

Sistem Pakar Otomatisasi Standar Baku Mutu Limbah Pertambangan Nikel Menggunakan Algoritma Supervised Mechine

Komang Aryasa1), Willem Musu2)
Stmik Dipanegara Makassar

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 09 Makassar, Telp : 0411 587194
e-mail : aryuh09@gmail.com1), [wilem0708musu@gmail.com2\)](mailto:wilem0708musu@gmail.com)

Abstrak

Metode buka tutup pintu pembuangan limbah secara manual berdasarkan hasil uji laboratorium membutuhkan waktu relatif lama. Ketika hasil uji laboratorium menyatakan proses pembuangan harus dihentikan, limbah yang tidak memenuhi standar kelayakan sudah ikut terbuang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sistem pakar menggunakan algoritma Supervised Learning untuk otomatisasi standar baku limbah pertambangan nikel, algoritma ini digunakan untuk mengklasifikasikan besaran nilai kandungan unsur dalam limbah, dan digunakan untuk mengoptimalkan proses penentuan kelayakan buang limbah. Algoritma ini bekerja setelah menerima data dalam bentuk nilai-nilai kandungan unsur yang dibangkitkan oleh sebuah aplikasi simulator yang mendeteksi kadar kandungan unsur dalam air limbah. Hasil analisis tersebut digunakan untuk menentukan kelayakan pembuangan limbah. Dari 11 unsur yang dianalisis tujuh unsur memiliki bobot nilai tertinggi dalam setiap pengukuran yaitu pH, TSS, Cu, Zn, Cr(6+), Cr Total, dan Fe., sementara Support Vector Machine hanya empat unsur yang memiliki nilai bobot tertinggi dari setiap pengukuran, yaitu unsur Cd, Pb, Ni dan Co

Kata Kunci : Sistem Pakar, Standar Baku Mutu Limbah, Otomatisasi, Supervised Mechine.

1. Pendahuluan

Limbah industri pada umumnya merupakan bahan beracun dan berbahaya (B3) yang berasal dari proses produksi sebuah industri. Limbah dapat mencemari dan merusak lingkungan serta dapat membahayakan kelangsungan hidup manusia. Berbagai upaya dilakukan untuk mencegah terjadinya pencemaran dan rusaknya lingkungan hidup akibat B3 melalui peraturan pemerintah (PP) tentang pengelolaan limbah, penetapan standar baku mutu air limbah, peneliti-penelitian tentang pengelolaan limbah dan usaha-usaha lainnya yang dilakukan untuk menurunkan kandungan B3 sehingga pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya alam tidak memberikan dampak negatif terhadap manusia dan lingkungannya.

Beberapa penelitian telah dilakukan dibidang pengelolaan limbah, yaitu menurunkan kadar total suspended solid (TSS), total Fe, total Mn menggunakan biji kelor pada pertambangan batu bara [3], menurunkan kadar Cu, Cr dan Ag melalui adsorpsi (penyerapan) menggunakan tanah liat pada industri perak [1], pengaruh pH dan penggunaan biomassa *Aspergillus niger* van Tieghem dalam penyerapan logam Zn dari limbah pertambangan nikel melalui proses biosorpsi [2]. Dan masih banyak lagi penelitian-penelitian yang dilakukan untuk mencari cara dan metode sehingga limbah yang dihasilkan oleh industri pertambangan tidak merusak lingkungan.

