

Rancang Bangun *Pulsed Electric Field* Sistem Batch dengan Konfigurasi Elektroda Berjenis *Co-Axial*

Dwi Setiawan*, Bambang Dwi Argo, Sumardi Hadi Sumarlan

Jurusan Keteknikan Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145

*Penulis Korespondensi, Email: 0911020038@mail.ub.ac.id

ABSTRAK

Pengolahan pangan bertujuan untuk menjadikan bahan pangan siap dikonsumsi, meningkatkan kualitas dan umur simpan dengan cara membunuh bakteri patogen. Namun dalam pengolahan pangan perlu memperhatikan aspek gizinya. Zat gizi yang terkandung dalam bahan pangan akan rusak pada sebagian besar proses pengolahan karena sensitif terhadap pH, oksigen, sinar dan panas atau kombinasi diantaranya. PEF merupakan salah satu teknologi pengolahan pangan tanpa melibatkan proses *thermal*. Rancang bangun PEF telah berhasil dibuat dan dapat berfungsi dengan baik. Hasil pengujian tegangan keluaran pada PEF mencapai 20.25 kV. Sedangkan bentuk gelombang dari PEF ini ialah gelombang kotak, dengan frekuensi kerja 3 kHz, dan mempunyai lebar pulsa 160 μ s.

Kata kunci: Tegangan keluaran, gelombang kotak, transformator *high voltage*

Design of Pulsed Electric Field Batch System with Co-Axial Electrode Configuration

ABSTRACT

Food processing aims to make food ready for consumption, improve the quality and shelf life by killing bacteria pathogen. However, in food processing needs to consider nutritional aspects. Nutrients contained in food processing will be damaged due to pH, oxygen, light and heat or a combination of them. PEF is one of the food processing technology without involving the thermal process. Design of PEF has been successfully created and can function properly. Test results on the output voltage reaches 20.25 PEF kV. While the waveform of the PEF is a square wave, with a frequency of 3 kHz working, and having a pulse width of 160 microseconds.

Keywords: Voltage output, square wave, high voltage transformer

PENDAHULUAN

Pengolahan pangan merupakan hal yang penting untuk dilakukan, selain bertujuan untuk menjadikan bahan pangan siap dikonsumsi juga digunakan untuk meningkatkan kualitas dan umur simpan dengan cara membunuh bakteri patogen. Namun hal yang sering terabaikan dalam proses pengolahan pangan ialah terdegradasinya kandungan gizi pada bahan pangan. Rusaknya kandungan gizi pada bahan pangan ini umumnya dikarenakan pengolahan bahan pangan dengan menggunakan proses *thermal* (Haris dan Karmas, 1998).

Salah satu teknologi terbaru dan belum begitu familiar di Indonesia pada bidang pengolahan pangan tanpa melibatkan proses *thermal* ialah dengan menggunakan *Pulsed Electric Field* (PEF). Proses PEF didasarkan pada aplikasi denyut pendek pada tegangan tinggi ke bahan pangan yang ditempatkan diantara dua elektroda. Prosesnya sangat singkat berkisar antara satu mikrodetik sampai satu milidetik dengan pulsa yang pendek. PEF banyak diaplikasikan pada bahan yang berbentuk cair, walaupun akhir – akhir ini penggunaan PEF sudah meluas pada bahan padat seperti halnya proses *pretreatment* pada daun minyak atsiri (Torregrosa *et al.*, 2005). Selain itu teknologi PEF dapat digunakan untuk meningkatkan rendeman dalam produksi jus buah, mempercepat transfer air selama operasi pengeringan, serta meningkatkan ekstraksi senyawa berharga (seperti antioksidan, pewarna atau rasa) dari bagian dalam dari sel (Knoor *et al.*, 2001; Vorobiev dan Lebovka, 2008; Donsi dan Giovana, 2010). Selain itu PEF juga dapat memperpanjang masa simpan dengan tetap mempertahankan sifat fisik, kimia dan sifat sensori makanan (Janositz *et al.*, 2010).

