

Jenis Ekstraksi Ciri Untuk Pendeteksian Misalignment pada Motor Induksi Menggunakan Multi Level Transformasi Wavelet Haar dan Coiflet

¹p.p.s. Saputra, ²Safiq Abdillah, ³Martha Kusuma

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Gresik, Gresik
¹ pressa@umg.ac.id,

Abstrak. Saat ini motor induksi banyak digunakan dalam industri karena konstruksi yang kuat, efisiensi tinggi, dan perawatan yang murah. Perawatan mesin diperlukan untuk memperpanjang umur motor induksi. Berdasarkan penelitian sebelumnya, kegagalan bearing dapat menyebabkan 42% - 50% dari semua kegagalan motor. Secara umum ini disebabkan oleh kesalahan produksi, kurangnya pelumasan, dan kesalahan pemasangan. Misalignment motor adalah salah satu kasus kesalahan dalam pemasangan motor induksi. Penelitian ini berfokus untuk mensimulasikan transformasi wavelet diskrit untuk mengidentifikasi misalignment pada motor induksi. Pemodelan operasi motor diperkenalkan dalam penelitian ini sebagai operasi normal dan dua variasi misalignment. Untuk kasus ini, transformasi wavelet haar dan coiflet pada level pertama hingga level kelima digunakan untuk mengekstraksi sinyal getaran motor menjadi sinyal frekuensi tinggi. Kemudian, sinyal energi dan ekstraksi sinyal lain yang didapat dari sinyal frekuensi tinggi dievaluasi untuk menganalisis kondisi motor. Hasilnya menunjukkan bahwa transformasi wavelet diskrit berjenis haar pada level tiga dapat mengidentifikasi keadaan motor yang beroperasi normal dan keadaan motor yang mengalami misalignment.

Keyword – transformasi wavelet, coiflet, ekstraksi ciri, misalignmet

Abstract. Currently induction motors are widely used in industry due to strong construction, high efficiency, and cheap maintenance. Machine maintenance is needed to prolong the life of the induction motor. As studied, bearing faults may account for 42% -50% of all motor failures. In general it is due to manufacturing faults, lack of lubrication, and installation errors. Misalignment of motor is one of the installation errors. This paper is concerned to simulation of discrete wavelet transform for identifying misalignment in induction motor. Modelling of motor operation is introduced in this paper as normal operation and two variations of misalignment. For this task, haar and coiflet discrete wavelet transform in first level until fifth level is used to extract vibration signal of motor into high frequency of signal. Then, energy signal and other signal extraction gotten from high frequency signal is evaluated to analysis condition of motor. The results show that haar discrete wavelet transform at thirth level can identify normal motor and misalignment motor conditions well.

Keyword – wavelet transform, coiflet, ekstraksi ciri, misalignmet

I. PENDAHULUAN

Saat ini, motor induksi digunakan dalam industri karena konstruksi yang kuat, efisiensi tinggi, dan perawatan yang murah. Motor ditempatkan di berbagai lingkungan dan kondisi yang dapat menyebabkan kerusakan pada bagian-bagian motor. Perawatan motor diperlukan untuk memperpanjang umur motor induksi. Kerusakan pada isolasi dan bearing adalah jenis kerusakan yang paling umum. Kegagalan bearing dapat menyebabkan 42% -50% dari semua kerusakan motor [1-5]. Bearing motor berharga antara 3% -10% dari biaya motor sebenarnya, tetapi biaya tambahan yang terjadi akibat downtime produksi mengakibatkan kegagalan bearing menjadi kerugian biaya yang cukup mahal. Secara umum ini disebabkan oleh kesalahan produksi, kurangnya pelumasan, dan kesalahan pemasangan. Misalignment motor adalah salah satu kesalahan dalam pemasangan motor insuksi.