Proses pembuangan limbah pertambangan nikel pada umumnya dilakukan melalui uji laboratorium untuk mengetahui kandungan unsur-unsur kimia yang terkandung dalam limbah sebelum proses pembuangan dilakukan. Jika hasil pengujian laboratorium terhadap kandungan unsur-unsur dalam limbah telah memenuhi standar kelayakan buang, maka proses pembuangan limbah dilakukan dengan cara membuka pintu penampungan limbah. Metode buka tutup pintu pembuangan limbah berdasarkan hasil uji laboratorium membutuhkan waktu yang relatif lama. Karena untuk menutup kembali pintu pembuangan limbah harus menunggu hasil uji labaratorium, sementara limbah terus mengalir. Bisa jadi ketika hasil uji laboratorium menyatakan proses pembuangan harus dihentikan, limbah yang tidak memenuhi standar kelayakan sudah ikut terbuang. Hasil uji kelayakan buang menjadi tidak valid karena terdapat rentang waktu dari pengambilan sampel limbah yang akan diuji sampai dengan keputusan penghentian pembuangan limbah. Untuk itu perlu dilakukan otomatisasi pada proses pembuangan limbah tersebut melalui penerapan teknologi informasi yang dapat memberikan informasi secara real time tentang kandungan unsur dalam limbah yang akan dibuang dan selanjutnya teknologi tersebut secara otomatis menentukan apakah limbah akan dibuang atau tidak.

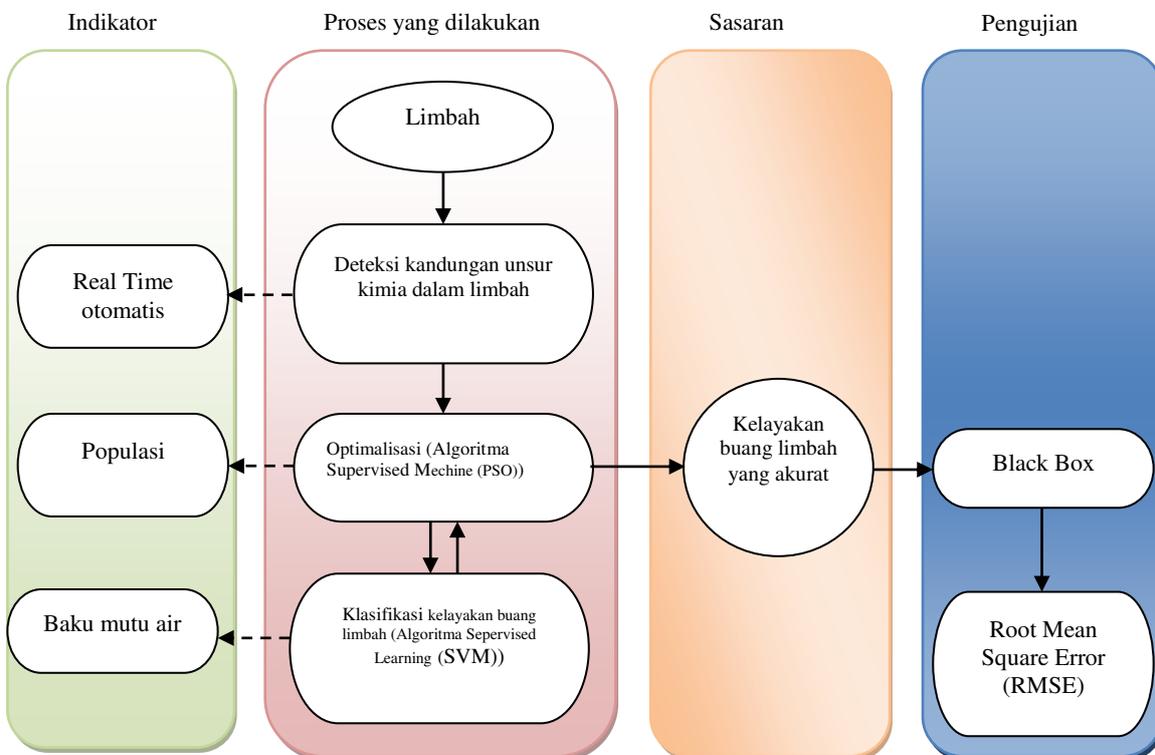
Teknologi informasi yang dimaksud adalah penggunaan aplikasi untuk menganalisis kelayakan buang limbah pertambangan nikel dengan menggunakan algoritma Supervised Machine yang digunakan untuk mengklasifikasikan data-data kandungan unsur limbah yang layak dibuang dengan data-data kandungan unsur yang tidak layak dibuang dimana data-data tersebut terlebih dahulu dioptimalisasikan. Proses otomatisasi yang dilakukan dengan metode yang telah dijelaskan di atas, memperoleh input dari detektor/sensor yang bekerja secara real time untuk mendeteksi kandungan unsur-unsur dalam limbah yang akan dianalisis oleh aplikasi, dan selanjutnya hasil analisis dikirim ke peralatan secara real time untuk membuka atau menutup pintu pembuangan limbah.

