

---

**Rancang Bangun Alat Sterilisasi Buah Manggis Berbasis Cold Atmospheric Plasma (CAP)**

*Design of mangosteen fruit (*Garcinia mangostana* Linn) Sterilization Based on Cold Atmospheric Plasma (CAP)*

**Wahyu Dhiki Saputro<sup>1</sup>, Adi Rahmanto Wibowo<sup>1</sup>, Alifah Maulidiyah<sup>1</sup>, Yusuf Hendrawan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya*

email: wahyudhiki97@gmail.com

---

**Abstrak**

Buah manggis (*Garcinia mangostana* Linn) atau biasa disebut “The queen of fruits” merupakan salah satu buah tahunan yang menjadi komoditas ekspor di Indonesia. Tingginya jumlah ekspor buah manggis tidak diikuti dengan kualitas buah yang baik. Rendahnya kualitas buah manggis Indonesia disebabkan karena adanya bercak kuning, mikroba, dan warna kulit yang gelap. Maka dari itu, diperlukan teknologi sterilisasi buah manggis yang efektif mematikan mikroba. Inovasi yang kami tawarkan yaitu alat sterilisasi mikroba berbasis Cold Atmospheric Plasma (CAP) yang dapat mendukung keamanan pangan dari buah manggis yang akan diekspor. Mekanisme alat ini dalam mematikan mikroba adalah dengan merusak fisik dari mikroba tersebut dengan memanfaatkan gas helium terionisasi yang sangat reaktif sehingga menyebabkan membran dan dinding sel bakteri lisis. Alat ini menghasilkan tegangan output sebesar 14.3, 19.14, 27.94, 32.00, 38.54, dan 38.85 kV. Sedangkan frekuensi yang digunakan sebesar 8 kHz. Semakin lama waktu dan tegangan keluaran dari sterilisasi menggunakan alat ini maka gas helium yang terionisasi akan semakin meningkat sehingga dapat menurunkan jumlah mikroba sebesar 1 log 10. Selain itu, dengan alat ini mampu memperpanjang umur simpan buah manggis 10 hari lebih lama dibanding metode konvensional. Alat ini dapat menjadi sebuah terobosan teknologi sterilisasi buah manggis yang efektif dan efisien.

**Kata Kunci:** *CAP, Helium, Manggis, Sterilisasi Mikroba*

**Abstract**

Mangosteen fruit (*Garcinia mangostana* Linn) or commonly called "The queen of fruits" is one of the annual fruits that become export commodities in Indonesia. The high number of exports of mangosteen fruit is not followed by good fruit quality. The low quality of Indonesian mangosteen fruit is due to the presence of yellow spots, microbes, and dark skin color. Therefore, it is necessary technology sterilization of mangosteen fruit that effectively kill microbes. The innovations we offer are the Cold Atmospheric Plasma (CAP) microbial sterilization tools that can support the food safety of the mangosteen fruit to be exported. The mechanism of this tool in shutting down microbes is by physically damaging the microbes by utilizing highly reactive ionized helium gas which causes membranes and bacterial cell lysis walls. This tool produces an output voltage of 14.3, 19.14, 27.94, 32.00, 38.54, and 38.85 kV. While the frequency used is 8 kHz. The longer the time and the output voltage from the sterilization using this tool the ionized helium gas will increase so as to reduce the amount of microbes by 1 log 10. In addition, with this tool can extend the shelf life of mangosteen fruit 10 days longer than conventional methods. This tool can be an effective and efficient mangosteen sterilization technology sterilization.

**Keywords:** *CAP, Helium, Mangosteen, Microbial Sterilization*

---

---

## PENDAHULUAN

Buah-buahan merupakan komoditi ekspor non migas Indonesia. Permintaan pasar buah internasional dari tahun ke tahun yang terus meningkat menunjukkan bahwa komoditas buah-buahan dari Indonesia sudah mendapat tempat di pasar internasional. Buah manggis (*Garcinia mangostana* Linn) atau biasa disebut “*The queen of fruits*” merupakan salah satu buah tahunan yang menjadi komoditas ekspor di Indonesia. Ekspor buah manggis pada tahun 2015 sebesar 38,18 ribu ton menjadi penyumbang devisa terbesar dari buah-buahan tahunan dengan nilai US\$ 17.212.084 (Badan Pusat Statistik, 2015). Potensi pasar manggis yang makin meningkat merupakan peluang dan sekaligus menjadi tantangan bagi produsen manggis nasional. Pada sisi lain akan menjadi ancaman apabila produksi manggis nasional tidak mampu bersaing di pasar domestik dan di pasar global.