Misalignment adalah suatu kondisi di mana penyimpangan terjadi di titik tengah antara dua sumbu yang mencari (pasangan pivot tidak pada satu sumbu). Jika misalignment terjadi di kopling, maka akan mempercepat kerusakan bearing, dan menghasilkan getaran yang berlebihan [6]. Metode yang digunakan untuk mendeteksi cacat mesin adalah perawatan prediktif, salah satu metode perawatan berdasarkan kondisi peralatan yang diperiksa. Caranya adalah bahwa operator harus pergi ke lapangan untuk memeriksa kondisi mesin dengan menyentuh mesin secara langsung. Metode ini kurang dapat diandalkan karena bergantung kepekaan operator dan diperlukan shutdown mesin sehingga membutuhkan waktu dan biaya yang jauh lebih besar. Oleh karena itu, untuk mengatasi salah satu masalah di atas dikembangkan metode untuk mendeteksi tipe kerusakan motor dari karakteristik sinyal getaran. Pemanfaatan sinyal getaran yang dihasilkan karena terjadinya misalignment pada motor akan diproses menggunakan transformasi wavelet diskrit

(DWT). Beberapa jenis wavelet dengan beberapa level turunan akan digunakan untuk menyaring sinyal getaran menjadi sinyal frekuensi rendah dan tinggi. Dan kemudian, sinyal frekuensi tinggi akan diekstraksi menjadi beberapa karakteristik. Kemudian, karakteristik sinyal akan dianalisis pengaruh perbedaan antara motor normal dengan motor yang mengalami misalignment.

II. PEMASANGAN PERALATAN PERCOBAAN

Skema dan pengaturan rangkaian percobaan ditunjukkan pada Gambar.1 (a) dan (b), masing-masing yang terdiri dari motor induksi 0,5 HP, 1400 rpm, 220 volt, 50Hz dan generator sebagai beban mekanis. Untuk menyelidiki kegagalan misalignment, tiga kondisi motor diselidiki, yaitu motor normal, misalignment motor 1mm dan 1.5mm. Untuk setiap kasus, getaran motor ditangkap oleh sistem monitoring. Dalam penelitian ini, sistem monitoring terdiri dari sensor piezoelektrik untuk pengukuran getaran, mikrokontroler, dan perangkat penyimpanan untuk menyimpan data getaran.



Gambar 1. Proses pengambilan data getaran motor

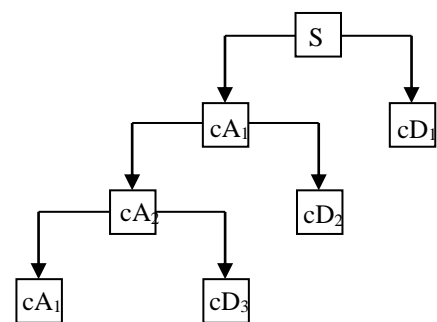
Data analog dari arus stator motor diubah menjadi data digital menggunakan A/D converter dan kemudian ditampilkan melalui komputer untuk mengetahui bentuk gelombang yang akan dianalisis. Data digital ini dikirim ke komputer melalui kabel serial (RS-232). Konverter analog ke digital diperlukan karena data motor stator adalah data analog sehingga perlu dikonversi ke dalam bentuk data diskrit untuk memfasilitasi pemrosesan selanjutnya.

III. TRANSFORMASI WAVELET DISKRIT

Transformasi wavelet diskrit (DWT) disajikan dalam penelitian ini karena memiliki perhitungan sederhana dan interval wavelet kontinu yang relatif kecil. Nama lain parameter dilatasi / penskalaan adalah Low Pass Filter (LPF) dan Nama lain dari parameter translasi adalah High Pass Filter (HPF) [7,8]. Kedua parameter ini digunakan jika kita akan melakukan transformasi wavelet dan membalik transformasi wavelet. Filter HPF dan LPF dengan berbagai filter frekuensi

digunakan untuk mengubah sinyal. Sinyal frekuensi tinggi atau sinyal detail adalah output dari HPF dan sinyal frekuensi rendah atau sinyal aproksimasi adalah output dari LPF.

Pertama, sinyal asli dilewatkan dalam filter LPF dan HPF. Kemudian, akan dihasilkan sinyal aproksimasi (cA) dan sinyal detail (cD) yang panjangnya setengah dari sampling / frekuensi sinyal asli. Analisis ini disebut dekomposisi tingkat pertama. Kemudian, output LPF atau disebut sinyal aproksimasi digunakan untuk tingkat dekomposisi berikutnya. Dan kami akan menggunakan output HPF atau disebut sinyal detail untuk pemrosesan dan analisis. Proses dekomposisi ini diulangi hingga tingkat dekomposisi yang diinginkan seperti yang terlihat pada gambar 2. Kombinasi terakhir dari aproksimasi dan sinyal detail disebut koefisien wavelet, berisi informasi hasil transformasi sinyal terkompresi..



