan hasil pengujian organoleptik.

Tabel 1. Aktivitas antioksidan sayuran kering iradiasi (ug AAE/g).

No.	Jenis sayuran kering	Kontrol	Iradiasi
1	Jamur Tiram	555,41	487,22
2	Jamur Kuping	869,45	314,73
3	Jamur Shiitake	402,15	407,97
4	Seledri	887,80	925,25
5	Wortel	541,77	511,37

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa aktivitas antioksidan aneka sayur dapat dipertahankan akibat iradiasi dosis sedang bahkan ada yang meningkat, hanya jamur kuping aktivitas antioksidannya menurun cukup signifikan. Sedangkan aktivitas antioksidan seledri dan jamur shiitake mengalami peningkatan. Menurut IRAWATI *et al.* [23], iradiasi memungkinkan terjadi peningkatan dan penurunan aktivitas antioksidan pada bahan pangan. Iradiasi bahan pangan pada dosis sedang (1 - 10 kGy) dapat menurunkan kandungan nutrisi unsur mikro apabila udara dan suhu serta kondisi selama proses tidak diatur dengan baik [11], termasuk sayur-sayuran. Perubahan nilai gizi dapat dicegah dengan cara meradiasi bahan pangan pada suhu rendah dalam kemasan vakum. Antioksidan digunakan juga dalam makanan untuk mengontrol oksidasi lipid. Antioksidan alami selain dapat melindungi tubuh dari serangan radikal bebas juga mampu memperlambat terjadinya penyakit kronik yang disebabkan penurunan spesies oksigen reaktif (ROS) terutama radikal hidroksil dan radikal superoksida [20]. Antioksidan alami juga berfungsi menghambat oksidasi lipid yang menyebabkan ketengikan dan kerusakan pada makanan. Selain itu, antioksidan merupakan senyawa yang berguna mengatasi kerusakan oksidatif akibat radikal bebas dalam tubuh sehingga berperan mencegah berbagai macam penyakit [24].

Tabel 2. Kandungan mineral mikronutrisi (Fe, K, Ca, P, dan Zn) sayuran kering iradiasi (mg/100 g).

No.	Jenis sayuran kering	Kontrol					Iradiasi				
		Fe	K	Ca	P	Zn	Fe	K	Ca	P	Zn
1	Jamur Tiram	0,56	20,26	42,95	449,93	6,91	7,81	28,65	45,31	487,36	7,91
2	Jamur Kuping	3,59	59,11	132,94	247,47	1,19	6,44	37,28	116,30	271,76	1,18
3	Jamur Shiitake	10,77	42,13	120,54	360,12	6,75	2,68	36,72	91,45	410,71	7,00
4	Seledri	28,45	210,42	4770,31	146,14	6,03	11,68	131,57	3542,77	207,16	5,73
5	Wortel	1,76	210,51	475,34	133,21	0,25	7,95	241,15	562,70	287,88	2,26

Pada Tabel 2 di atas terlihat bahwa sayuran kering merupakan sumber mineral mikronutrisi (Fe, K, Ca, P, dan Zn). Seledri dan wortel merupakan sumber Kalsium (Ca) yang cukup tinggi. Begitu juga dengan Fosfor (P) yang cukup tinggi pada kelima jenis sayuran kering tersebut. Kandungan mineral mikronutrisi umumnya dapat dipertahankan dan bahkan meningkat setelah diiradiasi bila dibandingkan dengan kontrol. Menurut SANNNI *et al.* [25], iradiasi dapat mempengaruhi kandungan mineral mikronutrisi dalam bahan pangan, tergantung kondisi bahan pangan, cara iradiasi, kemasan dan suhu. Kandungan mineral dalam bahan pangan merupakan salah satu parameter awal untuk menilai kualitas suatu bahan pangan [26]. Mineral memegang peranan penting dalam pemeliharaan fungsi tubuh, baik pada tingkat sel, jaringan, organ, maupun fungsi tubuh secara keseluruhan. Mineral juga berperan dalam berbagai tahap metabolisme terutama sebagai kofaktor dalam aktivitas enzim-enzim.

