



Efek perlakuan awal dengan *pulsed elektrik field* (PEF) terhadap kualitas ekstrak cabe jamu (*Piper retrofractum* Vahl.)

Askur Rahman*, Hamzah Fansuri, Banun Diyah Probowati, Agus Miftah Mutolip Sa'diyah

Teknologi Industri Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura, Bangkalan, Indonesia

Article history

Diterima:

24 Februari 2023

Diperbaiki:

17 April 2023

Disetujui:

26 Mei 2023

Keyword

cabe jamu;

extraction;

pef;

piperine.

ABSTRACT

Piper retrofractum Vahl. have the potential to be developed into standardized medicinal ingredients. However, the extraction process of the active compounds in *Piper retrofractum* Vahl. needs further exploration to get the right method. This is necessary because previous studies state that conventional extraction requires a long time, while modern extraction technology has the disadvantage of being difficult to apply in society. Therefore the aim of this study was to obtain the PEF pre-treatment conditions in the extraction process which affected the quality of the *Piper retrofractum* Vahl. extract obtained. The stages in this study included the pre-treatment of *Piper retrofractum* Vahl. with PEF at a voltage ($T_1 = 5000$, $T_2 = 5000$, and $T_3 = 6000$ volt) and an exposure time ($W_1 = 240$ and $W_2 = 480$ seconds), and was macerated using 96% ethanol solvent. The results of *Piper retrofractum* Vahl. extract with PEF pre-treatment produced a thick extract, dark brown color, characteristic odor, and spicy taste with a yield of $10.64 \pm 1.67\%$, water content $6.30 \pm 0.18\%$, total ash content $0.14 \pm 0.03\%$, acid insoluble ash content $0.25 \pm 0.01\%$, essential oil content $3.00 \pm 0.00\%$ and piperine content of $40.38 \pm 2.44\%$.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email : askurrahman@trunojoyo.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v17i4.19163

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi keanekaragaman hayati yang melimpah. Keragaman hayati yang melimpah membuat Indonesia memiliki berbagai ragam tanaman. Termasuk tanaman yang berpotensi untuk kesehatan atau sebagai sediaan obat. Menurut Elfahmi *et al.* (2014) mengungkapkan luas hutan tropis Indonesia mencakup sekitar 143 juta hektare dan merupakan rumah bagi sekitar 80% tanaman obat di dunia. Diperkirakan hutan tropis Indonesia mengandung 28.000 jenis tumbuhan. Diperkirakan 2.500 spesies dengan potensi obat di hutan Indonesia. Salah satu tanaman obat yang asli Indonesia adalah cabe jamu (*Piper retrofractum* Vahl.).

Cabe jamu memiliki berbagai aplikasi dalam pengobatan tradisional di Asia Tenggara. Buah yang belum matang dan buah matang digunakan sebagai bumbu dan obat. Di Indonesia, buah cabe jamu digunakan sebagai anti-flatulen, *expectorant*, antitusif, antijamur, dan obat peningkat selera makan dalam pengobatan tradisional. Cabe jamu merupakan bahan penting dalam berbagai formulasi jamu (obat tradisional Indonesia), sehingga disebut cabe jamu (Lim 2012). Sumber lain menyebutkan bahwa cabe jamu bermanfaat sebagai antioksidan, antidiabetes (Luyen *et al.* 2014), hepatoprotektif, gastroprotektif (Lim 2012), antikanker (Hasan *et al.* 2016), antiobesitas (Kim *et al.* 2011), antileishmanial (Bodiwala *et al.* 2007), aktivitas larvasida (Chansang *et al.* 2005) dan afrodisiak (Wahjoedi *et al.* 2004, Rahardjo 2010, Muslichah 2011).

Kandungan senyawa aktif (*piperin*) dapat diambil dari buah cabe jamu dengan metode ekstraksi. Beberapa metode ekstraksi yang banyak dikenal cara konvensional (macerasi, soxhletasi, refluks) dan modern (Ekstraksi dengan karbondioksida superkritis, *microwave*, sonikator). Metode ekstraksi pada *Piper sp.* banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya misalnya macerasi (De Souza Grinevicius *et al.* 2016, Grinevicius *et al.* 2017, Wang *et al.* 2017), soxhletasi (Sivaraj *et al.* 2018), refluks (Zarai *et al.* 2013, Bui *et al.* 2017) dan karbondioksida superkritis (Conde-Hernández *et al.* 2017, Grinevicius *et al.* 2017, Wang *et al.* 2017). Metode yang paling sering diaplikasikan adalah metode macerasi, hal ini disebabkan karena metode ini memiliki beberapa kelebihan yaitu menggunakan

pemanas yang tidak bisa merusak bahan aktif dalam sel serta hanya membutuhkan sedikit pelarut. Namun kelemahannya membutuhkan waktu yang sangat lama. Teknik ekstraksi berbantu ultrasonic, gelombang mikro, dan karbondioksida superkritis merupakan beberapa metode yang selama ini banyak diteliti sebagai metode perbaikan proses ekstraksi karena metode-metode tersebut memiliki kelebihan waktu proses yang lebih cepat. Akan tetapi, dikarenakan aplikasinya di industri yang masih menghadapi hambatan maka hingga saat ini metode ekstraksi belum dapat diaplikasikan secara komersial.