Gambar 2. Dekomposisi Tiga Level

IV. EKSTRAKSI CIRI

Setelah proses DWT, selanjutnya kita akan mencari karakteristik sinyal detail atau sinyal frekuensi tinggi dari transformasi wavelet. Sinyal detail yang diambil adalah level satu hingga ke lima. Transformasi wavelet yang dilakukan adalah transformasi wavelet tipe haar, dan tipe coiflet. Jenis karakteristik sinyal yang akan diambil adalah rata-rata, jumlah dan tingkat energi sinyal. Rata-rata sinyal berarti sinyal detil dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah variable sinyal. Jumlah adalah sinyal detil diabsolutkan, kemudian dijumlahkan, seperti rumus berikut:

$$S = \sum_{n=1}^{n=k} (|d(n)|)$$

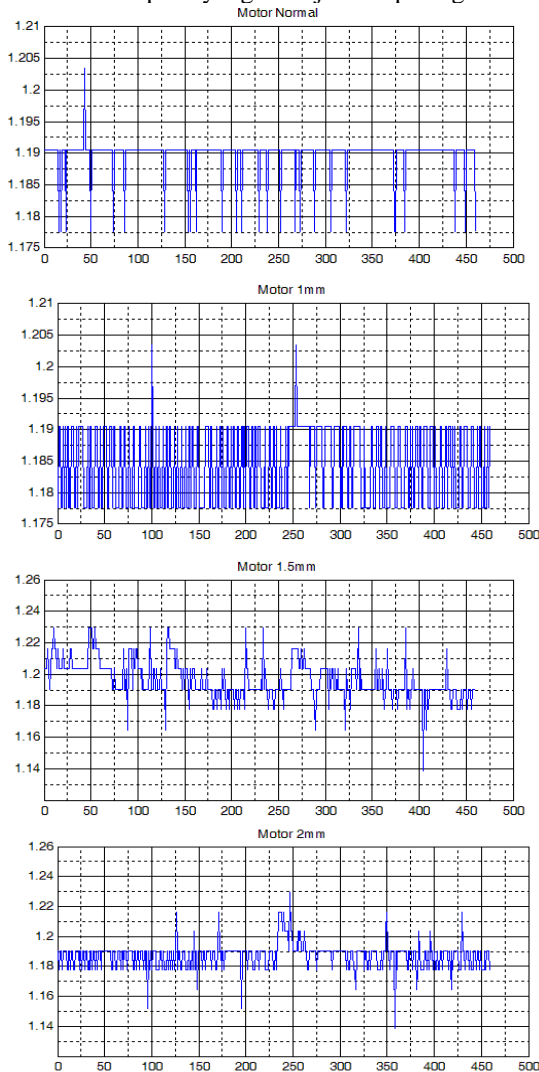
Selanjutnya, tingkat energi sinyal dihitung dengan mengkuadratkan setiap komponen sinyal, kemudian dijumlahkan sesuai dengan persamaan:

$$e = \sum_{n=1}^{n=k} (d(n))^2$$

Hasil pengambilan ekstraksi karakteristik dari sinyal-sinyal ini, kemudian akan dianalisis untuk menentukan perbedaan antara motor normal dan motor misalignment. Diharapkan juga tingkat / keparahan misalignment yang terjadi juga dapat diidentifikasi.