2. Metode Penelitian

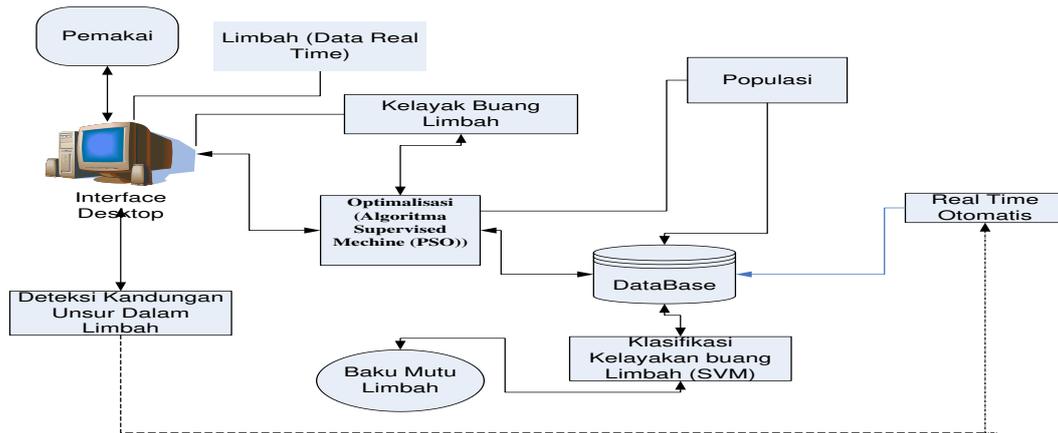
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif, dimana data-data yang diamati adalah data dalam bentuk numerik (angka) dan diolah dengan persamaan matematis.

2.1. Bagan Alir Penelitian dan Arsitektur Sistem Pakar

Alur dalam penelitian ini terdiri dari beberapa proses yang harus dilakukan yang dimulai dari indikator berupa baku mutu limbah, populasi data, dimana data limbah diperoleh secara real time otomatis, dalam penelitian ini data real time tersebut diperoleh dari hasil simulasi sistem yang akan diolah dengan menggunakan algoritma supervised machine baik untuk mengklasifikasi data maupun untuk proses optimalisasi seperti pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 : Bagan Alir Penelitian



Gambar 2 : Arsitektur Sistem Pakar

Pada gambar 2 diatas menunjukkan proses interaksi sistem pakar dengan data masukan berupa limbah yang akan dilakukan proses deteksi kandungan unsur dalam limbah dengan menggunakan algoritma Supervised Mechine (PSO) dan SVM yang menentukan kelayakan buang limbah

2.2. Implemetasi Algoritma Supervised Mechine

Supervised mechine atau supervised mechine learning digunakan dalam proses klasifikasi dan optimalisasi data yang dalam hal ini adalah implementasi Algoritma Support Vector Mechine (SVM) dan Particle Swarm Optimization (PSO). Tahapan implementasi dari kedua algoritma tersebut seperti pada Gambar 2 dibawah ini :

1. Input data berasal dari detektor yang mendeteksi kadar kandungan limbah terukur, yaitu : pH, TSS, Cu, Cd, Zn, Pb, Ni, Cr⁽⁶⁺⁾, Cr total, Fe, dan Co. Proses deteksi menggunakan sensor diluar lingkup penelitian dan disimulasikan melalui aplikasi simulator.
2. Inisialisasi kadar kandungan limbah yang terinput secara realtime dari peralatan sensor, jumlah iterasi, inisialisasi nilai C₁, C₂, dan inertia weight (w).
3. Set waktu (k) = 0. Berjalan pada algoritma PSO.