Salah satu metode ekstraksi yang modern adalah ekstraksi berbantuan medan listrik berpulsa atau *Pulsed Electric Field Extraction*. Senyawa aktif dalam sel diperoleh dengan meningkatkan porositasnya, dirusak atau dipecahkan dinding sel tanaman (Sukardi 2016). Penerapan medan listrik berpulsa (*Pulsed Electric Field/PEF*) untuk memecah dinding sel atau jaringan tanaman, akan menyebabkan kerusakan yang relatif kecil sehingga dapat diaplikasikan pada ekstraksi selektif komponen sel (Soliva-fortuny *et al.* 2009). Ekstraksi berbantuan medan listrik berdenyut (*PEF Extraction*) banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya misalnya ekstraksi senyawa betalin pada umbi bit (*B. vulgaris*) (Fincan *et al.* 2004), fitosterol pada jagung dan isoflavonoid dari kedelai (Guderjan *et al.* 2005), polifenol dan tokoferol pada repeseed (Guderjan *et al.* 2007), antosianin pada kentang ungu (Puértolas *et al.* 2013), alkaloid steroid pada kulit kentang (Hossain *et al.* 2015), γ -oryzanol, polyphenols dan asam fenolat pada beras coklat (Quagliarriello *et al.* 2016), antioksidan dari kulit manga (Parniakov *et al.* 2016), C-phycoyanin dari *Arthrospira platensis* (Martínez *et al.* 2017), minyak atsiri dari daun nilam (Sukardi *et al.* 2017), polifenol dari buah jeruk (Kantar *et al.* 2018), anthocyanin, glukosida cyanidin, polifenol (Sotelo *et al.* 2018). Selain memiliki tingkat efisiensi yang tinggi, aplikasi PEF juga dapat meningkatkan mutu produk industri (Donsi *et al.* 2010). Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek perlakuan awal *PEF* pada proses ekstraksi terhadap kualitas ekstrak cabe jamu yang diperoleh.

METODE

Bahan dan Peralatan

Buah cabe jamu segar yang diperoleh dari petani cabe jamu Kecamatan Kadur Kabupaten

Pamekasan dengan umur panen 90 hari, standar piperin (Sigma-Aldrich), etanol 95% (Merck), etanol 90% (Merck), HCl (Merck), Kloroform P (Merck), Eter P (Merck), Bouchardat LP (Merck), Mayer LP (Merck), Amonia Pekat P (Merck), Natrium sulfat anhidrat P (Merck), dan akuades merupakan bahan-bahan yang digunakan. Peralatan yang digunakan yaitu erlenmeyer, gelas beker, gelas ukur, pengaduk magnetik, timbangan analitik (Thermo Fisher Scientific), evaporator vakum putar (Buchi R250), *cabinet dyer*, dan kromatografi densitometer (CAMAG TLC-Scanner 4).

Ekstraksi piperin dari cabe jamu dengan PEF

Cabe jawa basah dikeringkan dengan menggunakan *cabinet dyer* pada suhu 40°C selama 12 jam. Cabe jamu kering dilakukan pengecilan ukuran sampai lolos ukuran 40 mesh. Serbuk cabe jamu disimpan pada suhu 4°C sampai sampel digunakan. Proses ekstraksi *piperin* dengan *PEF Extraction* mengacu pada metode Sukardi *et al.* (2015) yang dimodifikasi khususnya tegangan dan waktu. Buah cabe jawa kering diambil sebanyak 50 g. Buah cabe jawa dimasukkan ke dalam *chamber* pada alat PEF. Penelitian dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan faktor tegangan listrik (T) dan waktu paparan (W). Buah cabe jawa diperlakukan dengan *PEF* pada tegangan listrik (T1: 4000 volt, T2: 5000 volt, dan T3: 6000 volt), waktu paparan PEF (W1: 240 detik dan W2: 480 detik) dan frekuensi 3000 Hz. Semua perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Selanjutnya, sampel dimaserasi selama 24 jam menggunakan etanol 96% dengan perbandingan cabe jamu dengan pelarut 1:5.

Uji Identitas Ekstrak Cabe Jamu

Pengujian identitas ekstrak cabe jamu dilakukan dengan menggunakan organoleptik yang meliputi bentuk ekstrak, warna, bau dan rasa. Parameter tersebut mengacu pada standart Farmakope Herbal Indonesia (Kementerian Kesehatan RI 2017).

Rendemen Total Ekstraksi

Cabe Jamu ditimbang 50 g sebelum dilakukan proses ekstraksi, kemudian ditimbang berat hasil ekstraksi. Kemudian dihitung persen rendemen dengan membandingkan berat hasil ekstraksi dengan berat sampel awal.

Kadar Air Ekstrak Cabe Jamu

Pengujian kadar air pada ekstrak cabe jamu mengacu pada metode Farmekope Herbal Indonesia (Kementerian Kesehatan RI 2017). Ekstrak cabe jawa seberat 10 g dimasukkan ke dalam wadah yang telah ditimbang dan dikeringkan pada suhu 105°C selama 5 jam sebelum ditimbang kembali. Proses pengeringan dilanjutkan dan ditimbang pada selang waktu 1 jam hingga selisih diantara dua penimbangan maksimal 0,25%.