Beberapa kendala dalam produksi buah manggis adalah nilai jual buah yang disebabkan oleh rendahnya kualitas buah manggis lokal. Nilai jual yang rendah umumnya terjadi disaat musim panen buah berlimpah. Panen produksi buah yang berlimpah menyebabkan ketersediaan buah dipasar melebihi dari kebutuhan konsumen dan sebagian besar buah tidak dapat disimpan dalam jangka waktu yang relatif lama (lebih dari seminggu) (Martias, 2013). Sementara itu persyaratan kualitas ekspor adalah buah bebas dari cemaran getah kuning, kulit buah mulus (bebas atau minimal burik), kelopak utuh dan kesegarannya tahan lama serta tidak ada terkontaminasi semut (Direktorat Jendral Holtikultura, 2012). Kualitas buah Indonesia masih belum bisa bersaing di pasar internasional. Salah satu kendalanya adalah karena komoditi buah yang akan diekspor harus melalui tahapan *x-ray* untuk membunuh penyakit yang ada termasuk akibat lalat buah. Sementara eksportir buah di Indonesia belum memiliki alat untuk melakukan proses sterilisasi tersebut (Putri, 2016).

Salah satu teknologi yang umum digunakan dalam sterilisasi buah yaitu teknologi *Ohmic Heating*. *Ohmic Heating* menggunakan proses pemanasan dimana arus listrik dilewatkan pada bahan pangan, waktu yang digunakan relatif cepat, namun tingkat pemanasannya mudah dipengaruhi oleh perbedaan partikel listrik dan masih menggunakan panas (Knirscha et al, 2010). Oleh karena itu, diperlukan metode yang efektif dalam upaya perlindungan buah yang siap diekspor dengan waktu yang singkat, tidak menggunakan panas, dan memerlukan tegangan yang kecil serta dapat meningkatkan kualitas buah.

Inovasi kreatif yang ditawarkan yaitu dengan menggunakan alat sterilisasi mikroba berbasis (CAP) *Cold Atmospheric Plasma*. Teknologi CAP (*Cold*

*Atmospheric Plasma*) merupakan plasma *non-thermal* yang dihasilkan pada suhu atmosfer yang berkisar antara 30 °C - 60 °C dengan energi yang rendah. Tekanan atmosfer dapat dihasilkan dengan beberapa metode, yaitu *Dielectric Barrier Discharge* (DBD), *Corona Discharge*, dan *Gliding Arc Discharge* (Dey et al., 2016).

CAP (*Cold Atmospheric Plasma*) muncul sebagai teknologi bio-dekontaminasi potensial untuk risiko mikroba dan kimiawi yang terkait dengan produk makanan seperti buah dan sayuran. Dalam dekade terakhir, aplikasinya diperluas kedalam industri makanan sebagai alat yang ampuh untuk pengolahan *non-thermal*, dengan beragam bentuk pemanfaatan. Plasma dingin berfungsi untuk degradasi pestisida dengan tingkat efektivitas 80-90% dan mampu mempertahankan kualitas kritis dari buah dan sayur (Sarangapani, 2017). Dengan adanya efisiensi sterilisasi, maka teknologi ini dapat menggantikan sterilisasi konvensional dengan panas sehingga lebih mempertahankan kualitas antioksidan pada bahan alami yang sensitif panas (De Vito, 2005). Ziuzina dkk. (2014) menemukan bahwa perlakuan stroberi dengan *Cold Plasma* yang dihasilkan oleh waktu pengolahan sistem *Dielectric Barrier Discharge* (DBD) selama 5 menit menghasilkan pengurangan jumlah *L. Monocytogenes* sebesar 4,2 log CFU / sampel. Selanjutnya, penurunan jumlah sel bertahan *E. coli* yang signifikan diamati (-1,35 log MPN / cm<sup>2</sup>, melewati 6,32 (CI95% 5,35-4,64) menjadi 4,97 (CI95% 4,25-5,62) log MPN / cm<sup>2</sup>), untuk perawatan 15 menit. Hasil serupa ditemukan oleh Bermúdez-Aguirre dkk. (2013) yang melaporkan penurunan jumlah *E. coli* 1,5 dan 1,7 log CFU pada selada dan tomat, masing-masing setelah perlakuan plasma minimal 10 menit