4. Inisialisasi posisi (X_k^i) dan kecepatan/velocity (V_k^i) dari kumpulan partikel yang dibangkitkan secara acak menggunakan batas atas (X_{max}) dan batas bawah (X_{min}) melalui persamaan :

$$X_0^i = X_{min} + rand(X_{max} - X_{min}) \quad (1)$$

$$V_0^i = X_{min} + rand(X_{max} - X_{min}) \quad (1)$$

Dengan proses inisialisasi ini kumpulan partikel menjadi terdistribusi secara acak dalam bentuk vektor pada *design space*, dimana dimensi vektor disimbolkan sebagai n,

$$X_k^i = (X_k^{i1}, X_k^{i2}, \dots, X_k^{in})^T, \quad (3)$$

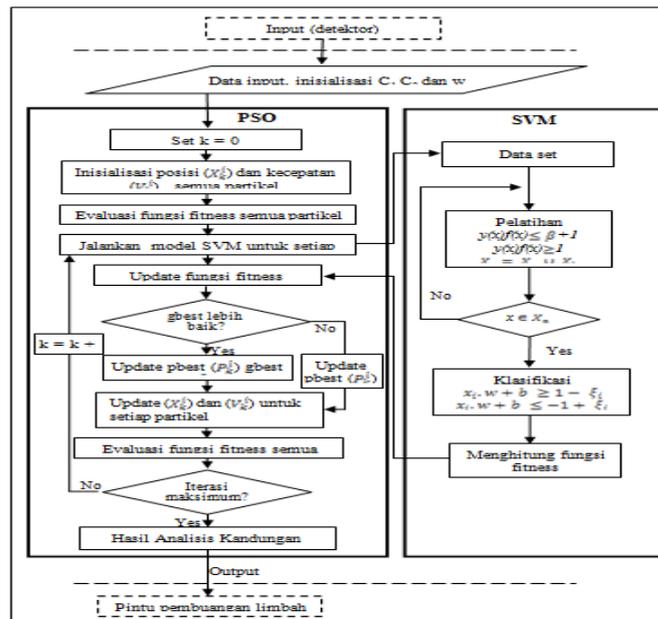
$$V_k^i = (V_k^{i1}, V_k^{i2}, \dots, V_k^{in})^T. \quad (4)$$

5. Evaluasi nilai fitness untuk semua partikel *i*.
6. Menjalankan model SVM untuk semua partikel yang telah terinisialisasi, partikel tersebut merupakan dataset (input) pada SVM.
7. Menjalankan proses pelatihan untuk setiap data yang telah terseleksi. Parameter pada proses pelatihan ini merupakan masukan yang berasal dari baku mutu air limbah yang telah ditentukan dan kemudian akan menjadi garis pemisah (*hyperplane*) untuk memisahkan 2 buah kelas sebagai $y(x)f(x)=1$. Kandidat *support vector* diperoleh dari $y(x)f(x) \leq \beta + 1$ dan $y(x)f(x) \geq 1 - \beta$ (β adalah parameter yang ditentukan pengguna).
8. Jika terdapat data pelatihan baru dan model hasil pelatihan sebelumnya akan diperbaharui, maka dari data pelatihan lama cukup diambil sebagian data sebagai kandidat *support vector*.
9. Data hasil pelatihan diklasifikasikan dengan $x_i \cdot w + b \geq 1$ untuk kelas 1, dan $x_i \cdot w + b \leq -1$ untuk kelas 2.
10. PSO melakukan update fungsi fitness. Nilai fitness diperoleh dari hasil klasifikasi SVM.
11. Jika nilai fitness lebih baik dari gbest sebelumnya, maka dilakukan update pbest dan gbest, tetapi jika nilai fitness tidak lebih baik dari gbest maka hanya update pbest yang dilakukan.