Kadar Abu Total Ekstrak Cabe Jamu

Pengujian kadar abu total pada ekstrak cabe jamu mengacu pada metode Farmekope Herbal Indonesia (Kementerian Kesehatan RI 2017). Ekstrak cabe jamu seberat 2 gram dimasukkan kedalam cawan silikat yang telah dipijar dan ditimbang, kemudian dipijar perlahan-lahan hingga arang habis, kemudian di dinginkan dan ditimbang kembali. Kadar abu total dihitung berdasarkan berat bahan uji yang dinyatakan dalam % b/b.

Kadar Abu tidak Larut Asam Ekstrak Cabe Jamu

Pengujian kadar abu tidak larut asam pada ekstrak cabe jamu mengacu pada metode Farmekope Herbal Indonesia (Kementerian Kesehatan RI 2017). Dicampurkan 25ml HCl (asam klorida) encer LP dengan abu yang diperoleh pada penetapan kadar abu total dan didihkan selama 5 menit. Selanjutnya, sisa abu yang tidak larut dalam asam, dikumpulkan, disaring, dan dibilas dengan *hot water*, dipijarkan dalam cawan sampai massa konstan di temperatur 800±25°C. Berat bahan uji digunakan sebagai parameter untuk mengukur kadar abu tidak larut dalam asam dan hasilnya dinyatakan dalam satuan % b/b.

Kadar Minyak Atsiri Ekstrak Cabe Jamu

Pengujian kadar abu tidak larut asam pada ekstrak cabe jamu mengacu pada metode Farmekope Herbal Indonesia ((Kementerian Kesehatan RI 2017). Ekstrak cabe jamu seberat 2 g dimasukkan kedalam labu berukuran 1 liter, kemudian ditambahkan 200 ml hingga 300 ml *aquadest*, disambungkan labu tersebut dengan *condenser* dan buret berskala. Berikutnya, ditambahkan 0,2 ml xylene ke dalam buret. Larutan campuran dipanaskan untuk mendapatkan minyak atsiri. Proses pemanasan ini disebut dengan proses penyulingan. Setelah proses penyulingan selesai, diamkan selama minimal 15

menit, kemudian dicatat volume minyak atsiri pada buret. Kadar minyak atsiri dihitung dalam satuan % v/b.

Kadar Piperin Ekstrak Cabe Jamu

Pengujian kadar abu tidak larut asam pada ekstrak cabe jamu mengacu pada metode Farmakope Herbal Indonesia ((Kementerian Kesehatan RI 2017). Didalam tabung reaksi, ekstrak cabe jamu seberat 50 mg dilarutkan dalam 25 ml etanol P. Kemudian larutan disaring ke dalam labu berukuran 50 ml dan dibilas menggunakan etanol P, lalu ditambahkan etanol P sampai tanda batas. Disiapkan larutan standart piperin dengan konsentrasi 0,1% dalam etanol P. Kemudian dibuat larutan pengenceran perbandingan yang berseri sampai didapat kadar dengan konsentrasi mendekati konsentrasi larutan uji. Sampel uji ditotolkan masing-masing 5 µl larutan uji dan seri larutan perbandingan pada lempeng silika gel 60 F₂₅₄ secara terpisah, kemudian diobservasi dengan fase gerak n-Heksan, P-diklorometan, P-etil asetat, pada perbandingan 20:30:10. Serapan diukur pada panjang gelombang serapan maksimum lebih

kurang 366 nm. Persentase piperin dihitung dalam ekstrak cabe jamu dengan kurva baku.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identitas Ekstrak Cabe Jamu

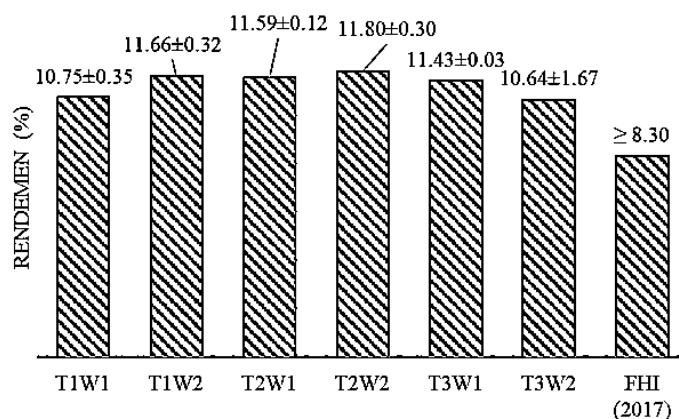
Hasil ekstraksi cabe jamu dengan perlakuan pendahuan PEF menunjukkan bentuk ekstrak kental, warna coklat tua, bau khas cabe jamu dan memiliki rasa pedas. Hasil penelitian ini sama dengan karakteristik ekstrak standar Farmakope Herbal Indonesia (Kementerian Kesehatan RI 2017). Hasil identifikasi ekstrak cabe jamu dengan perlakuan PEF dapat dilihat pada Tabel 1.

