

ABSTRACT

Bearing is a critical component in a rotating machine that supports a loaded shaft. Bearing fault is a condition in which the bearing parts (roller elements, inner-race, outer-race) have been damaged (in this study, the damage was in the form of a hole with a certain diameter). In this study, the types of bearing faults were categorized based on the part of the bearing that was damaged and how badly the damage was (hole diameter).

Bearing fault can cause the machine to shutdown and the impact can stop production activities. Diagnostics is performed to find the type of bearing fault. Many methods have been used for bearing fault diagnosis ranging from statistical approaches, signal processing techniques, to machine learning methods.

This study aims to develop a feature extraction method on vibration signals generated due to bearing faults. The developed feature extraction is based on feature learning, and the use of time domain raw signals. Another alternative is to transform the signal to frequency or time-frequency to be fed to the shallow classifier. Linear Dislocated Time Series (LDTS) and dislocated Time Series (DTS) are used to map time domain signals to a Deep Neural Network (DNN) which acts as a learning feature and at the same time as a classifier. The combination of LDTS and DTS with DNN will be able to directly use the raw signal and can reduce the computational burden required to perform the transformation.

The results showed that the tested LDTS-DNN and DTS-DNN methods produced accuracy of up to 97% and 99%. This is a significant increase compared to the previous methods (DTS-CNN: Dislocated Time Series Convolution Neural Network and DBN-DTCWPT: Deep Belief Network - Dual Three Complex Wavelet Packet) which produce 96% and 95% accuracy. The DTS-DNN comparator is a combination of statistical & frequency extraction with a shallow classifier. The combination of shallow classifiers with statistical and frequency extraction can produce up to 99% accuracy (Support Vector Machine - Statistics, Random Forest – FFT, Neural Network – FFT, Logistic Regression – FFT). Compared to shallow classifiers, DTS-DNN has the advantage of being able to directly use raw signals with a time dimension without having to transform to frequency or calculate statistical parameters, thereby reducing the multiplication (computation) burden by 30.3%.

Keywords: Feature Extraction, Bearing Fault Diagnosis, Vibration Raw Signal, Dislocated Time Series (DTS), Deep Neural Network (DNN).

INTISARI

Bantalan (*bearing*) adalah bagian mesin yang menumpu poros berbeban dan merupakan bagian yang kritis pada mesin berputar (*rotating machinery*). Kesalahan bantalan merupakan kondisi pada bagian bantalan (*roller elements, inner-race, outer-race*) yang telah rusak (pada penelitian ini rusaknya berupa lubang dengan diameter tertentu). Pada penelitian ini, tipe kesalahan bantalan dikategorikan berdasarkan bagian bantalan yang mengalami kerusakan dan seberapa parah kerusakannya (diameter lubang).

Kesalahan pada bantalan dapat menyebabkan mesin menjadi mati dan impaknya bisa menghentikan kegiatan produksi. Diagnosis dilakukan untuk mencari tipe kesalahan bantalan. Banyak metode yang telah dipakai untuk diagnosis kesalahan bantalan mulai dari pendekatan statistik, teknik pengolahan sinyal, sampai pada metode pembelajaran mesin (*machine learning*).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode ekstraksi fitur pada sinyal vibrasi yang dibangkitkan karena kesalahan bantalan. Ekstraksi fitur yang dikembangkan berbasis pada pembelajaran fitur (*feature learning*), dan penggunaan sinyal mentah (*raw signal*) berdomain waktu (*time domain*). Alternative lain adalah dengan melakukan transformasi sinyal ke frekuensi ataupun waktu-frekuensi (*time-frequency*) untuk selanjutnya diumpankan ke pengklasifikasi dangkal. *Linear Dislocated Time Series* (LDTS) dan *dislocated Time Series* (DTS) dipergunakan untuk memetakan sinyal berdomain waktu ke Deep Neural Network (DNN) yang bertindak sebagai pembelajaran fitur dan sekaligus sebagai pengklasifikasi. Kombinasi LDTS dan DTS dengan DNN akan bisa langsung mempergunakan sinyal mentah dan dapat mengurangi beban komputasi yang diperlukan untuk melakukan transformasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode LDTS-DNN dan DTS-DNN teruji menghasilkan keakurasian hingga 97% dan 99%. Hal ini meningkat signifikan dibanding metode sebelumnya (DTS-CNN : Dislocated Time Series Convolution Neural Network dan DBN-DTCWPT : Deep Belief Network - Dual Three Complex Wavelet Packet) yang menghasilkan akurasi 96% dan 95%. Pembanding DTS-DNN adalah kombinasi ekstraksi statistik & frekuensi dengan pengklasifikasi dangkal. Kombinasi pengklasifikasi dangkal dengan ekstraksi statistik dan frekuensi bisa menghasilkan keakurasian hingga 99% (Support Vector Machine - Statistik, Random Forest – FFT, Neural Network – FFT, Regresi Logistik – FFT). Dibanding pengklasifikasi dangkal, DTS-DNN mempunyai keuntungan yang bisa langsung menggunakan sinyal mentah berdimensi waktu tanpa harus melakukan transformasi ke frekuensi maupun perhitungan parameter statistik sehingga bisa mengurangi beban perkalian (komputasi) 30,3%.

Kata Kunci: Ekstraksi Fitur, Diagnosis Kesalahan Bantalan, Sinyal Mentah Vibrasi, *Dislocated Time Series* (DTS), *Deep Neural Network* (DNN).