

ABSTRAK

Optimasi Array Sensor Menggunakan Algoritma Filter Berbasis Skor Informatif untuk Meningkatkan Kinerja Sistem Hidung Elektronik dalam Deteksi Sepsis Neonatal Non-invasif

KOMBO OTHMAN KOMBO
22/506206/SPA/00885

Sepsis neonatal merupakan salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas pada bayi baru lahir, yang secara signifikan berkontribusi terhadap beban kesehatan global. Secara tradisional, kultur darah telah menjadi standar emas dalam pengujian sepsis neonatal. Namun, metode ini bersifat invasif, memakan waktu, dan memiliki tingkat keberhasilan yang rendah. Penelitian ini memperkenalkan sebuah perangkat portabel fecalyzer (cNose) yang mengintegrasikan sensor gas semikonduktor berbahan dasar timah dioksida dengan algoritma pembelajaran mesin untuk mendeteksi sepsis neonatal secara langsung di sisi tempat tidur pasien, guna mempermudah diagnosis di titik layanan. Sistem ini diterapkan di salah satu rumah sakit umum di Sleman, Indonesia, dengan menggunakan pengujian pola feses. Empat model pembelajaran mesin, yaitu Linear Discriminant Analysis (LDA), Decision Tree, Random Forest, dan Extreme Gradient Boosting, dievaluasi untuk mengidentifikasi sistem dengan kinerja paling stabil berdasarkan 347 sampel feses, yang terdiri atas 197 kasus positif sepsis dan 150 kasus negatif. Sebuah algoritma filter berbasis skor informatif yang inovatif digunakan untuk mengoptimalkan kinerja sistem melalui penyempurnaan array sensor. Integrasi metode seleksi fitur ini dengan model LDA menghasilkan pengurangan sensor sebesar 22% dalam sistem cNose, dari 9 menjadi 7 sensor, tanpa mengorbankan kinerja klasifikasi. Dalam validasi silang menggunakan data pelatihan, model LDA dengan 9 sensor mencapai akurasi 92,28%, sensitivitas 90,36%, dan spesifisitas 95,41%. Subset 7 sensor juga menunjukkan hasil yang sebanding, dengan akurasi 91,18%, sensitivitas 89,14%, dan spesifisitas 94,42%. Untuk data pengujian, konfigurasi 9 sensor menghasilkan akurasi 86,67%, sensitivitas 87,30%, spesifisitas 85,71%, nilai prediksi positif (PPV) sebesar 90,16%, dan nilai prediksi negatif (NPV) sebesar 81,82%. Menariknya, subset 7 sensor yang telah dioptimasi memberikan hasil terbaik secara keseluruhan, dengan akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas sebesar 90,48%, PPV sebesar 93,44%, dan NPV sebesar 86,36%. Selain itu, analisis Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS) dilakukan untuk memvalidasi temuan dari cNose. Beberapa senyawa organik volatil seperti asam heksanoat, asam 2-metilbutirat, etil asetat, dan etanol ditemukan meningkat pada sampel sepsis positif, yang menegaskan signifikansi klinis dari profil gas feses. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem cNose berpotensi menjadi alat diagnostik non-invasif, praktis, dan tepat waktu untuk deteksi dini sepsis neonatal dalam lingkungan layanan kesehatan.

Kata kunci: Sepsis neonatal, cNose, algoritma filter, algoritma pembelajaran mesin

ABSTRACT

Optimized Sensor Array Using an Informative Scoring-Based Filter Algorithm to Enhance the Performance of an Electronic Nose System for Non-invasive Neonatal Sepsis Detection

KOMBO OTHMAN KOMBO
22/506206/SPA/00885

Neonatal sepsis is a leading cause of illness and mortality in newborns, significantly contributing to the worldwide health burden. Traditionally, blood culture has been the gold standard for neonatal sepsis testing. However, it is invasive, time-consuming, and has a low positivity rate. This study introduced a portable fecalyzer (cNose), which integrated tin dioxide semiconductor gas sensors with machine learning algorithms to detect neonatal sepsis directly at the bedside for convenient point-of-care diagnosis. The system was applied in a public hospital in Sleman, Indonesia, using fecal pattern testing. Four machine learning models, including linear discriminant analysis (LDA), decision tree, random forest, and extreme gradient boosting, were evaluated to identify the most stable-performing system using a total of 347 fecal samples, consisting of 197 positive sepsis cases and 150 negative sepsis cases. A novel informative scoring-based filter algorithm was employed to enhance the system performance through sensor array optimization. Integrating this feature selection method with the LDA model led to a 22% reduction in sensors used in the cNose system, dropping from 9 to 7, while still achieving high classification performance. In cross-validation using the training dataset, the LDA model with the 9-sensor subset reached an accuracy of 92.28%, with sensitivity at 90.36% and specificity at 95.41%. Similarly, the 7-sensor subset delivered comparable results, yielding 91.18% accuracy, 89.14% sensitivity, and 94.42% specificity. For the testing dataset, the 9-sensor setup produced an accuracy of 86.67%, a sensitivity of 87.30%, and specificity of 85.71%, a positive predictive value (PPV) of 90.16%, and a negative predictive value (NPV) of 81.82%. Remarkably, the optimized 7-sensor subset achieved the best overall results, recording 90.48% accuracy, sensitivity, and specificity, with a PPV of 93.44% and an NPV of 86.36%. Furthermore, gas chromatography mass spectrometry was conducted to validate the findings of the cNose. Several volatile organic compounds, such as hexanoic acid, 2-methylbutyric acid, ethyl acetate, and ethanol, were found to be elevated in positive sepsis samples, underscoring the clinical significance of the fecal gas profiles. These results demonstrate the feasibility of the cNose system as a practical, non-invasive, and timely diagnostic tool for the