Melihat begitu pentingnya penggunaan PEF, sehingga perlu dilakukan sebuah rancang bangun PEF sistem *batch* dengan konfigurasi elektroda berjenis *Co-Axial*. Pemilihan konfigurasi jenis *Co-Axial* ini mengacu pada pendapat (Topfl, 2006) bahwa konfigurasi letak dari elektroda yang berdasarkan *coaxial treatment chamber* dimungkinkan akan menghasilkan tegangan yang lebih merata dan intensitas lebih besar dari pada konfigurasi secara paralel. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan rancang bangun PEF dengan tegangan keluaran maksimal mencapai 20 kV, dengan bentuk gelombang kotak berfrekuensi 3 kHz.

METODE PENELITIAN

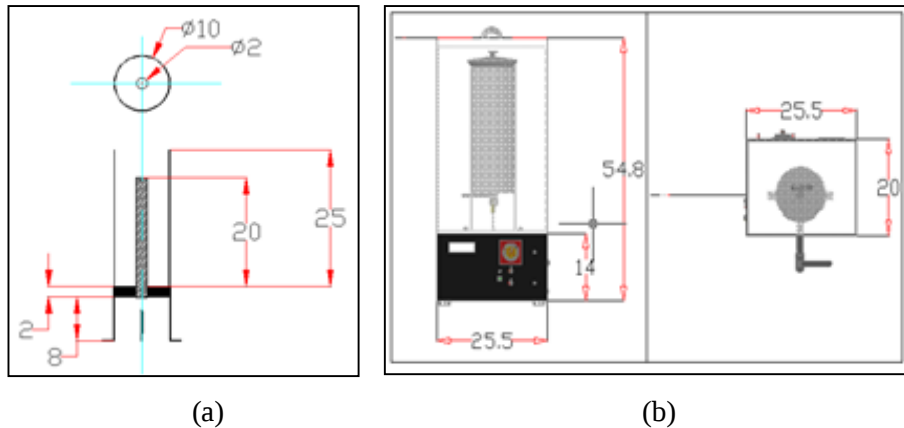
Alat dan Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam perancangan ini adalah logam SS 316, mika akrilik, komponen elektronika (resistor, transistor, kapasitor, PCB), transformator *High Voltage*, *display*, potensiometer, kran *output*, serta bahan pelengkap lainnya. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah mesin roll, pemotong, oscilloskop Tektronix TDS 1012 B, multimeter Sanwa D800A, solder, obeng, serta peralatan pelengkap lainnya.

Metode Penelitian

Sesuai dengan pendekatan desain yang dijadikan landasan teoritik, rancang bangun mesin PEF ini terdiri dari dua komponen utama yaitu: (1) *Treatment chamber* sebagai tempat perlakuan (2) Pembangkit pulsa tegangan tinggi.

Treatment chamber terbuat dari tabung logam stainless steel 316 yang bersifat *food grade*. Pemilihan konfigurasi letak dari elektroda mengacu pada jenis *coaxial*. Konfigurasi letak dari elektroda yang berdasarkan *coaxial treatment chamber* dimungkinkan akan menghasilkan tegangan yang lebih merata dan intensitas lebih besar dari pada konfigurasi secara paralel. Selain itu sistem *batch* juga cocok digunakan pada skala laboratorium, karena hanya memerlukan media perlakuan dengan volume yang kecil, dan suhu perlakuan mudah untuk dipertahankan (Topfl, 2006). Dimensi gambar rancangan dari PEF yang mempunyai volume total 1900 ml, ditunjukkan pada Gambar 1.

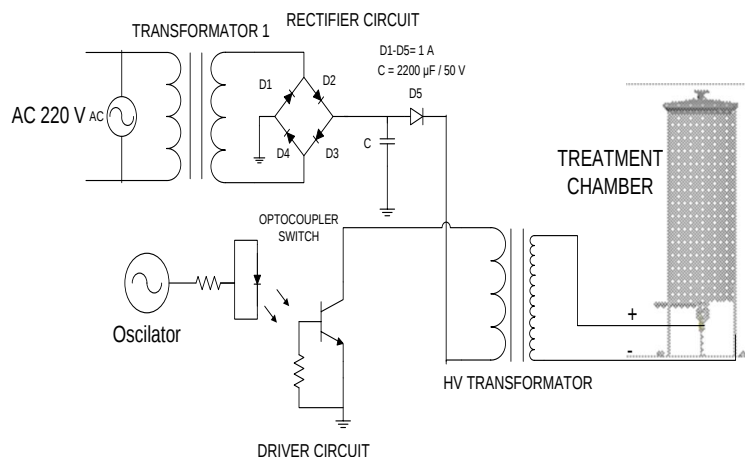


Gambar 1. (a) Dimensi *Treatment Chamber* PEF, (b) Dimensi PEF secara Keseluruhan