Rendemen

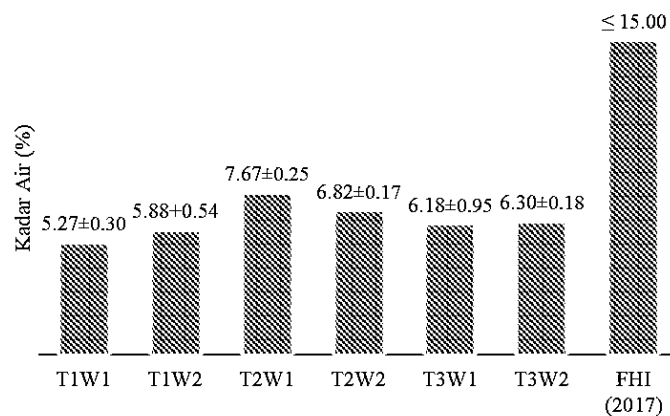
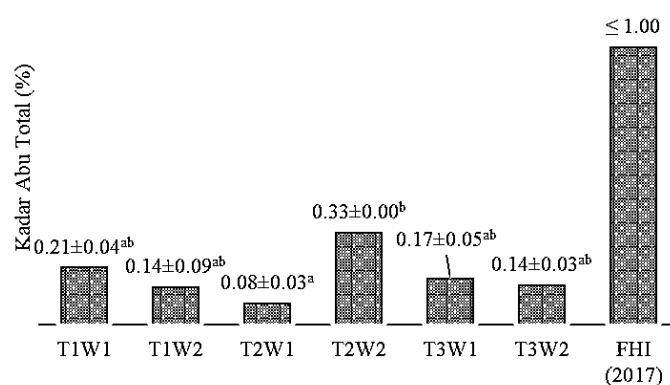
Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin dinaikkan tegangan dan waktu paparan PEF menunjukkan ada kecenderungan semakin meningkat nilai rendemen. Nilai tertinggi rendemen yang dihasilkan yaitu $11,80 \pm 0,30\%$ dengan perlakuan tegangan 5000 Volt dan waktu paparan 480 detik (Gambar 1). Hasil ekstrak cabe jamu sudah memenuhi standar Farmakope Herbal Indonesia karena nilai rendemen berada di atas 8,30%.

Tabel 1 Identitas ekstrak cabe jamu dengan perlakuan awal PEF

No	Identitas	Keterangan
1	Ekstrak	Kental
2	Warna	Cokelat tua
3	Bau	Khas
4	Rasa	Pedas



Gambar 1 Nilai rendemen ekstrak cabe jamu dengan pretreatment PEF

Gambar 2 Kadar air ekstrak cabe jamu dengan *pretreatment* PEFGambar 3 Kadar abu total ekstrak cabe jamu dengan *pretreatment* PEF

Semakin meningkatnya nilai rendemen dikarenakan penggunaan waktu PEF yang lebih lama dapat menyebabkan kerusakan membran sehingga terjadi pembentukan pori-pori yang melebar dan tidak dapat kembali pada bentuk semula (*irreversible*) yang disebabkan oleh proses elektroporasi pada membrane sel oleh muatan medan listrik (Fu'aida *et al.* 2016, Sukardi *et al.* 2018). Sukardi *et al.* (2016) menambahkan semakin besar kerusakan sel menyebabkan lebih banyak komponen yang dapat larut. Lebih lanjut Maleta *et al.* (2018) menjelaskan proses ekstraksi dengan PEF dipengaruhi oleh kekuatan medan listrik dan lama proses yang dapat meningkatkan permeabilitas bahan sehingga senyawa bioaktif dalam bahan dapat dengan mudah terekstrak.

Kadar Air Ekstrak Cabe Jamu

Ekstrak cabe jamu dilihat dari parameter kadar air menunjukkan kisaran 5,27±0,30 – 7,67±0,25%. Kadar air tertinggi pada perlakuan tegangan 5000 Volt dan waktu paparan 240 detik (Gambar 2). Kadar air pada hasil ekstrak cabe jamu sudah memenuhi standar jika dibandingkan dengan standar Farmakope Herbal Indonesia yaitu

tidak lebih dari 15%. Fu'aida *et al.* (2016) menjelaskan penggunaan PEF dapat menyebabkan ketahanan membran sel berkurang, sehingga komponen-komponen yang terdapat di dalam suatu bahan mudah keluar termasuk air, sehingga memengaruhi kadar air pada bahan. Pardede *et al.* (2013) menambahkan kadar air memiliki peran penting dalam suatu bahan, kadar air yang tinggi memiliki kecenderungan cepat rusak dan sebaliknya kadar air rendah lebih stabil dalam penyimpanan.

Kadar Abu Total Ekstrak Cabe Jamu.

Senyawa anorganik yang tidak diinginkan didalam proses pengobatan yaitu kadar abu total dan kadar abu total larut asam (Gupta and Rao 2012). Kadar abu total pada ekstrak cabe jamu menunjukkan kisaran 0,08±0,03 – 0,33±0,00% (Gambar 3). Semakin rendah kandungan kadar abu total maka kualitas ekstrak cabe jamu semakin baik. Kadar abu total terendah ditunjukkan pada perlakuan tegangan 5000 Volt dan waktu paparan 240 detik dengan nilai 0,08±0,03%. Secara keseluruhan disemua perlakuan menunjukkan sudah memenuhi syarat Farmakope Herbal

Indonesia yaitu di bawah 1%. Kandungan abu dalam ekstrak cabe jamu menunjukkan senyawa organik. Menurut Jadid *et al.* (2018) menyatakan bahwa cabe jamu memiliki mineral seperti kalsium, tembaga, besi, magnesium, fosfor, kalium, natrium dan seng. Khan (2015) menambahkan bahwa kandungan abu pada cabe jamu berkisar $6,85 \pm 0,8\%$.