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa logam berat Cd, Hg, dan As tidak terdeteksi pada sayuran kering baik pada kontrol maupun yang diiradiasi. Hanya Pb yang terdeteksi secara tidak signifikan pada jamur tiram, kuping dan jamur shiitake. Ketiga logam berat Pb yang terdeteksi pada jamur tersebut masih di bawah batas maksimum logam berat yang diijinkan dalam bahan pangan [27]. Hal ini menunjukkan bahwa sayur-sayuran yang diteliti cukup aman untuk dikonsumsi, karena mengandung logam berat Pb yang rendah dan di bawah nilai ambang batas yang diperbolehkan. Selain itu, iradiasi tidak berpengaruh terhadap kandungan logam berat sayur-sayuran yang diteliti. Terdapat logam berat pada sayur-sayuran dimungkinkan akibat pemupukan yang diberikan, tanah tempat

penanaman dan air penyiraman tanaman [2,28]. Logam berat seperti Hg, Pb dan Cd dapat merusak organ reproduksi dan menyebabkan anemia.

Tabel 3. Kandungan logam berat (Pb, Cd, Hg dan As) sayuran kering iradiasi (ppm).

No.	Jenis sayuran kering	Kontrol				Iradiasi			
		Pb	Cd	Hg	As	Pb	Cd	Hg	As
1	Jamur Tiram	0,18	bnld	bnld	bnld	bnld	bnld	bnld	bnld
2	Jamur Kuping	0,05	bnld	bnld	bnld	0,11	bnld	bnld	bnld
3	Jamur Shiitake	0,15	bnld	bnld	bnld	bnld	bnld	bnld	bnld
4	Seledri	bnld	bnld	bnld	bnld	bnld	bnld	bnld	bnld
5	Wortel	bnld	bnld	bnld	bnld	bnld	bnld	bnld	bnld

Keterangan: bnld = di bawah nilai limit deteksi

Tabel 4. Hasil pengujian organoleptik sayuran kering iradiasi.

No.	Jenis sayuran kering	Kontrol				Iradiasi			
		Rasa	aroma	tekstur	penampakan	rasa	aroma	tekstur	penampakan
1	Jamur Tiram	4,5	4,6	4,5	4,7	4,2	4,3	4,4	4,6
2	Jamur Kuping	4,6	4,5	4,6	4,6	4,4	4,2	4,4	4,8
3	Jamur Shiitake	4,5	4,6	4,5	4,8	4,4	4,5	4,6	4,9
4	Seledri	4,7	4,5	4,6	4,9	4,6	4,3	4,5	4,7
5	Wortel	4,5	4,6	4,5	4,6	4,3	4,2	4,4	4,5

