

REKAYASA (TEKNIK PROSES)

LAPORAN AKHIR
HIBAH BERSAING



SISTEM IDENTIFIKASI DAN DIAGNOSIS GANGGUAN PADA
FAN INDUSTRI BERBASIS KECERDASAN BUATAN

Tahun ke-2 dari rencana 2 tahun

Dr. Ir. Dian Retno Sawitri, MT - 0616076701
Dr. Ing. Vincent Suhartono - 0608105403
M. Ary Heryanto, S.T., M.Eng - 0631057304

UNIVERSITAS DIAN NUSWANTORO
SEMARANG
DESEMBER – 2013

RINGKASAN

Fan secara luas telah digunakan dalam kegiatan industri, baik sebagai pengkondisi udara maupun penanganan material. Untuk menggerakkan fan menggunakan 78.8 juta kilowatt jam energi setiap tahun. Dari jumlah tersebut 15% nya digunakan untuk menggerakkan motor. Gangguan pada fan khususnya gangguan pada motornya akan menyebabkan gangguan pada pasokan udara dan timbulnya suara bising yang mengganggu. Gangguan yang tidak segera diperbaiki akan menyebabkan pemborosan energi.

Untuk mendiagnosis gangguan pada fan industri sedini mungkin, telah dibuat sebuah system berbasis kecerdasan buatan. Sistem ini terdiri dari 4 langkah yang meliputi denoising, feature calculation, feature extraction, classification, Analyze Performa Classification. Denoising untuk menghilangkan derau menggunakan transformasi wavelet, perhitungan fitur dengan operasi statistic, ekstraksi fitur menggunakan principal component analysis (PCA), dan klasifikasi menggunakan Support Vector Machine (SVM). yang terakhir untuk menguji performa pengklasifikasi (classifier) digunakan analisa menggunakan perangkat yang disebut Receiver Operating Characteristic (ROC). Dengan ROC ini dapat dinilai apakah classifier yang digunakan memiliki performa yang baik atau tidak.

Untuk menguji system yang diusulkan, dilakukan pembangkitan data melalui sebuah eksperimen dengan sebuah prototype. Dengan prototype tersebut, dibangkitkan data gangguan yang meliputi gangguan kelistrikan yang terdiri atas frekuensi yang bervariasi, hubung singkat antar lilitan stator, dan ketidakseimbangan tegangan.

Hasil aplikasi system pada data yang dibangkitkan menunjukkan bahwa SVM memiliki performa yang “cukup baik” untuk mendeteksi gangguan kelistrikan pada fan industri berdasar parameter arus. Sedangkan gangguan kelistrikan pada fan industri dengan parameter vibrasi dapat diidentifikasi oleh SVM dengan performa yang “baik”. Hasil ini didasarkan pada luas dibawah kurva pada analisis ROC dimana identifikasi gangguan oleh SVM berbasis vibrasi memberikan luas yang lebih besar dibanding hasil identifikasi SVM berbasis arus, dengan nilai AUC berturut-turut adalah 0.8088 untuk vibrasi dan 0.7649 untuk arus.

Hasil identifikasi khusus terhadap ketidakseimbangan tegangan memberikan hasil yang baik. Sedangkan identifikasi gangguan berdasarkan sinyal aliran udara yang meliputi kecepatan dan densitas aliran udara memberikan hasil yang kurang memuaskan. Hal ini kemungkinan disebabkan SVM kurang cocok jika diaplikasikan pada parameter aliran udara.

Untuk peningkatan kualitas penelitian ini dimasa yang akan datang, system perlu diperbaiki dengan mencoba jenis classifier yang lain, ataupun algoritma ekstraksi fitur yang lain. Perbaikan juga dapat dilakukan dengan menguji system untuk jenis data yang lain.

Kata Kunci : Fan Industri, Motor Induksi, Deteksi Gangguan, Support Vector Machine (SVM), Receiver Operating Characteristic (ROC), Analisa Wavelet, Principal Component Analysis (PCA).

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah s.w.t, atas karunianya penelitian dengan judul "Sistem Identifikasi dan Diagnosis Gangguan pada Fan Industri berbasis Kecerdasan Buatan" tahap I telah selesai dilakukan. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengembangkan ilmu pada bidang aplikasi sistem cerdas pada deteksi dan diagnosis gangguan (Fault Detection and diagnosis). Plant penelitian menggunakan fan industri mengingat pemakaian peralatan tersebut sangat luas di dunia industri. Jika gangguan pada fan industri dapat dideteksi secara dini maka diharapkan akan memberikan nilai tambah kepada dunia industri, terkait penghematan biaya pemeliharaan dan efisiensi pemakaian bahan bakar, terutama bahan bakar listrik.