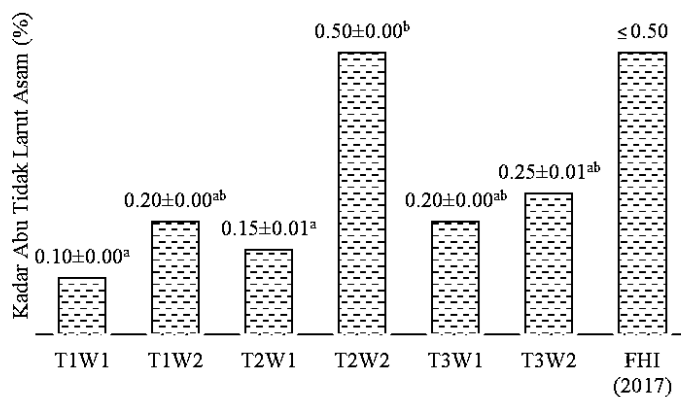
Kadar Abu tidak Larut Asam Ekstrak Cabe Jamu

Kadar abu tidak larut asam ekstrak cabe jamu menunjukkan kisaran $0,10 \pm 0,00 - 0,50 \pm 0,00\%$. Parameter kadar abu tidak larut asam semakin rendah semakin baik sebagaimana pada parameter kadar abu total. Nilai kadar abu tidak larut asam paling rendah pada kondisi perlakuan tegangan 4000 Volt dan waktu paparan 240 detik (Gambar 4). Secara keseluruhan pada perlakuan menunjukkan masih memnuhi standart Farmakope Herbal Indonesia yaitu di bawah 0,5%. Kandungan kadar abu larut asam pada cabe jamu

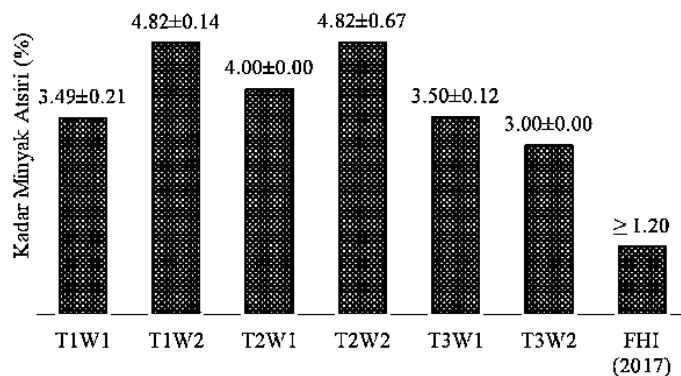
sebesar $3,0 \pm 0,1\%$ (Khan 2015). Sumber lain kadar abu larut dalam asam pada golongan pipericeae sebesar $0,44 \pm 0,050\%$ (Kadam *et al.* 2013). Menurut Istiqomah (2013) kandungan abu yang tidak larut asam pada ekstrak cabe jamu menunjukkan adanya pasir dan kotoran lain, oleh sebab itu kandungan abu yang tidak larut asam harus nilainya rendah.

Kadar Minyak Atsiri Ekstrak Cabe Jamu

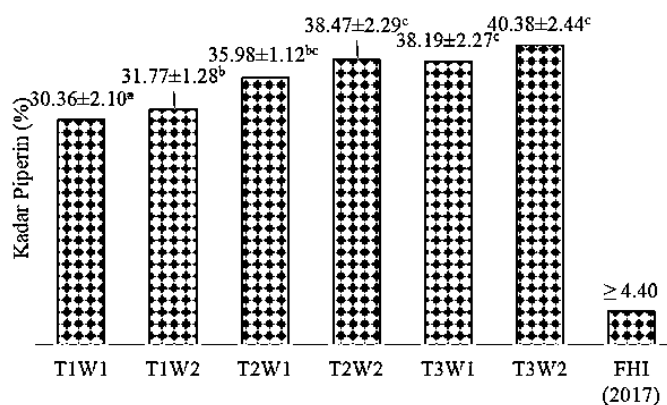
Minyak atsiri merupakan senyawa kompleks, mudah menguap, sebagian besar terpenoid yang memiliki bau yang menyengat (Bagheri *et al.* 2014). Kandungan minyak atsiri pada ekstrak cabe jamu menunjukkan ada kecendrungan semakin meningkat dengan ditingkatkan tegangan dan waktu paparan. Kadar minyak atsiri pada hasil ekstrak cabe jamu tertinggi ditunjukkan pada kondisi perlakuan tegangan 4000 Volt dengan waktu paparan 480 detik, serta pada kondisi perlakuan tegangan 5000 Volt dan waktu paparan 480 detik yaitu $4,82 \pm 0,67\%$ (Gambar 5).



Gambar 4 Kadar abu tidak larut asam ekstrak cabe jamu dengan *pretreatment* PEF



Gambar 5 Kadar minyak atsiri ekstrak cabe jamu dengan *pretreatment* PEF

Gambar 6 Kadar piperin cabe jamu dengan *pretreatment* PEF

Secara keseluruhan pada semua perlakuan menunjukkan masih di atas standart yang disarankan oleh Farmakope Herbal Indonesia yaitu di atas 1,2%. Hasil penelitian ini selaras dengan pernyataan Conde-Hernández *et al.* (2017) yang menyatakan minyak atsiri kurang dari 5% dari bahan tanaman kering. Hasil penelitian Wahyuni *et al.* (2013) menghasilkan minyak atsiri 1,27% pada cabe jamu. Lebih lanjut Evizal (2013) menjelaskan komponen minyak atsiri pada cabe jamu terdiri dari *monoterpene*, *monoterpene alcohol*, *sesquiterpene*, dan *sesquiterpene alcohol* dan komponen lainnya. Andrade *et al.* (2017) menambahkan bahwa minyak atsiri pada spesies cabe memainkan peran penting dalam pengolahan makanan, kesehatan, dan nutrisi dengan mencegah atau menunda pembusukan makanan karena sifat antioksidan dan antimikrobanya.