V. ANALISIS DAN DISKUSI

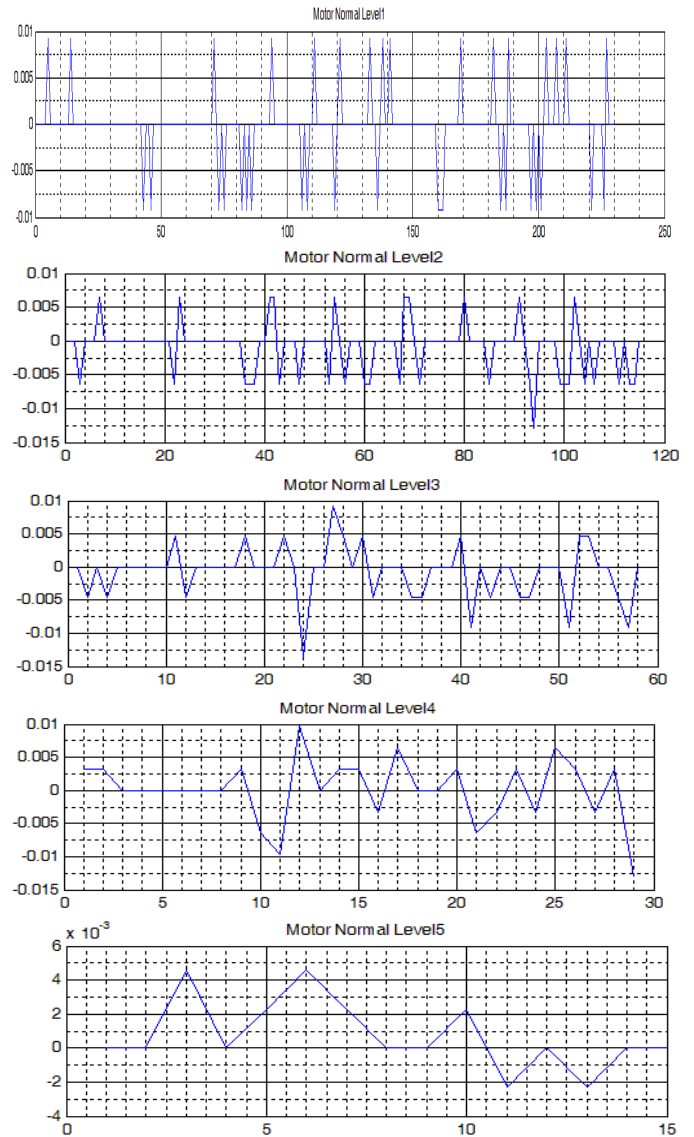
Motor percobaan kemudian dioperasikan dalam periode waktu tertentu. Hasil getaran motor akan diterima oleh sensor dan kemudian akan disimpan dan diproses sesuai dengan sistem yang akan diterapkan. Hasil pengambilan data dari motor normal dan motor yang memiliki misalignment 1mm, 1.5mm dan 2mm seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