12. Berdasarkan pbest (posisi terbaik partikel) dan gbest (posisi terbaik dalam populasi) yang baru maka dilakukan update posisi (X_{k+1}^i) dan kecepatan (V_{k+1}^i) untuk semua partikel dengan rumus :

$$V_{k+1}^i = w \cdot V_k^i + c_1 \text{rnd}(P_k^i - X_k^i) + c_2 \text{rnd}(P_k^g - X_k^i) \quad (5)$$

$$X_{k+1}^i = X_k^i + V_{k+1}^i \quad (6)$$
13. Melakukan evaluasi fungsi fitness terbaru semua partikel untuk iterasi berikutnya.
14. Kembali ke point 6 untuk proses pada modul SVM untuk iterasi berikutnya, jika iterasi sudah maksimum, maka algoritma PSO-SVM selesai dan menghasilkan output apakah pembuangan limbah dilakukan atau tidak.



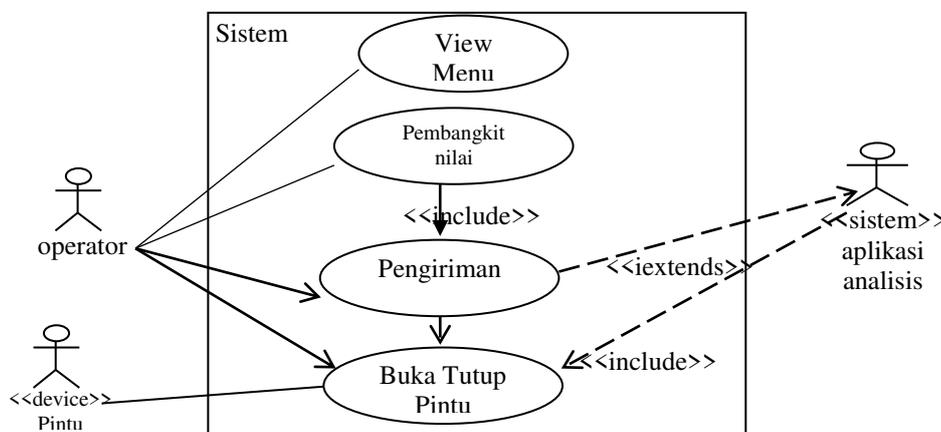
Gambar 3. Implementasi Algoritma PSO dan SVM

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk mencapai tujuan penelitian maka dibuat suatu aplikasi sistem pakar yaitu aplikasi analisis untuk melakukan analisis kandungan unsur dalam limbah menggunakan algoritma PSO dan SVM dan aplikasi simulator yang menjalankan fungsi detektor/sensor limbah dan menjalankan proses buka tutup pintu pembuangan limbah.

3.1 Use Case Diagram Aplikasi

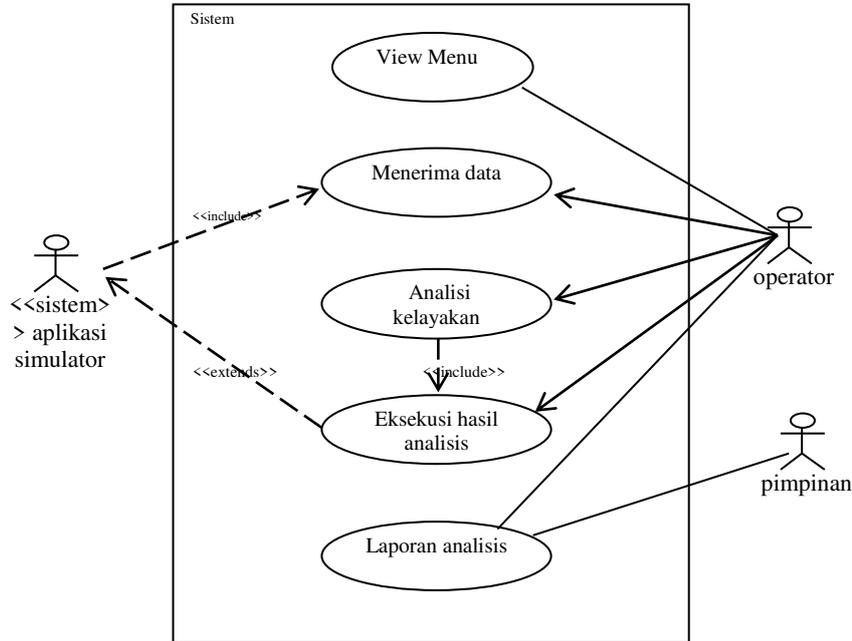
Use Case aplikasi sistem pakar adalah diagram yang digunakan menggambarkan fungsionalitas sistem dari aplikasi simulator dan bagaimana aplikasi tersebut berinteraksi dengan dunia luar. Diagram use case aplikasi adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Use Case Diagram Aplikasi Sistem Pakar

