

PENGUNAAN *ELECTRONIC TONGUE* YANG DIKOMBINASIKAN DENGAN *MACHINE LEARNING* UNTUK DETEKSI PEMALSUAN MADU DENGAN GULA TEBU CAIR

Azka Khansa Hanifah¹, Lily Arsanti Lestari¹, Aviria Ermamilia¹

INTISARI

Latar belakang: Madu dipercaya sebagai makanan bernutrisi tinggi dan memiliki manfaat kesehatan yang besar. Pangsa pasar madu yang luas dan tingkat konsumsi yang terus meningkat menjadi celah dijualnya madu palsu campuran gula berkualitas rendah. Pemalsuan madu adalah masalah yang serius karena memiliki dampak negatif terhadap kesehatan. **Tujuan:** Mengetahui perbedaan antara madu murni dengan madu campuran gula tebu cair serta mendeteksi kemurnian produk madu yang beredar di pasaran melalui pengaplikasian *potentiometric electronic tongue* berbasis membran lipid yang dikombinasikan dengan statistik multivariat dan algoritme *machine learning*. **Metode:** Tiga merek madu multiflora yang keasliannya telah dikonfirmasi oleh HPLC, gula tebu cair, serta model madu campuran gula tebu cair dalam berbagai konsentrasi (10, 20, 30, dan 40%) dievaluasi menggunakan multivariat LDA dan SVR. Berbagai merek madu komersial yang didapat dari pasaran juga turut dievaluasi menggunakan LDA. **Hasil:** Analisis LDA menunjukkan visualisasi klasifikasi yang mengindikasikan bahwa *e-tongue* mampu membedakan antara kelompok madu murni dan madu campuran gula tebu cair pada berbagai konsentrasi. Analisis SVR berhasil memprediksi tingkat penambahan gula tebu cair ke dalam model madu campuran, memperoleh hubungan yang baik dengan parameter R^2 dan RMSE berturut-turut $>0,99$ dan $0,2-1,2$ untuk *data training* serta $0,96-0,97$ dan $1,9-2,5$ untuk *data testing* pada semua merek madu. Sedangkan analisis LDA pada berbagai merek madu komersial menunjukkan terdapat perbedaan antara madu komersial yang murni dan tidak murni, dengan nilai akurasi dari validasi internal dan eksternal berturut-turut adalah 96% dan 94% yang menjelaskan ketepatan klasifikasi yang cukup baik. **Simpulan:** Sistem sensor *electronic tongue* berbasis membran lipid polimer berpotensi menjadi alat yang ampuh untuk membedakan dan mengukur tingkat pemalsuan gula pada madu, serta menjadi alat alternatif dari metode tradisional maupun teknik modern yang kompleks dalam mendeteksi pemalsuan terhadap madu.

KATA KUNCI: madu multiflora; *potentiometric electronic tongue*; statistik multivariat; pemalsuan madu; gula tebu cair.

¹Program Studi Gizi Kesehatan, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, dan Keperawatan Universitas Gadjah Mada, Jl. Farmako, Sekip Utara Yogyakarta 55281

APPLICATION OF ELECTRONIC TONGUE COMBINED WITH MACHINE LEARNING FOR DETECTING HONEY ADULTERATION WITH CANE SYRUP

Azka Khansa Hanifah¹, Lily Arsanti Lestari¹, Aviria Ermamilia¹

ABSTRACT

Background: Honey is believed to be highly nutritious food and has great health benefits. The wide market and the increasing consumption rate have created an opening sale of adulterated honey with low quality sugar mixtures. Adulteration of honey is one of serious problems because it has negative impacts on health.

Objective: The difference between pure honey and adulterated honey with cane syrup was detected in this study through the application of a lipid membrane based potentiometric electronic tongue that combined with multivariate statistics and machine learning algorithms.

Mehods: Three brands of polyfloral honey whose authenticity has been confirmed by HPLC, cane syrup, and sample simulating adulterated honey in different percentage of cane syrup (10, 20, 30, and 40%) were evaluated using multivariate LDA and SVR. Various brands of commercial honey that obtained from various market also were evaluated by LDA. **Results:** LDA analysis showed visualizations of classification which indicated that e-tongue is able to distinguish between groups of pure honey and their different level of cane syrup adulterants. SVR analysis successfully predicted the level of adulterants in each brands of honey, achieving good correlation considering evaluation parameters, respectively $R^2 > 0.99$; $RMSE = 0.2-1.2$ for data training and $R^2 = 0.96-0.97$; $RMSE = 1.9-2.5$ for data testing on all brands of honey. While LDA analysis on various commercial brands showed the difference between pure and adulterated comercial honey, with the accuracy of internal and external validation, respectively being 96% and 94%, which explained the classification accuracy is quite good. **Conclusions:** Electronic tongue based on lipid membranes may be a powerful tool to distinguish and quantify the level of cane syrup adulteration of honey, as well as an alternative tool to traditional methods or complex modern techniques in detecting adulteration of honey.

KEY WORDS: polyfloral honey; potentiometric electronic tongue; multivariate statistic; honey adulteration; sugar syrup.

¹Department of Health Nutrition, Faculty of Medicine, Public Health, and Nursing Universitas Gadjah Mada, Jl. Farmako, Sekip Utara Yogyakarta 55281