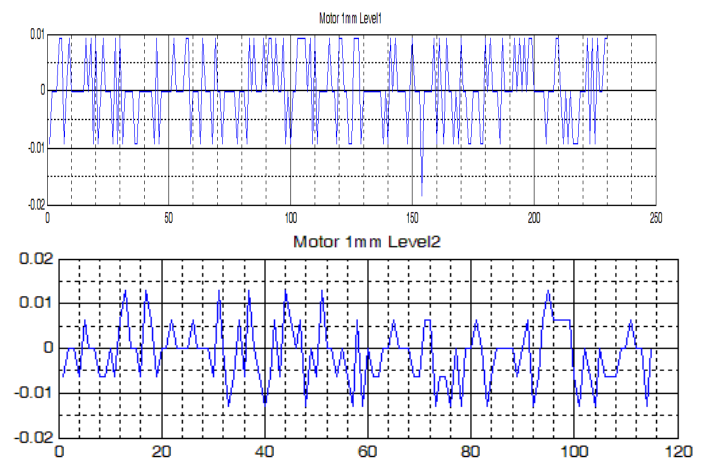
Gambar 3. Grafik getaran motor

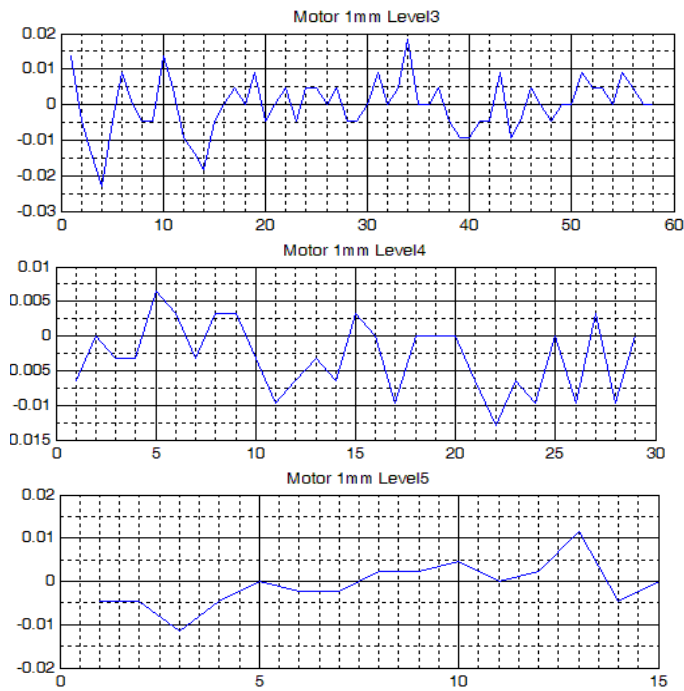
5. 1. Discrete Wavelet Transform

Selanjutnya, data getaran motor akan ditransformasikan menggunakan DWT berjenis haar dan coiflet. Hasil data yang ditransformasikan adalah sinyal detail pertama sampai level kelima. Semakin tinggi levelnya, proses identifikasi yang diharapkan akan lebih mudah. Gambar 4-6 menunjukkan sinyal yang ditransformasikan dari level pertama sampai level kelima.

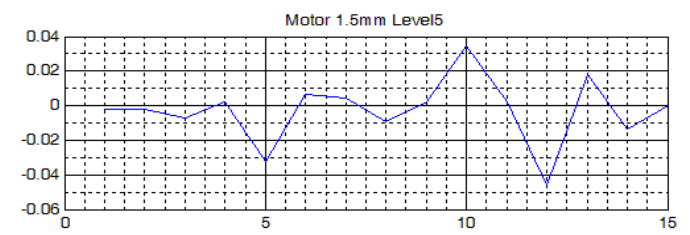
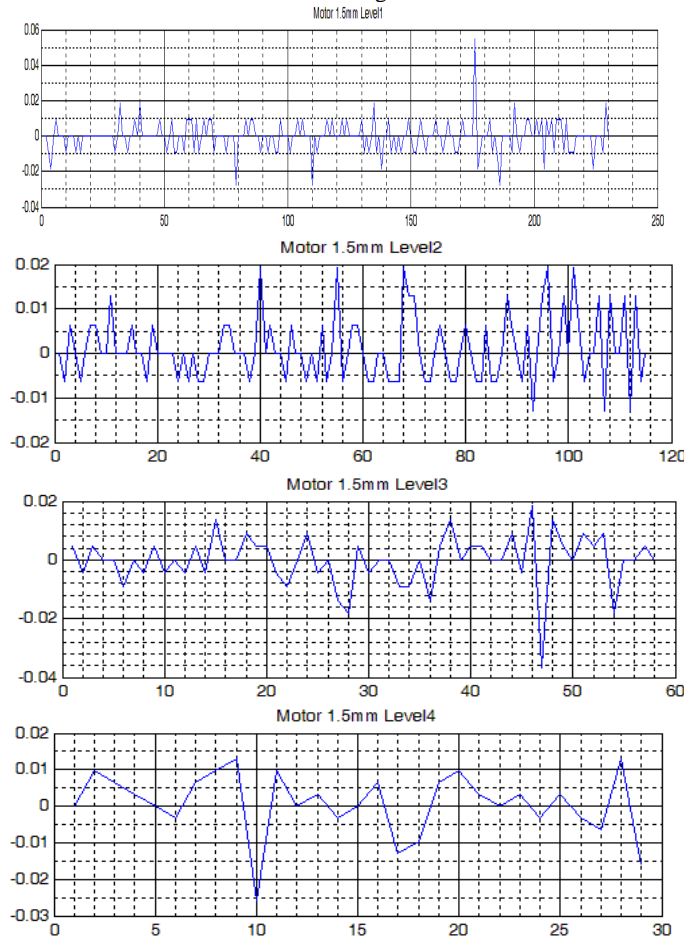


Gambar 4. Grafik motor normal level 1-5





Gambar 5. Grafik motor 1mm misalignment level 1-5



Gambar 6. Grafik motor 1.5mm misalignment level 1-5

Kurva di atas adalah hasil dari transformasi wavelet Haar dari level satu sampai level lima. Perlakuan yang sama diterapkan pada data untuk transformasi wavelet berjenis coiflets. Semakin tinggi tingkat transformasi wavelet yang digunakan, semakin sedikit data yang dihasilkan karena dibagi oleh sinyal aproksimasi atau sinyal frekuensi rendah. Data di atas terlihat tidak dapat digunakan untuk proses identifikasi karena masih acak dan terlihat sama antara tingkat pertama hingga kelima pada data motor normal dan motor yang mengalami misalignment. Sehingga dibutuhkan proses selanjutnya untuk mengolah data sehingga data menjadi lebih mudah untuk proses identifikasi.