Generator pembangkit pulsa tegangan tinggi merupakan bagian yang sangat vital dari PEF. Secara garis besar perancangan pembangkit pulsa tegangan tinggi pada PEF ini terdiri atas empat rangkaian :

1. Rangkaian penyearah. Rangkaian ini diperlukan untuk memberikan catu daya DC terhadap komponen-komponen elektronika yang lainnya.
2. Rangkaian pembangkit pulsa (*Oscillator*). Rangkaian ini berupa rangkaian pembangkit pulsa, dengan frekuensi kerja maks. 3 kHz yang menggunakan IC UPC 1379C sebagai timernya.
3. Rangkaian Kemudi (*Driver*). Rangkaian ini digunakan untuk mengendalikan arus dan frekuensi keluaran dari rangkaian oscilator. Arus dan frekuensi ini digunakan untuk membangkitkan tegangan tinggi pada transformator *high voltage*.
4. Rangkaian pembangkit tegangan tinggi. Rangkaian ini menggunakan transformator *high voltage* sebagai komponennya.

Skema rangkaian pembangkit pulsa tegangan tinggi disajikan pada Gambar 2.



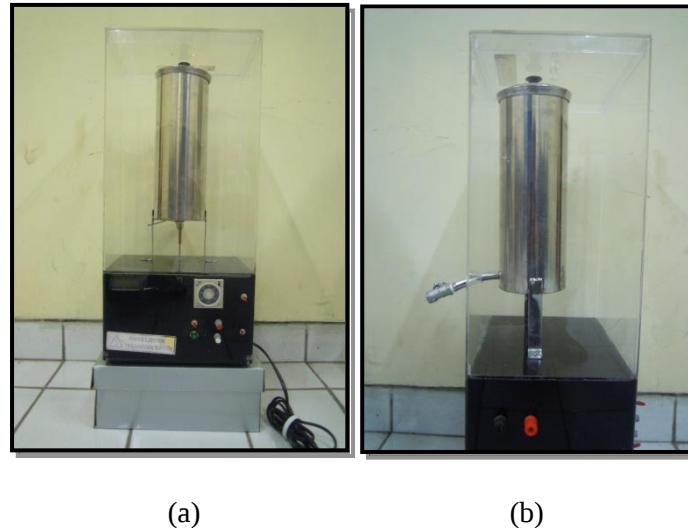
Gambar 2. Rangkaian Pembangkit Pulsa Tegangan Tinggi

Setelah PEF terbentuk, dilakukan pengujian terhadap tegangan keluaran, dan frekuensi. Pengujian tegangan keluaran dilakukan dengan metode sela bola schwaiger. Sedangkan untuk frekuensi dilihat dengan menggunakan oscilloskop Tektronix TDS 1012 B..

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi PEF Hasil Rancangan

Secara struktural PEF telah berhasil dibuat. Bila ditinjau dari *treatment chamber*-nya PEF ini mempunyai jenis konfigurasi elektroda bertipe koaksial. Konfigurasi letak dari elektroda yang berdasarkan *coaxial treatment chamber* dimungkinkan akan menghasilkan tegangan yang lebih merata dan intensitas lebih besar dari pada konfigurasi secara paralel (Topfl, 2006). Gambar struktural PEF secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 3.

