

Sistem Pendeteksian Kerusakan Mesin Sepeda Motor 4-Langkah Berbasis Suara Menggunakan *Support Vector Machine* (SVM)

(Sound Based Detection System on 4- Stroke Motorcycle Engine Dysfunction Using *Support Vector Machine* (SVM))

HESTI SUSILAWATI, WINDA ASTUTI, NANGIM ULINNUHA, HERU TAUFIQURROHMAN

ABSTRACT

Detection process early towards motorcycle engine condition will be important matter especially for common user motorcycle. This detection can be used to estimate motorcycle engine condition (normal or damage), damage kind, how big damage influence towards motorcycle continuance, motorcycle duration can survive with damage and cost estimate that taked suppose will repair damage. In this research is built 4-stroke motorcycle engine damage detection system based on voice uses Support Vector Machine (SVM) multi class. In system that proposed, motorcycle engine voice is recorded and then cultivated so that produce feature shaped coefficient Linear Predictive Coding (LPC). Coefficient LPC that extracted from this motorcycle engine voice then become an input for SVM. Furthermore SVM will determine motorcycle engine condition. Engine condition detection system based on SVM this meant to detect three engine conditions that is normal condition, damage cham chain and damage ignition system. System applications that proposed show that motorcycle engine condition detection system based on voice uses SVM has good accuracy that is 100%.

Keywords : damage motorcycle, engine voice, SVM, LPC

PENDAHULUAN

Sepeda motor merupakan produk dari teknologi otomotif yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia. Akan tetapi sebagian besar penggunaannya masih awam akan mesin sepeda motor, sehingga apabila mengalami masalah atau gangguan, hal yang dilakukannya adalah membawa sepeda motor tersebut ke bengkel. Salah satu teknik yang biasa digunakan oleh seorang teknisi untuk mendeteksi kerusakan sepeda motor adalah dengan mendengarkan suara yang dihasilkan mesin sepeda motor. Suara mesin yang mengalami kerusakan akan mempunyai karakteristik berbeda-beda tergantung dari jenis kerusakan. Hasil dari teknik tersebut sangat subyektif tergantung kemampuan dari teknisi.

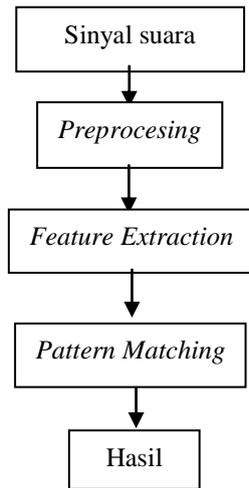
Berdasarkan pengalaman tersebut, sistem pendeteksian kerusakan mesin sepeda motor berdasarkan suara yang dihasilkan sangat diperlukan untuk menjamin keakuratan dari

pendeteksian kerusakan tersebut. Dengan demikian pengguna sepeda motor yang awam akan mesin sepeda motor dapat melakukan deteksi dini terhadap keadaan mesin sepeda motornya tanpa perlu membawanya ke bengkel.

Pada sistem ini suara mesin sepeda motor akan direkam dan kemudian diolah menggunakan *feature extraction Linear Predictive Coding* (LPC). Koefisien LPC yang diekstrak dari suara mesin sepeda motor ini kemudian menjadi masukan untuk *Support Vector Machine* (SVM). Selanjutnya SVM akan menentukan kondisi mesin sepeda motor. Sistem pendeteksian kondisi mesin berbasis SVM ini dimaksudkan untuk mendeteksi tiga kondisi mesin, yakni kondisi normal, kerusakan rantai keteng (*cham chain*) dan kerusakan pada sistem pengapian.

Sistem Pengidentifikasi Suara

Model dari sistem pengidentifikasi suara diilustrasikan pada Gambar 1.



GAMBAR 1. Model sistem pengidentifikasi suara

Preprocessing

Sinyal suara mesin suara motor direkam dengan *microphone* selama 60 detik dengan menggunakan sound recorder. Perekaman dilakukan dengan sedikit *noise*. Spesifikasi perekaman diambil pada frekuensi 8 MHz, 16 bit, mono. Sinyal suara yang didapat akan dipotong secara manual dengan bantuan *software*. Sinyal suara dipotong secara manual tiap 0,03 detik. Setiap sinyal suara dipotong 20 titik pemotongan yang selanjutnya akan diolah di *Feature Extraction* dan *Patern Matching*.