3.2 Use Case Diagram Aplikasi Analisis

Use Case diagram aplikasi analisis menggambarkan interaksi antara 3 aktor yang berada diluar sistem, yaitu aktor sistem (aplikasi simulator, aktor operator dan aktor pimpinan).



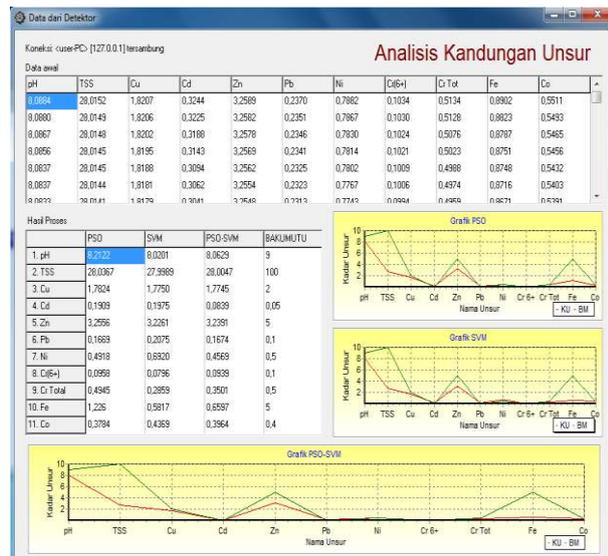
Gambar 5 Use Case Diagram Aplikasi Analisis

3.3 Implementasi Aplikasi

Implementasi aplikasi simulator akan menghasilkan data yang dibangkitkan kemudian dikirim ke aplikasi analisis. Pada implementasi ini akan ditampilkan 1100 data dari 11 unsur yang nilainya dibangkitkan. Pada implementasi ini juga memperlihatkan respon dari pembukaan/penutupan pintu pembuangan limbah berdasarkan hasil analisis yang diterima dari aplikasi analisis.



Gambar 6 Implementasi Simulator



Gambar 7 Implementasi Analisis

Pada Gambar 6 menampilkan data yang dibangkitkan dan pada indikator terlihat jumlah data yang dibangkitkan sebesar 1100 data. Dalam sekali pembangkitan data setiap unsur dibangkitkan sebanyak 100 data. Pada gambar terlihat nilai pertama 8,0884 adalah nilai pH, selanjutnya TSS = 28,0152, Cu = 1,8207, Cd = 0,3244, Zn = 3,2589, Pb = 0,2370, Ni = 0,7882, Cr⁽⁶⁺⁾ = 0,1034, Cr (Total) = 0,5134, Fe =