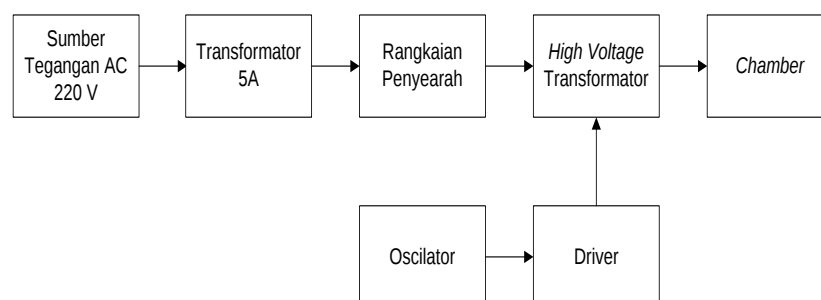


Gambar 3. (a) PEF Tampak Depan, (b) PEF Tampak Samping
(Setiawan, 2013)

Pada bagian kontrol panel dari PEF tersebut terdapat pengatur besar tegangan input, frekuensi, on/off, serta pengatur waktu lama proses yang bersifat otomatis.

Prinsip Kerja Pembangkit Tegangan Tinggi

Prinsip kerja dari PEF ini yang pertama ialah sumber tegangan AC masuk ke transformator pertama yang berarus 5 A, yang digunakan untuk menurunkan tegangan. Setelah itu masuk pada rangkaian penyearah dengan nilai *output* 50 volt. Kemudian dihubungkan ke sisi tegangan rendah dari transformator *high voltage*. Hal ini dilakukan untuk membangkitkan induksi agar menimbulkan *output* tegangan tinggi. Arus DC yang keluar dari rangkaian penyearah juga digunakan untuk mencatu rangkaian *oscilator* dan rangkaian *driver*. Rangkaian *oscilator* ini berfungsi untuk menghasilkan pulsa. Pulsa yang telah dihasilkan dari rangkaian *oscilator* ini dikendalikan serta diperkuat lagi dengan rangkaian *driver*. Hasil penguatan pulsa ini nantinya akan masuk pada transformator *High Voltage*. Blok diagram pembangkit pulsa tegangan tinggi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Prinsip Kerja Pembangkit Tegangan Tinggi PEF

Setelah tegangan tinggi berpulsa terbentuk, selanjutnya disalurkan pada penembak tegangan tinggi. Penembak tegangan tinggi ini berfungsi untuk menyalurkan tegangan tinggi ke bahan. Pada bagian anoda ini diberi jarak terhadap katoda, karena untuk menghindari adanya *short*.

Hasil Pengujian Tegangan Keluaran

Tegangan tinggi yang dihasilkan dari transformator *High Voltage* tidak bisa langsung dibaca pada *display*. Hal ini dikarenakan tegangan yang terlalu tinggi dapat merusak komponen elektronika seperti *display*. Sehingga untuk mengetahui besarnya tegangan keluaran sesungguhnya maka dilakukan pengujian tegangan keluaran dengan metode sela bola. Tabel hasil pengujian tegangan keluaran ditunjukkan pada Tabel 1.

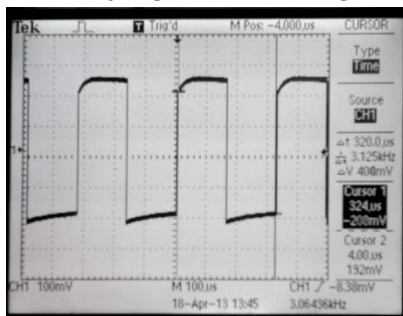
Tabel 1. Data Pengujian Tegangan Keluaran PEF

Input Voltage (V)	Output Voltage (kV)
2	6,00
2,89	8,00
3,87	10,00
4,32	12,00
4,95	14,00
5,56	16,00
6,12	18,00
6,96	20,00
8	20,13
10	20,25

Dari data tersebut terlihat bahwa semakin besar tegangan input yang diberikan maka tegangan keluarannya juga semakin besar. Kuat medan listrik yang diberikan pada pengolahan dengan *Pulsed electric field* akan menentukan besarnya pembentukan pori pada membran sel. Shamsi dan Sherkat (2009) mengemukakan bahwa hal itu disebabkan karena ketika sebuah sel terpapar oleh medan listrik, muatan yang ada dipermukaan membran saling tarik menarik satu sama lain karena perbedaan muatan (- dan +) yang disebabkan tekanan sehingga menghasilkan penurunan selaput membran. Penurunan ketebalan selaput akibat peningkatan kuat medan dapat mengakibatkan pembentukan pori yang lebih besar.