Kadar Piperin Ekstrak Cabe Jamu

Hasil pengujian kandungan senyawa piperin pada ekstrak cabe jamu menunjukkan semakin meningkat nilainya dengan meningkatnya perlakuan tegangan dan waktu paparan. Nilai tertinggi kandungan piperin ditunjukkan pada perlakuan tegangan 6000 Volt dengan waktu paparan 480 detik dengan nilai 40,38±2,44% (Gambar 6). Kadar piperin pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Istiqomah (2013) yaitu 8,83% dengan metode maserasi dan 15,75% dengan metode sokletasi. Farmakope Herbal Indonesia mensyaratkan harus di atas 4,40%, dengan demikian diseluruh perlakuan masih memenuhi syarat yang telah ditentukan.

Peningkatan kandungan piperin disebabkan oleh kerusakan membran sel yang menyebabkan melebarnya pori-pori serta tidak dapat kembali lagi. Setiawan *et al.* (2014) menjelaskan

penurunan selaput membran disebabkan adanya muatan yang saling tarik menarik diatas permukaan membran karena adanya perbedaan muatan positif dan negatif ketika sebuah sel terpapar medan listrik, sehingga pembentukan pori yang lebih besar. Kondisi tersebut menyebabkan kandungan piperin mudah keluar dan larut. Hal ini sejalan dengan pendapat Fu'aida *et al.* (2016) kerusakan membrane sel yang menyebabkan pori-pori membesar sehingga ketika proses ekstraksi berjalan maka komponen-komponen yang terdapat pada suatu bahan akan mudah terlarut.

KESIMPULAN

Ekstrak cabe jamu dengan perlakuan awal PEF dihasilkan dengan ekstrak kental, warna coklat tua, bau khas dan rasa pedas. Perlakuan awal dengan PEF dapat mempengaruhi kualitas ekstrak cabe jamu pada parameter kadar abu total, kadar abu tidak larut asam dan piperin. Sedangkan pada parameter rendemen, kadar air dan minyak atsiri tidak berpengaruh dengan adanya perlakuan awal PEF. Hasil penelitian menunjukkan ekstrak cabe jamu telah memenuhi standar Farmakope Herbal Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Trunojoyo Madura (UTM) pada tahun anggaran 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrade, K. S., G. Trivellin, and S. R. S. Ferreira. 2017. Piperine-rich extracts obtained by high pressure methods. *Journal of Supercritical Fluids* 128(March):370–377.
- Bagheri, H., M. Y. Bin Abdul Manap, and Z.