Feature Extraction

Feature extraction merupakan proses yang mengubah sinyal asli ke dalam bentuk vektor yang dapat digunakan untuk klasifikasi. Hasil prepossessing sinyal suara kemudian diextract menggunakan *Linear Predictive Coding* (LPC). Pengekstrasian sinyal suara menggunakan LPC mempunyai beberapa tahap, yaitu:

1. *Preemphasis*

Proses *preemphasis* dilakukan terhadap sinyal inputan untuk memperkecil daerah perubahan sinyal. Sinyal suara motor dilewatkan pada suatu filter digital yang berfungsi untuk meratakan spektral sinyal. Filter digital yang sering dipakai adalah:

$$H(z) = 1 - \tilde{a}z^{-1}, \quad 0,9 \leq \tilde{a} \leq 1 \quad (1)$$

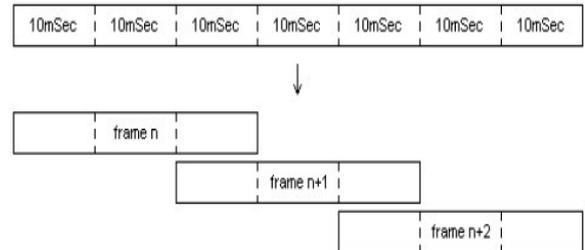
Keluaran *preemphasis* dapat didefinisikan sebagai:

$$\tilde{s}(n) = s(n) - \tilde{a}s(n-1) \quad (2)$$

Hasil keluaran dari proses *preemphasis* ini kemudian dibentuk menjadi beberapa frame pada proses *frame blocking*.

2. *Block to Frame*

Sinyal suara dibagi ke dalam *frame-frame*, misalkan setiap *frame* 30 ms dengan *overlap* pada 20 ms.



GAMBAR 2. *Frame Blocking*

3. *Windowing*

Windowing dilakukan pada setiap *frame* yang didapat dari *frame blocking*. Teknik *windowing* yang digunakan pada percobaan kali ini adalah *Hamming Window* dengan persamaan:

$$w(n) = 0,54 - 0,46\cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), 0 \leq n \leq N-1 \quad (3)$$

Sedangkan hasil dari proses *windowing* tersebut adalah sinyal:

$$\tilde{x}_1(n) = x_1(n) - w(n), 0 \leq n \leq N-1 \quad (4)$$

4. *Spectral Analysis*

Linear Predictive Coding (LPC) analisis dengan pendekatan *autocorrelation* dan algoritma *Levins-Durbin*.

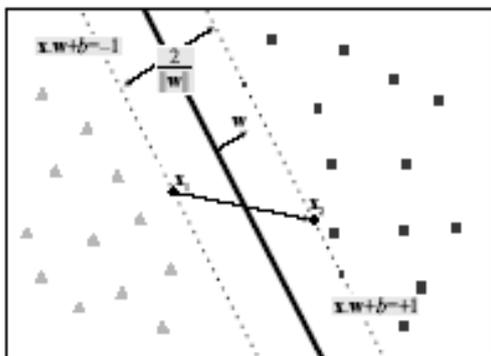
Pattern Matching

Support vector machine merupakan salah satu metode *pattern recognition* yang dikembangkan oleh Boser, Guyon, Vapnik, dan pertama kali dipresentasikan pada tahun 1992 di *Annual Workshop on Computational Learning Theory*. *Support vector machine* merupakan metode *learning machine* yang bekerja atas prinsip *Structural Risk Minimization* (SRM) dengan tujuan menemukan *hyperplane* terbaik yang

memisahkan dua buah *class* pada *input space* (Nugroho, 2003).

Metode ini secara matematika lebih sederhana dan mampu menghindari masalah *over-fitting* (Bannet, 2000). Berbeda dengan *neural network* yang berusaha mencari *hyperplane* pemisah antar *class*, SVM berusaha menemukan *hyperplane* yang terbaik pada *input space*. Prinsip dasar SVM adalah pemetaan data pelatihan non-linear kedalam ruang kerja yang berdimensi tinggi dengan mempergunakan konsep kernel fungsi (Cristianini dan Shawe, 2000). Dalam SVM terdapat 3 aspek utama, yaitu *discrimination* (optimal) *hyperplane*, optimisasi melalui *Largrange multipliers* dan fungsi kernel. Dua aspek pertama merupakan klasifikasi data yang dapat dipisahkan secara linear dengan asumsi tidak terdapat data yang miss-klasifikasi. Aspek ketiga lebih berhubungan dengan klasifikasi data yang tidak dapat dipisahkan (*non-separable*) sehingga terdapat data yang salah dalam penempatannya.