Frekuensi dan Lebar Pulsa

Setelah dilakukan pengujian frekuensi dengan osiloskop Tektronix TDS 1012 B dihasilkan bahwa gelombang pulsa dari PEF berbentuk kotak, dengan frekuensi kerja 3 kHz. Dari pengujian tersebut dapat diketahui pula bahwa besarnya lebar pulsa dari PEF ini ialah 160 μ s. Besarnya frekuensi perlu diketahui karena berpengaruh pada intensitas pemberian kejut. Menurut Tarigan (2009) semakin besar frekuensi dan tegangan keluaran yang diberikan pada sebuah membran sel dari nematoda maka tingkat kerusakan pada membran juga akan semakin besar. Bentuk gelombang dari PEF yang telah dirancang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Bentuk Gelombang Hasil Pengujian PEF dengan Osiloskop

Menurut Topfl (2006), bentuk gelombang pulsa pada PEF pada umumnya terbagi menjadi dua yaitu *exponential decay* dan kotak. Gelombang *exponential decay* adalah sebuah tegangan searah yang naik secara cepat pada nilai maksimum dan turun pelan - pelan menuju angka nol dan memiliki kuat medan listrik yang rendah. Sedangkan gelombang pulsa kotak memiliki kuat medan tegangan kritis untuk periode waktu yang lebih lama sehingga lebih efisien energi dan lebih mematikan (bakteri) dari pada gelombang *exponential decay*.

KESIMPULAN

Pulsed Electric Field sistem *batch* dengan konfigurasi elektroda berjenis *Co-Axial* telah berhasil dibuat dan dapat berfungsi dengan baik. Nilai tegangan keluaran terbesar mencapai 20,25 kV. Sedangkan bentuk gelombang dari PEF ini ialah gelombang kotak, dengan frekuensi kerja 3 kHz

DAFTAR PUSTAKA

- Donsi, F dan Giovana F. 2010. Applications of Pulsed Electric Field Treatments for the Enhancement of Mass Transfer from Vegetable Tissue. *Journal of Food Eng. Rev.* Vol.2 :109–130.
- Harris RS dan Karmas E. 1988. Nutritional Evaluation of Food Processing. Third Edition, AVI Publ., Westport.
- Janositz A., A.-K. Noack, D. Knorr. 2011. Pulsed electric fields and their impact on the diffusion characteristics of potato slices. *LWT - Food Science and Technology* 44. (2011) 1939e1945.
- Knorr, D., Angersbach A., Eshtiaghi M.N., Heinz V., Dong-Un Lee D.U. 2001. *Processing Concepts Based On High Intensity Electric field Pulses*. Trends Food Sci. Technologi. 12:129–135.
- Setiawan, D. 2013. Rancang Bangun dan Aplikasi *Pulsed Electric Field* tipe *Batch* pada Ekstraksi Total Karoten Jus Wortel. Skripsi. FTP-UB. Malang.
- Shamsi, K. dan Sherkat, F. 2009. Application of Pulsed Electric Field In Non-Thermal Processing of Milk. *Asian J. Food Ag-Ind.* 2(03), 216-244.
- Topfl, S. 2006. *Pulsed Electric Fields (PEF) for Permeabilization of Cell Membranes in Food- and Bioprocessing – Applications, Process and Equipment Design and Cost Analysis*. Disetasi. Fakultas Ilmu proses. University of Technology, Berlin. Jerman.
- Torregrosa, F., C. Cortes, M. Esteve, A. Frigola. 2005. *Effect of High-Intensity Pulsed Electric Fields Processing and Conventional Heat Treatment on Orange–Carrot Juice Carotenoids*. J. Agric. Food Chem. 2005, 53, 9519–9525.
- Vorobiev, dan N. Lebovka. 2008. *Electrotechnologies for Extraction from Food Plants and Biomaterials*, DOI: 10.1007/978-0-387-79374-0 2, C_Springer Science+Business Media, LLC.