Selama proses penelitian berlangsung, banyak kendala yang dihadapi peneliti. Kendala tersebut antara lain, saat instalasi prototipe tidak sekali pasang langsung jadi, tetapi perlu bongkar pasang berkali-kali sehingga didapatkan rangkaian prototipe yang reliable. Juga dalam aplikasi siste cerdas yaang telah direncanakan, ada perubahan yang signifikan. Pada usulan penelitian awal, ekstraksi fitur cukup menggunakan transformasi wavelet. Namun dalam perjalanan selanjutnya analisa wavelet tidak cukup valid sehingga perlu ditambah dengan algoritma lain yaitu Principal Component Analysi (PCA).

Penelitian ini masih jauh dari sempurna. Sistem yang telah dibangun perlu dikembangkan dan diuji lebih lanjut dengan mengaplikasikannya pada data baru atau membandingkannya dengan perangkat sistem cerdas yang lain. Diwaktu yang akan datang, semoga penelitian ini bisa dikembangkan dan disempurnakan lagi sehingga bisa diaplikasikan ke mesin-mesin industri.

Akhir kata peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian Direktorat Pendidikan Tinggi, Depdiknas dan Kopertis Wilayah VI Jawa Tengah yang telah memfasilitasi dan membiayai penelitian ini. Ucapan terima kasih juga peneliti sampaikan kepada jajaran pimpinan Universitas Dian Nuswantoro (Rektor, Wakil Rektor, LPPM, dan Dekan Fakultas Teknik). Terima kasih juga kepada teman-teman anggota penelitian dan para teknisi yang telah membantu, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

Bagi para pembaca yang membaca laporan penelitian ini, jika sekiranya ada kritik dan saran, maka peneliti dengan terbuka akan menerimanya. Kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan dapat memperbaiki kualitas penelitian ini dimasa yang akan datang.

Semarang, Desember 2013

Peneliti

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Ringkasan dan Summary	iii
Prakata	iv
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	viii
Daftar Lampiran	x
Bab I. Pendahuluan	1
Latar belakang	1
Perumusan Masalah.....	3
Bab II. Tinjauan Pustaka	4
Deteksi dan Diagnosis Gangguan	4
Fan Industri	5
Centrifugal Fan	5
Axial Fan	6
Gangguan pada Fan Industri	7
Identifikasi Gangguan Menggunakan Analisa Spektrum Arus	8
Identifikasi Gangguan Menggunakan Analisa Vibrasi	10
Aplikasi Sistem Cerdas untuk Deteksi Gangguan pada Fan	11
Wavelet Transform, Principal Component Analysis, Support Vector Machine, Emerging Pattern, dan Receiver Operating Characteristic	13
Bab III. Tujuan dan Manfaat Penelitian	16
Tujuan Penelitian	16
Manfaat dan Keutamaan Penelitian	16
Bab IV. Metode Penelitian	18
Obyek Penelitian	18
Tahapan Penelitian	18
Bab V. Hasil dan Pembahasan	23
Identifikasi Gangguan berdasar Analisa Spektrum Arus	23

Hasil Denoising Signal Arus	23
Hasil dari Ekstraksi Fitur	23
Identifikasi Gangguan berdasar Signal Arus	24
Identifikasi banyak Gangguan	25
Analisa Performa SVM dengan ROC	26
Identifikasi Gangguan berdasar Analisa Spektrum Vibrasi	28
Identifikasi Gangguan berdasar Analisa Spektrum Vibrasi	28
Hasil Perekaman Signal Vibrasi	28
Hasil Identifikasi Signal Vibrasi dengan SVM	29
Analisis Performa SVM dengan ROC untuk Signal Vibrasi	29
Hasil Identifikasi Gangguan Ketidakseimbangan Tegangan Berbasis Parameter Arus ..	30
Hasil Identifikasi Berbasis Sinyal Aliran Udara	32
Bab VI. Kesimpulan dan Saran	37
Kesimpulan	37
Saran	38
Daftar Pustaka	39
Lampiran	41