Gambar 3 menunjukkan pemisahan data secara linear (*linearly-separable*) dengan tidak terdapat data yang salah penempatan (*misclassification data*).



GAMBAR 3. SVM dengan pemisahan data secara linier.

Dalam pemisahan data secara linear, pelatihan SVM selalu mencari penyelesaian dengan optimisasi yang global dan menghindari *over-fitting*, sehingga memiliki kemampuan untuk berkerja dengan jumlah data yang besar. Pada pemisahan data secara linier terdapat *hyperplane* pemisah dengan fungsi sebagai berikut:

$$w \bullet x + b = 0 \quad w \in R^N, b \in R \quad (5)$$

Untuk optimisasi linear, sebuah *hyperplane* di dibuat untuk memisahkan dua kelas dengan persamaan:

$$y_i (w \bullet x + b) \geq 1, i = 1, \dots, N \quad (6)$$

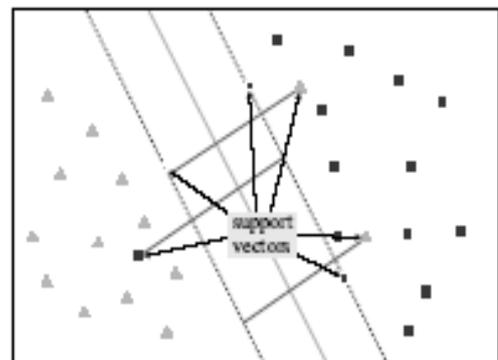
Dengan meminimisasi $\|w\|$ dengan batasan (*constrain*) di atas, dalam pendekatannya SVM selalu mencari pemisah *hyperplane* yang unik. Di mana $\|w\|$ merupakan *normal Euclidean* dari w , dan jarak antara *hyperplane* dengan poin data terdekat dari setiap kelas adalah $1/\|w\|$. Dengan memperkenalkan *Lagrange multiplier* α_i , prosedur pelatihan SVM dengan penyelesaian *convex quadratic problem* (QP). Penyelesaian ini akan menghasilkan optimisasi yang lebih global, yang memiliki properti sebagai berikut:

$$w = \sum_i^N \alpha_i y_i x_i \quad (7)$$

Pada saat α_i tidak sama dengan nol (*zero*), x_i merupakan *support vectors*. Pada pelatihan SVM, keputusan dapat dibuat dengan membandingkan setiap data x dengan $\{x_i\}$, dimana $i \in \text{SV}$;

$$y = \text{sign} \left(\sum_{i \in \text{SV}} \alpha_i y_i \left(x_i \bullet x^T \right) + b \right) \quad (8)$$

Umumnya situasi yang sering terjadi adalah kasus pemisahan data yang tidak linear, seperti pada Gambar 4.



GAMBAR 4. SVM dengan pemisah data yang tidak linear

Pada sebuah pemisahan data yang tidak linear, SVM akan memetakan input vektor x pada ruang input ke dalam ruang dimensi yang lebih tinggi, di mana data dipetakan fungsi kernel. Terdapat 4 jenis fungsi kernel yang sering digunakan untuk klasifikasi data, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1. Formulasi untuk fungsi kernel

Kernel	$K(x, x_i)$
Linear	$x^T \cdot x_j$
Polynomial	$(x^T \cdot x_j + 1)^d$
Gaussian RBF	$\exp(-\ x-x_j\ ^2/2\sigma^2)$

Pemilihan fungsi kernel tergantung pada karakteristik data. Pemilihan ini digunakan untuk mencapai hasil klasifikasi yang optimal.

SVM Multi-class

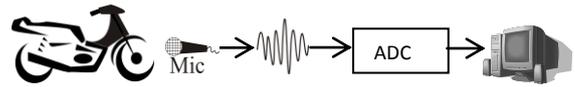
Pada dasarnya SVM hanya mampu menangani klasifikasi dua kelas. Kini SVM telah dikembangkan untuk klasifikasi lebih dari dua kelas. Terdapat dua metode dasar pada sistem *multiclass*, yaitu *One-against-all (one vs all)* atau lebih sering disebut OVA dan juga *One-against-one (one vs one)* atau lebih dikenal dengan OVO.