0,8902, Co = 0,5511, dan nilai pH berikutnya adalah 0,0880. Pola pembangkitan data dilakukan untuk tiap unsur dan dilakukan sebanyak 100 kali sehingga total data dalam sekali pembangkitan sebesar 1100 data. Data yang dibangkitkan sudah terkodefikasi sehingga data yang diterima aplikasi analisis nantinya dapat mengenal kepemilikan nilai-nilai tersebut. Pada indikator deteksi menunjukkan angka dua yang berarti nilai-nilai di atas merupakan data yang dibangkitkan kedua kalinya. Dan pada indikator buka/tutup pintu adalah "PINTU TERBUKA". Pada Gambar 6 ditampilkan hasil implementasi aplikasi analisis yang terdiri dari tiga bagian utama, yaitu data awal dalam bentuk tabel, hasil proses/analisis dalam bentuk tabel dan grafik. Pada tabel paling atas memperlihatkan nilai yang dibangkitkan sebagai data awal dengan nilai di atas toleransi batas atas untuk tiap unsur. Nilai-nilai seperti pada gambar di atas dibangkitkan untuk melihat kinerja aplikasi dalam merespon kondisi nilai yang berada di atas toleransi batas atas. selanjutnya aplikasi merespon dengan baik kondisi nilai yang berada di atas toleransi batas atas dengan melakukan penurunan nilai untuk mencapai kondisi nilai dalam range baku mutu sehingga proses buka pintu pembuangan dapat terjadi. Pada pembangkitan nilai lainnya nilai-nilai unsur dibawah toleransi batas bawah aplikasi akan merespon untuk melakukan proses penutupan pintu pembuangan. Tiga grafik yang dimunculkan pada Gambar 7 masing-masing memperlihatkan hasil proses/analisis Algoritma Support Vector Mechine (SVM), Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) dan gabungan ketiga Algoritma tersebut. Hasil analisis kemudian diberikan bobot nilai tertinggi (3), sedang (2) dan (1) seperti yang terlihat pada tabel ke dua dari Gambar 6 . Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk 11 unsur dalam limbah, ternyata PSO memiliki range nilai tertinggi (3) yang paling dominan, yaitu untuk 7 unsur pH, TSS, Cu, Zn, Cr⁽⁶⁺⁾, Cr Total, dan Fe, sedangkan untuk SVM hanya 4 nilai tertinggi masing-masing Cd, Pb, Ni dan Co, sementara untuk penggabungan keduanya, tidak terdapat bobot dengan nilai tertinggi. Untuk bobot nilai terendah (1) banyak terdapat (mayoritas) pada SVM masing-masing pada nilai unsur pH, TSS, Cu, Zn, Cr⁽⁶⁺⁾, Cr Total dan Fe, sedangkan pada PSO, hanya pada Pb dan Co. Sedangkan untuk penggabungan keduanya hanya terdapat pada nilai unsur Cd dan Ni. Sementara untuk penggabungan antara PSO dan SVM mayoritas bobot nilainya adalah (2), masing-masing pada nilai unsur pH, TSS, Cu, Zn, Pb, Cr⁽⁶⁺⁾, Cr Total, Fe dan Co. Sedangkan bobot (1) hanya terdapat pada unsur Cd dan Ni. Untuk bobot (3) tidak ada sama sekali.

4. Simpulan

1. Otomatisasi pembuangan limbah dapat dilakukan melalui analisis menggunakan algoritma Particle Swarm Optimization dan Support Vector Machine dengan lama waktu analisis setiap dua menit untuk 1100 data uji yang digunakan.
2. Algoritma Particel Swarm Optimizaton, dimana dari 11 unsur yang dianalisis tujuh unsur memiliki bobot nilai tertinggi dalam setiap pengukuran yaitu pH, TSS, Cu, Zn, Cr⁽⁶⁺⁾, Cr Total, dan Fe., sementara Support Vector Machine hanya empat unsur yang memiliki nilai bobot tertinggi dari setiap pengukuran, yaitu unsur Cd, Pb, Ni dan Co.

Daftar Pustaka

- [1] Giyatmi, Zaenul Kamal, Damajati Melati, 2008, "Penurunan Kadar Cu,Cr Dan Ag Dalam Limbah Cair Industri Perak Di Kotagede Setelah Diadsorpsi Dengan Tanah Liat Dari Daerah Godean". ISSN 1978-0176, Yogyakarta, 2008.
- [2] Giyatmi, Zaenul Kamal, Damajati Melati, 2010, "Pengaruh pH dan Waktu Kontak terhadap Biosorpsi Logam Zn oleh Biomassa Aspergillus Niger Van Tieghem pada Larutan Limbah Pertambangan Nikel", Fakultas MIPA, Universitas Pendidikan Indonesia Bandung.
- [3] Nugeraha, Sri Sumiyati, Ganjar Samudro, 2010, "Pengolahan Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara Menggunakan Biokoagulan : Studi Penurunan Kadar Tss, Total Fe Dan Total Mn Menggunakan Biji Kelor". Jurnal Presipitasi Vol.7 No.2.