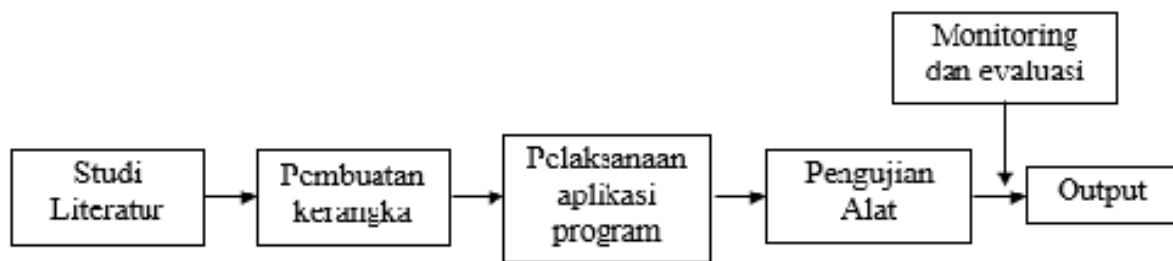
## METODE

### Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Proses pembuatan alat sterilisasi buah manggis ini dilakukan selama 4 bulan, terhitung dari bulan April – Juli 2018. Pembuatan alat ini dilaksanakan di Laboratorium Inovasi Anak Negeri, Laboratorium Tegangan Tinggi, dan Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian Universitas Brawijaya.

### Prosedur Kerja

Prosedur kerja dari proses pembuatan alat ini dimulai dengan studi literatur, dan dilanjutkan dengan pembuatan desain, pembuatan kerangka alat, sistem kontrol, dan diakhiri dengan uji coba alat. Diagram alir prosedur kerja pembuatan alat ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Alir Prosedur Kerja

## Alat dan Bahan

### Alat

Alat yang digunakan untuk pembuatan alat sterilisasi ini yaitu pengaris, obeng, gergaji akrilik, *avometer*, solder, meteran, tang, obeng, kunci pas, pemotong kabel, lem akrilik, kikir, mesin bor, *vacuum gauge* dan peralatan penunjang lainnya.

### Bahan

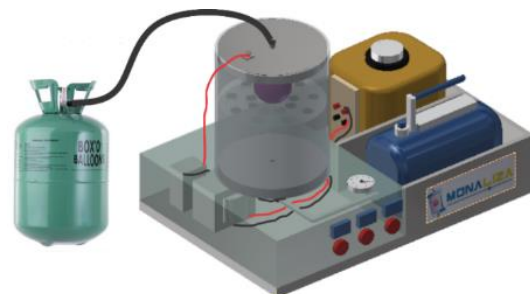
Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan alat ini yaitu buah manggis, akrilik, kabel, *blower*, *driver IC TIMER 555*, *Light Crystal Display (LCD)*, *thermocontrol*, *relay*, saklar, trafo *fly back*, pompa vakum, gas helium, selang, kayu dan bahan penunjang lainnya.

### Desain Alat

Alat sterilisasi ini didesain menggunakan software Autodesk Inventor 2010. Alat sterilisasi ini terdiri dari empat komponen utama, yaitu *box control*; *vacuum treatment chamber*; gas helium; dan pompa vakum. Pada *box control* terdapat dua tombol, yaitu tombol power dan tombol timer. Tombol power berfungsi untuk menyalakan dan mematikan alat. Tombol timer berfungsi untuk menyalakan plasma pada *vacuum treatment chamber*. Pada *box control* juga terdapat temperature kontrol, *display* tegangan *input*, kontrol tegangan *input* dan timer. Temperatur kontrol yang berfungsi menampilkan nilai suhu pada *vacuum treatment chamber*. *Display* tegangan *input* berfungsi untuk menampilkan besarnya tegangan *input* yang digunakan. Kontrol tegangan *input* berfungsi untuk mengatur besarnya tegangan *input* yang digunakan. Sedangkan timer berfungsi sebagai kontrol waktu perlakuan plasma pada *vacuum treatment chamber*. Desain alat sterilisasi dapat dilihat pada Gambar 2.