DAFTAR TABEL

No Tabel	Judul	Halaman
Tabel 4.1	Karakteristik Motor Dalam Penelitian	19
Tabel 5.1	Hasil Identifikasi Gangguan Berbasis Arus Berdasar Jumlah Kelas	25
Tabel 5.2	Identifikasi SVM untuk Banyak Tipe Gangguan Bebasis Arus	26
Tabel 5.3	Performa SVM Berbasis Arus oleh ROC	27
Tabel 5.4	Hasil Analisis SVM Berdasar Signal Vibrasi	29
Tabel 5.5	Performa SVM Berbasis Vibrasi oleh ROC	30
Tabel 5.6	Hasil Identifikasi Ketidaseimbangan Tegangan Berbasis Parameter Arus dengan SVM	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Mekanisme Supervisi Terjadinya Gangguan	4
Gambar 2.2	Komponen-Komponen Centrifugal Fan	6
Gambar 2.3	Komponen-Komponen Vane-Axial	7
Gambar 2.4	Jenis Gangguan Pada Motor Induksi	7
Gambar 2.5	Modulus Spektrum Arus	9
Gambar 2.6	Modulus Spektrum Arus (Park's Vektor)	10
Gambar 2.7	Sistem Diagnosis Gangguan pada Motor Induksi	10
Gambar 2.8	Titik-Titik Pengukuran untuk Mendeteksi Fault pada Fan	12
Gambar 2.9	Optimal Separating Hyperplane	14
Gambar 2.10	Confusion Matrix and Common Performance Matrix Calculated From It	15
Gambar 4.1	Blok Diagram Penelitian	18
Gambar 4.2	Sistem Identifikasi Gangguan pada Fan yang Diusulkan	20
Gambar 4.3	Two Level Filter Bank Decomposition Wavelet	20
Gambar 5.1	Denoising Signal Arus dengan Wavelet	23
Gambar 5.2	Eigenvalue dari Covariance Matrix untuk Feature Selection	24
Gambar 5.3	Scatter Diagram untuk 3 Principal Component Terbesar	24
Gambar 5.4	Area Under Curve ROC Test untuk Signal Arus	27
Gambar 5.5	Grafik Confusion Matrix untuk Signal Arus	27
Gambar 5.6	Signal Vibrasi untuk Kondisi Normal (No Fault) 50Hz	28
Gambar 5.7	Signal Vibrasi untuk Kondisi Hubung Singkat Antar Lilitan 50 Hz	28
Gambar 5.8	Area Under Curve Analisis ROC Signal Vibrasi	30
Gambar 5.9	Grafik Confusion Matrix Signal Vibrasi	30
Gambar 5.10	Velocity (m/s) Aliran Udara Terekam Akibat Gangguan	32
Gambar 5.11	Densitas (mm) Aliran Udara Terekam Akibat Gangguan	33
Gambar 5.12	Hasil perhitungan fitur velocity udara kondisi tanpa gangguan	34
Gambar 5.13	Hasil perhitungan fitur velocity udara kondisi ketidakseimbangan Tegangan	34

Gambar 5.14 Hasil perhitungan velocity udara kondisi hubung singkat	34
Gambar 5.15 Hasil perhitungan fitur densitas udara kondisi tanpa gangguan	35
Gambar 5.16 Hasil perhitungan fitur densitas udara udara kondisi Ketidakseimbangan tegangan	35
Gambar 5.17 Hasil perhitungan fitur densitas udara kondisi hubung singkat Antar lilitan	36

DAFTAR LAMPIRAN

No. Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Prototipe Sistem Identifikasi Gangguan Pada Fan	41
Lampiran 2.	Biodata peneliti	42
Lampiran 4.	Formulir evaluasi atas capaian kegiatan	49

BAB I PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Dalam kegiatan industri, fan merupakan alat yang vital. Penggunaan fan dalam industri diantaranya digunakan pada system HVAC (Heating Ventilating and Air Conditioning) atau penanganan material pada aplikasi boiler. Dalam pengoperasiannya, fan industri memerlukan energi yang cukup besar. Menurut US Department of Energy (US DOE, 1989), setiap tahun fan industri menghabiskan rata-rata 78.8 juta Kilowatt jam energi. Adanya gangguan pada fan akan menyebabkan menurunnya performa fan, seperti penurunan pasokan udara dan timbulnya suara bising yang mengganggu. Gangguan pada fan selain mengganggu produksi dan lingkungan juga menyebabkan pemborosan pada pemakaian energi. Gangguan yang tidak segera ditangani menyebabkan pemakaian biaya perawatan yang lebih besar. Deteksi gangguan pada fan secara dini dapat menghemat biaya, baik biaya untuk pemakaian energi maupun biaya pemeliharaan.

Gangguan yang timbul pada fan sebagian besar disebabkan oleh gangguan kelistrikan. Gangguan listrik disebabkan adanya masalah pada lilitan motor yang disebabkan kerusakan isolasi (vibration, overheating), operasi yang tidak seimbang (unbalance operation) dan short cycling (overheating) (Stoupe, D.E. and T. Y. Lau, 1989) yang dikutip (Amstrong, et al, 2004). Gangguan kelistrikan ini identik dengan gangguan pada motornya. Motor yang digunakan sebagai penggerak fan pada umumnya adalah motor induksi.

Salah satu metode yang digunakan untuk mendeteksi adanya gangguan pada motor induksi adalah dengan menganalisa spectrum arus (Didier, G., E. et al, 2007; Acosta, G. G., et al, 2006; Guldemir, H., 2003). Dengan menggunakan transformasi Fourier diskrit, adanya patah/retak pada batang rotor dapat dikenali berdasar analisa spectrum arus (Didier, G., E. et al, 2007). Selain mendeteksi adanya gangguan retak pada batang rotor, analisa spectrum arus juga digunakan untuk mendeteksi adanya hubung singkat (short circuit) dalam lilitan stator (Acosta, G. G., et al, 2006) dan airgap eccentricity akibat rotor eccentricity (Guldemir, H., 2003).