- Solati. 2014. Response surface methodology applied to supercritical carbon dioxide extraction of *Piper nigrum* L. essential oil. *LWT - Food Science and Technology* 57(1):149–155.
- Bodiwala, H. S., G. Singh, R. Singh, C. S. Dey, S. S. Sharma, K. K. Bhutani, and I. P. Singh. 2007. Antileishmanial amides and lignans from *Piper cubeba* and *Piper retrofractum*. *Journal of Natural Medicines* 61(4):418–421.
- Bui, T. T., C. H. Piao, C. H. Song, H. S. Shin, D. H. Shon, and O. H. Chai. 2017. *Piper nigrum* extract ameliorated allergic inflammation through inhibiting Th2/Th17 responses and mast cells activation. *Cellular Immunology* 322:64–73.
- Chansang, U., N. S. Zahiri, J. Bansiddhi, T. Boonruad, P. Thongsrirak, J. Mingmuang, N. Benjapong, and M. S. Mulla. 2005. Mosquito larvicidal activity of aqueous extracts of long pepper (*Piper retrofractum* vahl) from Thailand. *Journal of Vector Ecology* 30(2):195–200.
- Conde-Hernández, L. A., J. R. Espinosa-Victoria, and J. Á. Guerrero-Beltrán. 2017. Supercritical extraction of essential oils of *Piper auritum* and *Porophyllum ruderale*. *Journal of Supercritical Fluids* 127(March):97–102.
- Donsi, F., G. Ferrari, and G. Pataro. 2010. Applications of Pulsed Electric Field Treatments for the Enhancement of Mass Transfer from Vegetable Tissue. *Journal of Food Engineering Review* 2:109–130.
- Elfahmi, H. J. Woerdenbag, and O. Kayser. 2014. *Jamu: Indonesian traditional herbal medicine towards rational phytopharmacological use*. Elsevier GmbH.
- Evizal, R. 2013. Status Fitofarmaka Dan Perkembangan Agroteknologi Cabe Jawa (*Piper Retrofractum* Vahl.). *Jurnal Agrotropika* 18(1):34–40.
- Fincan, M., F. DeVito, and P. Dejmek. 2004. Pulsed electric field treatment for solid-liquid extraction of red beetroot pigment. *Journal of Food Engineering* 64(3):381–388.
- Fu'aida, N., A. F. Mulyadi, and S. Wijana. 2016. Aplikasi Pulsed Electric Field (PEF) Sebagai Pre Pada Ekstraksi Biji Pinang (*Areca catechu* L) Sebagai Sumber Antioksidasi Alami (Kajian Besar Tegangan dan Lama Waktu PEF).
- Grinevicius, V. M. A. S., K. S. Andrade, F. Ourique, G. A. Micke, S. R. S. Ferreira, and R. C. Pedrosa. 2017. Antitumor activity of conventional and supercritical extracts from *Piper nigrum* L. cultivar Bragantina through cell cycle arrest and apoptosis induction. *Journal of Supercritical Fluids* 128:94–101.
- Guderjan, M., P. Elez-Martínez, and D. Knorr. 2007. Application of pulsed electric fields at oil yield and content of functional food ingredients at the production of rapeseed oil. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8(1):55–62.
- Guderjan, M., S. Töpfl, A. Angersbach, and D. Knorr. 2005. Impact of pulsed electric field treatment on the recovery and quality of plant oils. *Journal of Food Engineering* 67(3):281–287.
- Gupta, P. C., and C. V. Rao. 2012. Pharmacognostical studies of *Cleome viscosa* linn. *Indian Journal of Natural Products and Resources* 3(4):527–534.
- Hasan, A. E. Z., Suryani, K. Mulia, A. Setiyono, and J. J. Silip. 2016. Antiproliferation activities of Indonesian java chili, *Piper retrofractum* Vahl., against breast cancer cells (MCF-7). *Der Pharmacia Lettre* 8(18):141–147.
- Hossain, M. B., I. Aguiló-aguayo, J. G. Lyng, N. P. Brunton, and D. K. Rai. 2015. Effect of pulsed electric field and pulsed light pre-treatment on the extraction of steroidal alkaloids from potato peels. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 29:9–14.
- Istiqomah. 2013. Perbandingan Metode Ekstraksi Maserasi dan Sokletasi terhadap Kadar Piperin Buah Cabe Jawa (*Piperis retrofractum* fructus). Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Jadid, N., B. Arraniry, D. Hidayati, K. Purwani, W. Wikanta, S. Hartanti, and R. Rachman. 2018. Proximate composition, nutritional values and phytochemical screening of *Piper retrofractum* vahl. fruits. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 7(1):37–43.
- Kadam, P. V., K. N. Yadav, F. A. Patel, F. A. Karjekar, and M. J. Patil. 2013. Pharmacognostic, Phytochemical and Physicochemical Studies of *Piper Nigrum* Linn. Fruit (*Piperaceae*). *International Research Journal of Pharmacy* 4(5):189–

- 193.
- Kantar, S. El, N. Boussetta, N. Lebovka, F. Foucart, H. N. Rajha, R. G. Maroun, N. Louka, and E. Vorobiev. 2018. Pulsed electric field treatment of citrus fruits: Improvement of juice and polyphenols extraction. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 46(July):153–161.
- Kementerian Kesehatan RI. 2017. *Farmakope Herbal Indonesia*. II. Kementerian Kesehatan RI, Jakarta.
- Khan, M. 2015. Comparative physicochemical evaluation of fruits and antidepressant potential of volatile oils of fruits of local Piper species. *Oriental Journal of Chemistry* 31(1):541–545.
- Kim, K. J., M. S. Lee, K. Jo, and J. K. Hwang. 2011. Piperidine alkaloids from Piper retrofractum Vahl. protect against high-fat diet-induced obesity by regulating lipid metabolism and activating AMP-activated protein kinase. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 411(1):219–225.
- Lim, T. K. 2012. *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants*. Page *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants*. Volume 4. Springer Science+Business Media B.V, New York.
- Luyen, B. T. T., B. H. Tai, N. P. Thao, S. Y. Yang, N. M. Cuong, Y. I. Kwon, H. D. Jang, and Y. H. Kim. 2014. A new phenylpropanoid and an alkylglycoside from Piper retrofractum leaves with their antioxidant and α -glucosidase inhibitory activity. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters* 24(17):4120–4124.
- Maleta, H. S., R. Indrawati, L. Limantara, and T. H. P. Brotosudarmo. 2018. Ragam Metode Ekstraksi Karotenoid dari Sumber Tumbuhan dalam Dekade Terakhir (Telaah Literatur). *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan* 13(1):40–50.
- Martínez, J. M., E. Luengo, G. Saldaña, I. Álvarez, and J. Raso. 2017. C-phycocyanin extraction assisted by pulsed electric field from *Artrosphira platensis*. *Food Research International* 99:1042–1047.
- Muslichah, S. 2011. Potensi Afrodisiak Kandungan Aktif Buah Cabe Jawa (Piper retrofractum Vahl) pada Tikus Jantan Galur Wistar. *J Agrotek* 5(2):11–20.
- Pardede, A., D. Ratnawati, and A. M. HP. 2013. Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin Dari Kulit Kemiri (*Alleurites mollucana* Willd). *Media Sains* 5(1):1–6.
- Parniakov, O., F. J. Barba, N. Grimi, N. Lebovka, and E. Vorobiev. 2016. Extraction assisted by pulsed electric energy as a potential tool for green and sustainable recovery of nutritionally valuable compounds from mango peels Mango peel slices. *Food Chemistry* 192:842–848.
- Puértolas, E., O. Cregenzán, E. Luengo, I. Álvarez, and J. Raso. 2013. Pulsed-electric-field-assisted extraction of anthocyanins from purple-fleshed potato. *Food Chemistry* 136(3–4):1330–1336.
- Quagliariello, V., R. Vincenzo, M. Falcone, G. Ferrari, G. Pataro, and F. Donsì. 2016. Effect of pulsed electric fields – assisted extraction on anti-inflammatory and cytotoxic activity of brown rice bioactive compounds. *Food Research International* 87:115–124.
- Rahardjo, M. 2010. Tanaman Obat Afrodisiak. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman* 16(2):1–35.
- Setiawan, D., B. D. Argo, and S. H. Sumarlan. 2014. Rancang Bangun Pulsed Electric Field Sistem Batch dengan Konfigurasi Elektroda Berjenis Co-Axial. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem* 2(2):104–109.
- Sivaraj, D., S. Shanmugam, M. Rajan, S. P. Sasidharan, S. Sathyanarayanan, K. Muniyandi, P. Thangaraj, and A. A. de Souza Araújo. 2018. Evaluation of *Aristolochia indica* L. and *Piper nigrum* L. methanol extract against centipede *Scolopendra moristans* L. using Wistar albino rats and screening of bioactive compounds by high pressure liquid chromatography: a polyherbal formulation. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 97(November 2017):1603–1612.
- Soliva-fortuny, R., A. Balasa, D. Knorr, and O. Marti. 2009. Effects of pulsed electric fields on bioactive compounds in foods: a review. *Journal of Trends in Food Science & Technology* 20:544–556.
- Sotelo, K. A. G., N. Hamid, I. Oey, C. Pook, N. Gutierrez-maddox, Q. Ma, S. Ying, and J. Lu. 2018. Red cherries (*Prunus avium* var. Stella) processed by pulsed electric field – Physical, chemical and microbiological analyses. *Food Chemistry* 240(June):926–