### Pengujian Alat

Tahap pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja dari alat sterilisasi dan hasil sterilisasi yang dihasilkan. Tahap pengujian meliputi:



Gambar 2. Desain Alat Sterilisasi

### Pengujian Efisiensi Alat Sterilisasi

Efisiensi alat sterilisasi didapatkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

### Pengujian Tegangan Input dan Output Alat Sterilisasi

Pengujian tegangan input dilakukan di Laboratorium Inovasi Anak Negeri Malang dengan menggunakan *voltmeter* yang berada pada alat. Sedangkan pengujian tegangan output dilakukan dengan metode sela bola di Laboratorium Tegangan Tinggi, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Tujuan dari pengujian tegangan output adalah untuk mengetahui tegangan tinggi maksimal yang mampu dihasilkan oleh generator tegangan tinggi alat.

### Pengujian Frekuensi Alat Sterilisasi

Pengujian frekuensi dilakukan dengan menggunakan *oscilloscope* dan dilakukan di Laboratorium Tegangan Tinggi, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

### Pengujian Total Mikroba

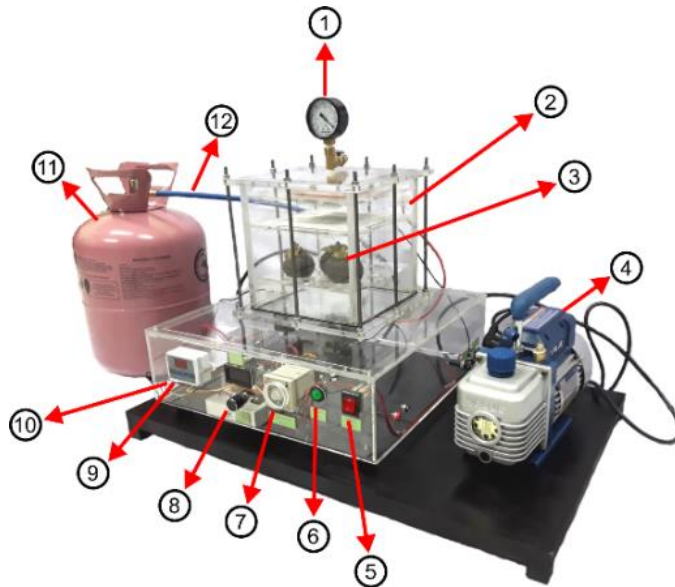
Pengujian total mikroba bertujuan untuk mengetahui jumlah mikroba pada sampel setelah mengalami perlakuan dengan alat sterilisasi. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*). Pengujian ini dilakukan terhadap sampel hasil perlakuan sterilisasi menggunakan alat ini serta dibandingkan dengan sampel yang tanpa diberikan perlakuan sterilisasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perakitan dan Realisasi Alat Sterilisasi Berbasis CAP (*Cold Atmospheric Plasma*)

Perakitan alat sterilisasi dimulai dengan merangkai kerangka alat (terdiri dari; generator tegangan tinggi, ruang plasma, dan pompa vakum) dan membuat sistem kontrol alat. Pada pelaksanaan,

telah ditetapkan desain alat hingga akan mencapai realisasi alat. Dimensi alat lebar 30 cm, tinggi 42 cm, dan panjang 60 cm dengan kapasitas 5 buah manggis. Alat ini terbuat dari bahan akrilik dengan ketebalan 10 mm sehingga mampu bertahan dari tekanan dari luar. Selain itu, dengan bahan akrilik menimbulkan kesan yang estetik dan menarik. Berikut realisasi alat dan bagian-bagiannya dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Keterangan :

1. Vacuum Gauge
2. Vacuum Treatment Chamber
3. Buah Manggis
4. Pompa Vakum
5. Tombol Power
6. Tombol Timer
7. Timer
8. Kontrol Tegangan Input
9. Temperatur Kontrol
10. Box Kontrol
11. Gas Helium
12. Selang

**Gambar 3.** Realisasi Alat Sterilisasi

### Efisiensi Alat Sterilisasi

Pengujian efisiensi dilakukan untuk mengetahui keseimbangan energi *input* dan *output* yang digunakan selama proses sterilisasi. Suhu yang digunakan dalam pengujian adalah 28°C dengan waktu kontrol selama 2 menit menggunakan timer omron H3CR. Sehingga diperoleh data yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Table 1.** Besaran yang digunakan