Dalam metode *One-against-all (OVA)* dilakukan penyusunan N-model SVM pada sejumlah N-kelas. Setiap SVM akan membangun *decision boundary* antara satu kelas dengan kelas yang lain. Kemudian SVM dilatih dengan data uji yang terdiri semua data pada *i* kelas dengan target positif dan sampel yang lain adalah negatif.

Metode *one-against-one* didapat dengan membuat kombinasi pasangan klasifikasi biner untuk setiap kemungkinan kombinasi kelas. Data yang paling banyak ‘menang’ dalam pengklasifikasian biner merupakan data yang teridentifikasi. Berdasarkan teknik ini, metode *one-against-one* juga dikenal dengan *voting scheme*.

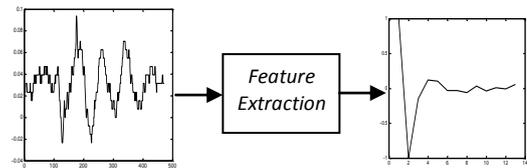
MODEL DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Model sistem pendeteksian kondisi mesin sepeda motor 4-langkah yang diajukan ditunjukkan pada Gambar 5. Mikrofon digunakan untuk merekam suara mesin sepeda motor kemudian disimpan pada komputer dengan format berekstensi *.wav, resolusi 16 bit, frekuensi *sampling* 8 MHz, dan dengan kanal mono. Kemudian algoritma *feature extraction* dan algoritma *SVMs-based multi-class classification* diimplementasikan menggunakan MATLAB.

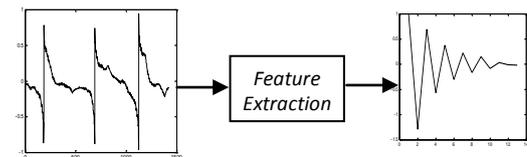


GAMBAR 5. Sistem pendeteksian suara mesin sepeda motor 4-langkah

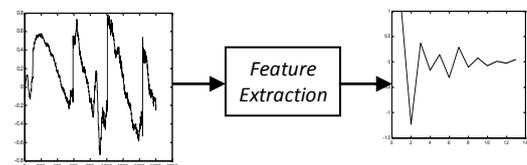
Sistem pendeteksian ini dibangun dengan mengambil 18 sampel suara mesin sepeda motor 4-langkah buatan Honda tahun keluaran di atas tahun 2000 dengan waktu perekaman adalah enam puluh detik untuk setiap motor. Sampel suara yang diambil adalah sampel suara mesin motor normal, suara mesin motor dengan kerusakan rantai keteng (*cham chain*), dan suara mesin dengan kerusakan pada sistem pengapian. Dengan perincian 3 data pelatihan dan 15 data pengujian, hasil perekaman akan dipotong dengan rentang waktu 0,03 detik dan diambil dua puluh data masing-masing sampel suara sebagai data yang akan diproses. Kemudian dilanjutkan ke tahap *feature extraction*. Gambar 3, 4, dan 5 menunjukkan sinyal suara sepeda motor hasil ekstraksi oleh LPC.



GAMBAR 6: Sinyal suara sepeda motor normal



GAMBAR 7: Sinyal suara sepeda motor rusak rantai keteng



GAMBAR 8: Sinyal suara sepeda motor rusak pengapian.

Tahap berikutnya adalah tahap pelatihan. Pada tahap ini data dari tiga buah sepeda motor yaitu sepeda motor dengan mesin normal, rusak rantai keteng, dan rusak sistem pengapian digunakan sebagai data pelatihan dan metode yang digunakan pada algoritma

SVMs-based multi-class classification ini adalah metode *one-against-one* dengan menggunakan kernel linear.

Selanjutnya dilakukan tahap pengujian yaitu menguji 15 sampel suara mesin motor yang teridentifikasi sebagai berikut: motor kondisi normal sebanyak 8 motor, motor kondisi rusak pada pengapian sebanyak 6 motor, dan motor kondisi rusak rantai keteng (*cham chain*) sebanyak 1 motor. Tetapi sebelum menguji kelima belas data tersebut, dilakukan pengujian terhadap data yang telah dilatih terlebih dahulu.