Hasil pengujian organoleptik yang dilakukan dengan pengujian secara subyektif terhadap rasa, aroma, tekstur dan penampakan sayur-sayuran kering, terlihat bahwa nilai (skor) rasa, aroma, tekstur dan penampakan sayuran kering masih cukup baik yaitu berkisar 4,2 - 4,9 pada skala hedonik sayur-sayuran kering segera setelah diiradiasi, sedangkan kontrol (sayur-sayuran tanpa iradiasi) berkisar 4,5 - 4,9 pada skala hedonik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa iradiasi dosis sedang 5 kGy tetap mempertahankan kualitas kesukaan (hedonik) konsumen pada skala 4,2 - 4,9 terhadap sayur-sayuran yang diteliti, dimana baik rasa, aroma, tekstur dan penampakan sayur-sayuran masih amat disukai konsumen. Pengujian organoleptik, secara sensori mengukur tingkat kesukaan konsumen terhadap bahan pangan, termasuk sayur-sayuran [29-31]. Pengujian kesukaan bahan pangan juga bermanfaat dalam memenuhi persyaratan SNI suatu produk [19] pangan, termasuk sayur-sayuran. Bahan pangan yang diiradiasi hendaknya dapat dinikmati oleh konsumen sebagaimana bahan pangan lain yang diproses dengan teknologi konvensional [11,32].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian fisiko-kimia terhadap kualitas fungsional, logam berat dan pengujian organoleptik sayur-sayuran kering iradiasi dapat disimpulkan bahwa : kandungan mineral mikronutrisi (Fe, K, Ca, P, dan Zn) dapat dipertahankan/relatif tak berubah bila dibandingkan dengan kontrol (tanpa iradiasi). Aktivitas antioksidan dapat dipertahankan akibat iradiasi dosis sedang, hanya jamur kuping aktivitas antioksidannya menurun cukup signifikan. Sedangkan aktivitas antioksidan seledri mengalami peningkatan. Aktivitas antioksidan sayur-sayuran dapat dipertahankan akibat iradiasi dosis sedang, hanya jamur kuping aktivitas antioksidannya menurun cukup signifikan. Sedangkan aktivitas antioksidan seledri mengalami peningkatan. Pengujian organoleptik secara subyektif terhadap rasa, aroma, tekstur dan penampakan sayur-sayuran kering, memperlihatkan bahwa rasa, aroma, tekstur dan penampakan sayur-sayuran kering masih sangat baik segera setelah diiradiasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi yang telah menyediakan sarana dan prasarana dalam rangka pelaksanaan penelitian ini pada tahun 2015. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Sdr. Indra Mustika yang telah membantu menyiapkan bahan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Roniwati, P., Setiawan, B., dan Sinaga, T., "Analisis Konsumsi Buah dan Sayuran pada Model Sistem Penyelenggaraan Makanan di Sekolah Dasar", *J. MKMI* 12 1, hal. 35-37, 2016
- [2]. Harsojo dan Mellawati, J., "Determination of Mineral Contain and Bacteria Contaminant on Organic and Non-Organic Fresh Vegetables", *Indo. J. Chem* 9 2, pp. 226-230, 2009
- [3]. Riyanti, A., Buana, E.O.G.N., Kiyat, W.E., dan Harsojo, "Eliminasi Bakteri Patogen pada Sayur dan Buah sebagai Bahan Baku Salad Siap Santap", *J. Ilmiah AIR* 14 1, hal. 59-66, 2018
- [4]. DITJEN HORTIKULTURA, "Pedoman teknis pelaksanaan pengembangan Hortikultura tahun 2012: Peningkatan produksi, produktivitas, dan mutu produk sayuran dan tanaman obat berkelanjutan", Ditjen Hortikultura, Jakarta, hal. 197, 2011
- [5]. Hermina dan Prihatini, S., "Gambaran Konsumsi Sayur dan Buah Penduduk Indonesia dalam Konteks Gizi Seimbang: Analisis Lanjut Survei Konsumsi Makanan Individu (SKMI) 2014", *Bul. Penelitian Kesehatan* 44 3, hal. 205-2018, 2016
- [6]. Abbas, A., dan Suhaeti, R.N., "Pemanfaatan Teknologi Pascapanen untuk Pengembangan Agroindustri Perdesaan di Indonesia", *J. Forum Penelitian Agro Ekonomi* 34 1, hal. 21-34, 2016
- [7]. Syahyuti *et al.*, "Kedaulatan Pangan sebagai Basis untuk Mewujudkan Ketahanan Pangan Nasional, *J. Forum Penelitian Agro Ekonomi* 33 2, hal. 95-109, 2015
- [8]. Kadir, I., Pemanfaatan iradiasi untuk memperpanjang daya Simpan jamur tiram putih (*pleurotus ostreatus*) kering. *J. Aplikasi Isotop dan Radiasi* 6 (1) hal. 86-103, 2010
- [9]. Kadir, I., Pengaruh iradiasi terhadap Tingkat Cemar Mikroba bahan pangan berbasis aneka sayur pada skala semi-pilot. *J. Riset Teknologi Industri* 8(15) hal. 66-74, 2014
- [10]. De Oliveira, C.P., Rodriquez-Lafuente, A., and SOARES, N.F.F., "Multiple Head Space-solid-phase Microextraction as a Powerful Tool for the Quantitative Determination of Volatile Radiolysis Products in a Multilayer Food Packaging Material Sterilized with Gamma-Radiation", *J. Chromatography A.*, 1244 pp. 61-68, 2012
- [11]. Irawati, Z., Pengembangan Teknologi Nuklir untuk Meningkatkan Keamanan Pangan dan Daya Simpan Bahan Pangan. *J. Ilmiah AIR* 3(2) hal. 41-52, 2007.
- [12]. Irawati, Z., Perkembangan dan Prospek Proses Radiasi Pangan di Indonesia. *J. Teknol. & Industri Pangan*, XIX (2) hal. 170-176, 2008.
- [13]. Pricaz, M., and Uta, A., "Gamma radiation fo Improvements in Food Industry, Environmental Quality and Healthcare", *Romanian J. Biophys.* 25 2, pp. 143-162, 2015.
- [14]. Liberty, J.T., Dickson, D.I., Achebe, A.E., and Salihu, M.B., "An Overview of the Principles and Effectsof Irradiation on Food Processing & Preservation", *Int. J. Of Multidiciplinary & Current Research.*, pp. 236-243, 2013
- [15]. Gerakines, P.A., Hudson, R.L., Moore, M.H., and Bell, J., "In situ Measurements of the Radiation Stability of Amino Acids at 15-140 K", *J. ICARUS* 220., pp. 647-659, 2012
- [16]. Kalyani, B., and Manjula, K., "Food Irradiation – Technology and Application, *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci* 3 4, pp. 549-555, 2014
- [17]. PERMENKES No. 701/MENKES/ PER/VIII/2009 Tentang Pangan Iradiasi.
- [18]. UNDANG-UNDANG No. 18 Tahun 2012 Tentang Pangan
- [19]. Midayanto, D.N., dan Yuwono, S.S., "Penentuan Atribut Mutu Tekstur Tahu Direkomendasikan sebagai Syarat Tambahan dalam Standar Nasional Indonesia", *J. Pangan dan Agroindustri* 2 4, hal. 259-267, 2014