5. 2. Energy Level And Feature Extraction

Sinyal detail dari level satu sampai level lima yang diperoleh dari transformasi akan diambil pola yang terkandung di dalamnya. Pola atau ekstraksi fitur yang akan diambil adalah tingkat energi maksimum, jumlah, dan rata-rata sinyal. Contoh hasil karakteristik sinyal dengan menggunakan DWT berjenis Haar dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil ekstraksi ciri level 1-5 Transformasi Wavelet Diskrit Berjenis Haar

Signal	1 st Level			2 nd Level			3 th Level			4 th Level			5 th Level			
	Range	sum	energy	Range	sum	energy	Range	sum	energy	Range	sum	energy	Range	sum	energy	
Data 1	Normal	0.011	0.833	1.E-2	0.31	0.001	0.009	0.08	3.7E-4	0.0064	0.010	0.50	0.003	0.014	0.318	0.001
	1mm	0.023	2.929	0.016	0.76	0.004	0.012	0.21	0.0017	0.0211	0.015	1.95	0.017	0.016	0.766	0.006
	1.5mm	0.024	2.967	0.034	0.91	0.010	0.110	0.59	0.0256	0.0319	0.025	1.84	0.021	0.034	0.916	0.010
Data 2	Normal	0.011	0.551	0.013	0.33	0.001	0.009	0.11	6.2E-4	0.0064	0.012	0.84	0.003	0.013	0.333	1.9E-
	1mm	0.011	2.890	0.023	0.82	0.007	0.012	0.19	0.0014	0.0207	0.014	1.88	0.016	0.023	0.829	0.007
	1.5mm	0.050	3.047	0.032	1.22	0.021	0.078	0.90	0.0448	0.0376	0.023	1.87	0.025	0.032	1.224	0.021
Data 3	Normal	0.021	0.874	0.010	0.35	0.001	0.004	0.08	2.8E-4	0.0066	0.012	0.58	0.003	0.010	0.354	0.001
	1mm	0.021	2.93	0.016	0.78	0.007	0.009	0.18	0.0011	0.0206	0.015	1.89	0.016	0.016	0.784	0.007
	1.5mm	0.04	3.170	0.024	1.04	0.012	0.037	0.44	0.0087	0.0376	0.049	1.78	0.026	0.024	1.044	0.012
Data 4	Normal	0.044	2.526	0.038	0.19	0.009	0.021	0.20	0.0023	0.0479	0.036	1.53	0.022	0.038	0.193	0.009
	1mm	0.017	2.95	0.015	0.77	0.006	0.013	0.17	0.0012	0.0213	0.014	1.81	0.015	0.015	0.775	0.006
	1.5mm	0.054	3.464	0.045	1.37	0.024	0.083	0.82	0.0325	0.0525	0.039	1.92	0.025	0.045	1.377	0.024

Tabel 2. Resume Hasil Identifikasi Pola Vibrasi Motor

		level 1			level 2			level 3		
		energi	sum	range	energi	sum	range	energi	sum	range
Haar	Normal & abnormal	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Tingkat Misalignment	100	100	100	80	40	100	100	100	100
Coiflet	Normal & abnormal	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Tingkat Misalignment	100	60	100	80	0	100	100	100	100