HASIL DAN ANALISIS PENGUJIAN SISTEM

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian untuk ketiga kondisi mesin sepeda motor. Pelatihan dilakukan untuk setiap data *training*, yaitu pelatihan untuk kondisi normal, kondisi rusak rantai keteng, dan kondisi rusak sistem pengapian dengan menggunakan kernel linear. Waktu pelatihan pada masing-masing data pelatihan cukup bagus, yaitu untuk data kondisi mesin normal sebesar 0,9 detik, data kondisi rusak rantai keteng sebesar 0,1 detik dan untuk data kondisi rusak sistem pengapian memiliki waktu pelatihan 0,1 detik.

TABEL 2. Hasil pelatihan dan pengujian

Klasifikasi kondisi mesin sepeda motor	Waktu pelatihan (s)	Akurasi pengklasifikasian (%)	
		Pelatihan	Pengujian
Normal	0,9	100	100
Rusak rantai keteng	0,1	100	100
Rusak Pengapian	0,1	100	100

Pada tahap pengujian sistem pendeteksi yang dibangun yaitu menggunakan metode *one-against-one*, untuk data pelatihan mampu diklasifikasikan sesuai kondisinya sebesar 100%. Dan untuk pengujian data yang diuji, sepeda motor normal dapat dideteksi 100%, sepeda motor rusak rantai keteng dapat dideteksi 100%, dan sepeda motor rusak pada sistem pengapian dapat dideteksi 100%. Hasil ini dapat diperoleh karena SVM mengklasifikasikan data yang diuji berdasarkan hasil *error* perbandingan terkecil yang diperoleh.

Dengan menggunakan algoritma *feature extraction* LPC, algoritma SVM pengklasifikasian multi-kelas *one-against-one*, dan dengan menggunakan kernel linear, sistem yang dibangun telah mampu mendeteksi tiga kondisi mesin sepeda motor 4-langkah berdasarkan suara mesin yaitu kondisi normal, kondisi rusak rantai keteng (*cham chain*), dan kondisi rusak sistem pengapian, dengan jumlah motor sebanyak 18 motor.

Hasil yang diperoleh tetap sama dengan pengujian dilakukan berulang kali, karena SVM memiliki sifat tegar (*robust*). Walaupun data yang diujikan belum terlalu banyak, sistem ini dapat dikatakan memiliki akurasi yang bagus untuk mendeteksi kondisi mesin sepeda motor 4-langkah berdasarkan suara.

KESIMPULAN

Penelitian ini membahas pengembangan sistem pendeteksian kerusakan sepeda motor berdasarkan suara mesin. Pada sistem yang diusulkan, suara sepeda motor diekstrak sehingga menjadi sebuah feature yakni LPC dan kemudian digunakan sebagai masukan pada sistem. Lebih lanjut, *support vector machine* (SVM) digunakan dalam pendeteksian kerusakan sepeda motor. Hasil pengujian pada sistem menunjukkan bahwa sistem pendeteksian kerusakan sepeda motor dengan menggunakan SVM berdasarkan suara mesin bekerja dengan baik. Sistem yang diusulkan mampu memberikan ketepatan pendeteksian sebesar 100%.

DAFTAR PUSTAKA

- Bannet. P. Kristin. C. Campbell (2000). *Support Vector Machines: Hype or Hallelujah?* SIGKDD exploration. Vol.2.
- Cristianini, N. and Shawe, T.J. (2000). *An introduction to Support Vector Machine and other kernel-based learning methods*. Cambridge .
- Nugroho A.S. (2003). *Bioinformatika dan pattern recognition*, <http://ilmukomputer.com>, diakses pada 20 Juli 2008 University Press. Research.

Nugroho, A.S, Witarto, A.B. & Handoko, Dwi
(2003). *Support Vector Machine : Teori
dan Aplikasinya dalam Bioinformatika*,
<http://ilmukomputer.com>, diakses pada
20 Juli 2008.

PENULIS:

Hesti Susilawati✉, Winda Astuti, Nangim
Ulinnuha, Heru Taufiqurrohman

Program Studi Teknik Elektro, Universitas
Jendral Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah.

✉ Email : hesti_s@yahoo.co.id