- [20]. Wahdaningsih, S., Setyowati, E.P., dan Wahyuono, S., "Aktivitas Penangkap Radikal Bebas dari Batang Pakis (*Alshophila glanca* J. Sum)", *Majalah Obat Tradisional* 16 3, hal. 156-160, 2011
- [21]. Soekarto, S.T., Penilaian Organoleptik, Bhratara Karya Aksara, Jakarta, 1982.
- [22]. Tarwendah, I.P., "Jurnal Review: Studi Komparasi Atribut Sensori dan Kesadaran Merek Produk Pangan", *J. Pangan dan Agroindustri* 5 2, hal. 66-73, 2017
- [23]. Irawati, Z., Koesoemowidodo, R.S.A., Puspita, A., dan Tamat, S.R., "Potensi Tempe Pasta Steril Iradiasi sebagai Nutrisi Enteral Pasien yang Menggunakan Alat Bantu Naso Gastric Tube (NGT)", *J. KTI* 15 2 hal. 1-12, 2013
- [24]. Handayani, V., Ahmad, A.R., dan Sudir, M., "Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Bunga dan Daun Patikula (*Etilingera elatior* (Jack) R.M.Sm) menggunakan Metode DPPH", *J. Pharm Sci Res.* 1 2, hal. 86-93, 2014
- [25]. Sanni, T.A., Ogundele, J.O., Ogunbusola, E.M., and Oladimeji, "Effect of Gamma Irradiation on Mineral, Vitamins and Cooking Properties of Sorrel (*Hibiscus Sabdariffa* L) Seeds", *2nd International Conference on Chemical, Biological, and Environmental Sciences (ICCBES'15) May 20-21, Dubai (UAE)* pp 17-2, 2015
- [26]. Salamah, E., Purwaningsih, S., dan Kurnia, R., "Kandungan Mineral Remis (*Corbicula javanica*) Akibat Proses Pengolahan", *J. Akuatika III* 1, hal. 74-83, 2012
- [27]. BSN, Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan, Badan Standar Nasional, Jakarta. 25 hal, 2009.
- [28]. Harsojo dan Chairul, S.M., "Kandungan Mikroba Patogen, Residu Insektisida Organofosfat dan Logam Berat dalam Sayuran", *J. Ecolab* 5 2, hal. 89-96, 2011
- [29]. Fitria, A., Anandito, R.B.K., dan Siswanti, "Penggunaan Daging Tulang Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) pada Stik Ikan sebagai Makanan Ringan Berkalsium dan Berprotein Tinggi", *J. Teknologi Hasil Pertanian IX* 2, hal. 65-77, 2016
- [30]. Negara, J.K. et al., "Aspek Mikrobiologis serta Sensori (Rasa, warna, Tekstur, Aroma) pada Dua Bentuk Penyajian Keju yang Berbeda", *J. Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan* 4 2, hal. 286-290, 2016
- [31]. Iriyani, D., "Komparasi Nilai Gizi Sayuran Organik dan NonOrganik pada Budidaya Pertanian Perkotaan di Surabaya", *J. Matematika, Saint, dan Teknologi* 18 1, hal. 36-43, 2017
- [32]. Putri, N.A., Wardani, A.K., dan Harsojo, "Aplikasi Teknologi Iradiasi Gamma dan Penyimpanan Beku sebagai Upaya Penurunan Bakteri Patogen pada Seafood: Kajian Pustaka", *J. Pangan dan AgroIndustri* 3 2, hal. 345-352, 2015