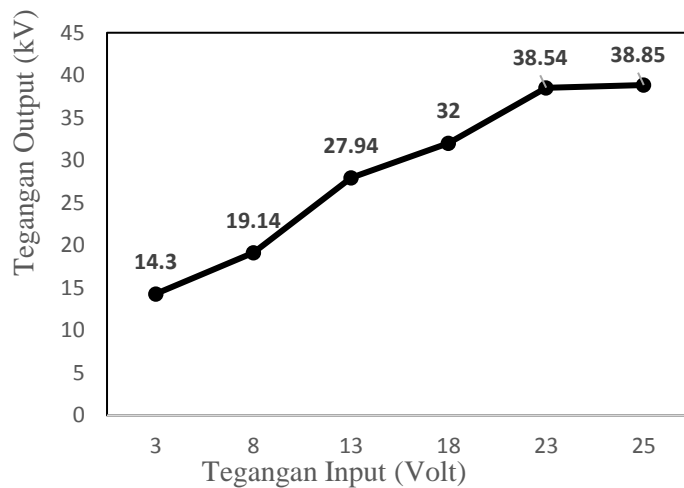
Besaran	Hasil
Suhu (°Celsius)	28
Waktu (Menit)	2
Tegangan (volt)	220
Ein (kkal/hours)	453,9
Eout (kkal/hours)	383,4

Dari data tabel tersebut, dapat dihitung besar efisiensi alat sterilisasi yaitu:

$$\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100\% = \frac{383,4}{453,9} = 84,5\%$$

### Pengujian Tegangan Input dan Output

Pengujian tegangan tinggi (*output*) dilakukan untuk mengetahui besar tegangan output yang dihasilkan, karena pada alat sterilisasi ini hanya tegangan input yang terbaca oleh *display* sehingga diperlukan pengujian tegangan output menggunakan metode sela bola *schwaiger* dengan jarak 2 elektroda berbasis isolator udara lepas dan mesin pengukur tegangan tinggi. Hasil dari pengujian ini didapatkan bahwa alat ini memiliki tegangan output sebesar 14.3 – 38.85 kV. Grafik hasil pengujian tegangan *input* dan *output* dapat dilihat pada **Gambar 4**.

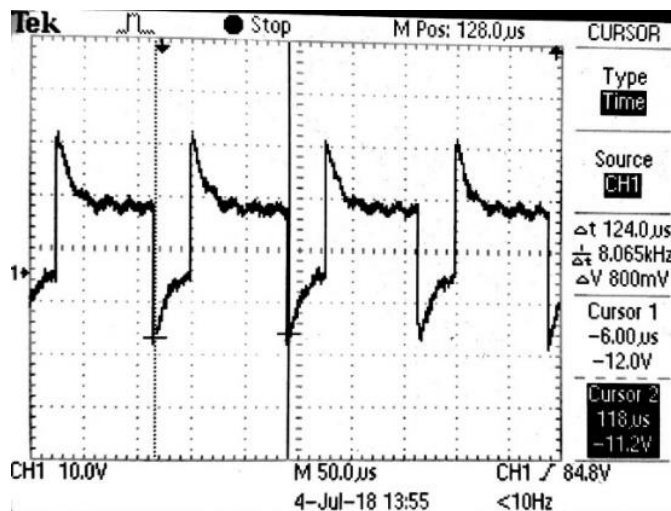


**Gambar 4.** Grafik Hasil Pengujian Tegangan *Input* dan Tegangan *Output*

### Pengujian Frekuensi

Untuk mengetahui jumlah getaran yang terjadi dalam waktu satu detik atau banyaknya gelombang/getaran listrik yang dihasilkan tiap detik pada alat diukur menggunakan alat Osiloskop. Serta dapat dilihat juga lebar pulsa yang dihasilkan alat. Nilai lebar pulsa

sebesar  $124\mu\text{s}$  tersebut sudah sesuai untuk menghasilkan plasma yang sempurna. Sehingga plasma yang dihasilkan stabil dan cepat bereaksi dengan gas helium untuk proses sterilisasi. Hasil pengujian frekuensi dan lebar pulsa alat dapat dilihat pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Hasil Pengujian Frekuensi Alat