- 934.
- De Souza Grinevicius, V. M. A., M. R. Kviecinski, N. S. R. Santos Mota, F. Ourique, L. S. E. Porfirio Will Castro, R. R. Andreguetti, J. F. Gomes Correia, D. W. Filho, C. T. Pich, and R. C. Pedrosa. 2016. Piper nigrum ethanolic extract rich in piperamides causes ROS overproduction, oxidative damage in DNA leading to cell cycle arrest and apoptosis in cancer cells. *Journal of Ethnopharmacology* 189:139–147.
- Sukardi. 2016. Elektroporasi Membran Sel untuk Meningkatkan Efisiensi Distilasi Minyak Nilam (*Pogostemon cablin* Benth). Disertasi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Sukardi, M. N. Nizar, A. F. Mulyadi, and Sucipto. 2016. Efek Pulsed Electric Field (PEF) Pada Rendemen Dan Kualitas Minyak Bunga Melati (*Jasminum sambac*) (Kajian Rasio Bahan dan Pelarut). *Indonesian Journal of Essential Oil* 1(1):30–43.
- Sukardi, N. Rizka, and M. H. Pulungan. 2018. Ekstraksi Minyak Atsiri Bunga Mawar dengan Metode Pelarut Menguap Menggunakan Perlakuan PEF (Pulsed Electric Field). *Ekstraksi Minyak Atsiri Bunga Mawar dengan Metode Pelarut Menguap Menggunakan Perlakuan PEF (Pulsed Electric Field)* 3(1):26–36.
- Sukardi, S., S. Soeparman, B. D. Argo, and Y. S. Irawan. 2015. The effect of moderate pulsed electric field (PEF) on microscopic visualization of glandular trichome of patchouli leaves. *Journal of Engineering and Applied Sciences* 10(3):58–65.
- Sukardi, S. Soeparman, B. D. Argo, and Y. S. Irawan. 2017. Optimization of patchouli oil (*Pogostemon cablin*, Benth) steam distillation assisted by pulsed electric field via response surface Methodology. *Journal of Engineering Science and Technology* 12(8):2106–2119.
- Wahjoedi, B., Pudjiastuti, Adjirni, B. Nuratmi, and Y. Astuti. 2004. Efek Androgenik Ekstrak Etanol Cabe Jawa (*Piper retrofractum* Vahl) pada Anak Ayam. *Jurnal Bahan Alam Indonesia* 3(2):201–204.
- Wahyuni, S., Sunyoto, and M. Arrosyid. 2013. Penetapan kadar minyak atsiri pada cabe Jawa (*Piper Retrofractum* Vahl.) dengan metode destilasi air. *CERATA Jurnal Ilmu Farmasi* 4(1):60–67.
- Wang, B., Y. Zhang, J. Huang, L. Dong, T. Li, and X. Fu. 2017. Anti-inflammatory activity and chemical composition of dichloromethane extract from piper nigrum and *P. longum* on permanent focal cerebral ischemia injury in rats. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 27(3):369–374.
- Zarai, Z., E. Boujelbene, N. Ben Salem, Y. Gargouri, and A. Sayari. 2013. Antioxidant and antimicrobial activities of various solvent extracts, piperine and piperic acid from *Piper nigrum*. *LWT - Food Science and Technology* 50(2):634–641.