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Optimized Gas Sensor Array Using an Informative Scoring-Based Filter Algorithm to Enhance the Performance of an Electronic Nose System for Non-invasive Neonatal Sepsis Detection

Kombo Othman Kombo, Prof. Dr. Eng. Kuwat Triyana, M.Si.;Wahyono, S.Kom., Ph.D.;Prof. dr. Madarina Julia, Sp.A

Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

early detection of neonatal sepsis in healthcare settings.

Keywords: Neonatal sepsis, cNose, filter algorithm, machine learning algorithms



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Optimized Gas Sensor Array Using an Informative Scoring-Based Filter Algorithm to Enhance the Performance of an Electronic Nose System for Non-invasive Neonatal Sepsis Detection

Kombo Othman Kombo, Prof. Dr. Eng. Kuwat Triyana, M.Si.; Wahyono, S.Kom., Ph.D.; Prof. dr. Madarina Julia, Sp.A

Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

Penggunaan Algoritma Filter Berbasis Skor Informatif untuk Mengoptimalkan Susunan Sensor dalam Meningkatkan Kinerja Sistem Hidung Elektronik untuk Deteksi Sepsis Neonatal Non-invasif

KOMBO OTHMAN KOMBO
22/506206/SPA/00885

Sepsis neonatal merupakan penyebab utama penyakit dan kematian pada bayi baru lahir, yang secara signifikan berkontribusi pada beban kesehatan global. Secara tradisional, kultur darah telah menjadi standar emas untuk pengujian sepsis neonatal. Namun, metode ini invasif, memakan waktu, dan memiliki tingkat positif yang rendah. Studi ini memperkenalkan fecalyzer portabel (cNose), yang mengintegrasikan sensor gas semikonduktor dioksida timah dengan algoritma pembelajaran mesin untuk mendeteksi sepsis neonatal secara langsung di tempat tidur pasien guna diagnosis point-of-care yang nyaman. Sistem ini diterapkan di rumah sakit umum di Sleman, Indonesia, menggunakan uji pola feses. Empat model pembelajaran mesin, termasuk analisis diskriminan linier (LDA), pohon keputusan, hutan acak, dan boosting gradien ekstrem, dievaluasi untuk mengidentifikasi sistem dengan kinerja paling stabil menggunakan total 347 sampel feses, terdiri dari 197 kasus sepsis positif dan 150 kasus sepsis negatif. Sebuah algoritma penyaringan berbasis skor informatif yang inovatif diterapkan untuk meningkatkan kinerja sistem melalui optimasi susunan sensor. Integrasi metode seleksi fitur ini dengan model LDA menghasilkan pengurangan 22% dalam jumlah sensor yang digunakan dalam sistem cNose, dari 9 menjadi 7, sambil tetap mencapai kinerja klasifikasi yang tinggi. Dalam validasi silang menggunakan dataset pelatihan, model LDA dengan subset 9 sensor mencapai akurasi 92,28%, dengan sensitivitas 90,36% dan spesifisitas 95,41%. Demikian pula, subset 7 sensor menghasilkan hasil yang sebanding, dengan akurasi 91,18%, sensitivitas 89,14%, dan spesifisitas 94,42%. Untuk dataset pengujian, konfigurasi 9 sensor menghasilkan akurasi 86,67%, sensitivitas 87,30%, dan spesifisitas 85,71%, dengan nilai prediktif positif (PPV) 90,16% dan nilai prediktif negatif (NPV) 81,82%. Menariknya, subset 7 sensor yang dioptimalkan mencapai hasil terbaik secara keseluruhan, dengan akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas sebesar 90,48%, PPV sebesar 93,44%, dan NPV sebesar 86,36%. Selain itu, kromatografi gas spektrometri massa dilakukan untuk memvalidasi temuan cNose. Beberapa senyawa organik volatil, seperti asam heksanoat, asam 2-metilbutirat, asetat etil, dan etanol, ditemukan meningkat pada sampel sepsis positif, menyoroti signifikansi klinis profil gas feses. Hasil ini menunjukkan kelayakan sistem cNose sebagai alat diagnostik praktis, non-invasif, dan tepat waktu untuk deteksi dini sepsis neonatal di lingkungan perawatan kesehatan.

Kata kunci: Sepsis neonatal, cNose, algoritma filter, algoritma pembelajaran mesin