### Hasil Pengujian Mikroba

Berdasarkan data pada **Gambar 4** didapatkan tegangan output dan waktu yang optimal untuk sterilisasi yaitu 38.54 kV dan waktu sterilisasi selama 2 menit. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui total mikroba yang hilang setelah mengalami proses sterilisasi dengan alat ini dan pengujian dilakukan dengan metode TPC (*Total Plate Count*). Perbandingan efektivitas jumlah mikroba hasil sterilisasi alat sterilisasi ini dengan konvensional dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Berdasarkan Tabel 2, jumlah mikroba pada peubah koliform, TPC, kapang dan khamir menggunakan

alat sterilisasi menunjukkan tidak terdeteksi pertumbuhannya. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka hasil sterilisasi dengan alat sterilisasi telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia 7388-2009 mengenai batas maksimum cemaran mikroba dalam pangan untuk buah kering, sehingga sterilisasi mampu membunuh mikroba sebesar 80-90 %. Pada data tersebut sterilisasi menggunakan sterilisasi lebih efektif membunuh mikroba dibandingkan dengan metode konvensional.

**Tabel 2.** Perbandingan Efektivitas Jumlah Mikroba Hasil Sterilisasi

Peubah	Jumlah Mikroba		SNI 7388-2009
	Konvensional	Alat sterilisasi (Log <sub>10</sub> cfu/g)	
Koliform	1.9	<1.0	<2.0
TPC	4.6	<1.0	5.0
Kapang	1.2	<1.0	1.5
Khamir	1.2	<1.0	1.5

**KESIMPULAN**

Kesimpulan dari pelaksanaan program ini adalah terciptanya rancang bangun alat sterilisasi berbasis *cold atmospheric plasma* yang memiliki efisiensi sebesar 84,5%, memiliki range tegangan *output* yang mampu dihasilkan sebesar 14.3 – 38.85 kV dengan frekuensi 8 kHz. Serta dengan menggunakan alat sterilisasi ini mampu membunuh mikroba sebesar 80-90%. Sehingga, alat sterilisasi berbasis *cold atmospheric plasma* merupakan alat sterilisasi yang mampu meningkatkan kualitas buah manggis secara efektif, efisien, dan ekonomis.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Pusat Statistik. 2015. *Statistik Tanaman Buah-buahan dan Sayuran Tahunan Indonesia 2015*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Republik Indonesia
- De Vito, F. 2005. *Application of Pulsed Electric Field (PEF) Techniques in Food Processing*. Department of Chemical and Food Engineering. Fisciano SA: University of Salerno
- Dey, A., Rasan, P., Choudhury, A., Singh, J., Maisnam, D., Rasane, P. 2016. *Cold Plasma Processing: A Review*. Journal of Chemical and Pharmaceutical Science, Vol. 9 (4), 2980-2984
- Direktorat Jenderal Hortikultura. 2012. *Volume Ekspor Komoditas Buah-buahan di Indonesia*. <http://www.hortikultura.deptan.go.id> [diakses 25 Oktober 2017]
- Knirscha M. C., Carolina A. S., Anto'nio Augusto M., and Thereza C. V. 2010. *Ohmic Heating - a Review*. Food Science & Technology 21 (2010) 436-441
- Martias, dan Elina Mansyah. 2013. *Penguatan Daya Saing Manggis di Pasar Domestik dan Global*. Jakarta: Litbang Pertanian
- Putri, Melisa Riska. 2016. *Kualitas Jadi Kendala Ekspor Buah Indonesia* (artikel). Jakarta: Republika  
<http://www.republika.co.id/berita/ekonomi/makro> [diakses 24 Oktober 2017]
- Sarangapani, Chaitanya et al. 2017. *Atmospheric Cold Plasma Dissipation Efficiency of Agrochemicals on Blueberries*. Innovative Food Science and Emerging Technologies, Pages 7
- Ziuzina D., Patil S., Cullen P. J., Keener K. M., & Bourke P, (2014). *Atmospheric cold plasma inactivation of Escherichia coli, Salmonella enterica serovar Typhimurium and Listeria monocytogenes inoculated on fresh produce*. Food Microbiology, 42, 109-116. 2014