Jika misalignment bertambah besar, getaran motor akan meningkat. Ekstraksi ciri hasil transformasi wavelet diskrit harus menunjukkan peningkatan nilai antara motor normal dan motor misalignment. Selain itu, motor dengan tingkat misalignment yang tinggi akan menunjukkan hasil ekstraksi ciri yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor dengan misalignment yang rendah. Warna kuning pada tabel di atas berarti bahwa hasil ekstraksi fitur gagal mengidentifikasi motor misalignment dan motor normal karena nilai ekstraksi fitur motor normal sama dengan atau lebih dari motor misalignment. Dan warna hijau menunjukkan peningkatan nilai secara linear dari motor normal sampai motor dengan misalignment 2mm, yang berarti ekstraksi fitur dapat dengan sempurna membedakan

kondisi motor. Sementara itu, sisanya menunjukkan ekstraksi fitur telah mampu mengidentifikasi motor normal dan motor yang memiliki misalignment dengan baik, tetapi tidak dapat mengidentifikasi tingkat misalignment pada motor. Resume hasil klasifikasi dapat dilihat pada Tabel 2 di atas.

Dapat kita lihat pada table 2 di atas, bahwa DWT bejenis Haar menghasilkan klasifikasi kondisi motor lebih baik dibandingkan dengan DWT bejenis Coiflet. DWT Haar dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasi level kerusakan bearing pada DWT level 1 dan level 3 pada ekstraksi ciri sum, max dan energy dengan tingkat akurasi 100%. Sedangkan, DWT Coiflet, pada level tiga dapat mengklasifikasikan misalignment dengan ekstraksi ciri berjenis jumlah, maks dan energi dengan akurasi 100%. Namun, pada level 1, hanya ekstraksi ciri berjenis energi

yang berhasil mengklasifikasikan misalignment dengan akurasi 100%.

VI. KESIMPULAN

Penelitian ini mengkaji tentang proses klasifikasi misalignment pada motor induksi. Transformasi wavelet diskrit berjenis haar dan coiflet pada level 1-5 dan dengan menggunakan ekstraksi ciri berjenis maks, jumlah dan energi yang digunakan untuk menemukan pola misalignment pada motor induksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transformasi wavelet diskrit berjenis haar menghasilkan sinyal frekuensi tinggi yang lebih baik dalam memproses sinyal misalignment motor dari pada transformasi wavelet diskrit coiflet. Dan DWT level 3 menghasilkan akurasi klasifikasi misalignment lebih baik dari pada level 1 dan 2.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harmouche, J., Delpha, C., & Diallo, D. (2015). Improved fault diagnosis of ball bearings based on the global spectrum of vibration signals. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 30(1), 376–383. <https://doi.org/10.1109/TEC.2014.2341620>
- [2] O. V. Thorsen and M. Dalva, "Failure identification and analysis for high voltage induction motors in the petrochemical industry," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 35, no. 4, pp. 810–818, 1999.
- [3] S. Barker, "Avoiding premature bearing failure with inverter fed induction motors," *Power Engineering Journal*, vol. 14, no. 4, pp. 182–189, 2000.
- [4] EPRI, "Improved motors for utility applications," Publication EL-2678-V1, final report, 1982.
- [5] D. A. Asfani, P. P. Surya Saputra, I. M. Yulistya Negara, I. G. N. Satriyadi Hernanda and R. Wahyudi, "Simulation analysis on high impedance temporary short circuit in induction motor winding," 2013 International Conference on QiR, Yogyakarta, 2013, pp. 202-207. doi: 10.1109/QiR.2013.6632565
- [6] A. Starr B.K.N. Rao. Condition Monitoring and Diagnostic Engineering Management. *Proceedings of the 14th International Congress*. Elsevier, 2001.
- [7] Anton Asfani, Dimas & Yulistya Negara, I Made & Surya, Pressa. (2015). Short Circuit Detection in Stator Winding Of Three Phase Induction Motor Using Wavelet Transform and Quadratic Discriminant Analysis. 361-366. 10.12792/icisip2015.068.
- [8] C. Jettanasen, A. Ngaopitakkul, D. A. Asfani and I. M. Y. Negara, "Fault classification in transformer using low frequency component," 2017 IEEE 10th International Workshop on Computational Intelligence

and Applications (IWCIA), Hiroshima, 2017, pp. 199-202. doi: 10.1109/IWCIA.2017.8203584

- [9] Asfani, Dimas & Syafaruddin & HeryPurnomo, Mauridhi & Hiyama, Takashi. (2014). Neural network based real time detection of temporary short circuit fault on induction motor winding through wavelet transformation. *International journal of innovative computing, information & control: IJICIC*. 10. 1-14.