

Analisa Spektrum Getaran Pada Pompa Sentrifugal Menggunakan *Fluke 810 Vibration Tester* Berbasis *Neural Network*

Sumantri K. Risandriya¹⁾, Suhendra²⁾

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam, Batam
Jalan Ahmad Yani, Batam Center, Batam 29461, Indonesia
sumantri@polibatam.ac.id¹⁾
suhendrasembiring03@gmail.com²⁾

Abstrak

Agar dapat menentukan jenis penyebab getaran (*vibration*) yang muncul pada pompa sentrifugal, maka pendeteksi spektrum getaran yang dibuat harus memiliki sistem sebaik mungkin. Fluke 810 Vibration Tester akan menghasilkan spektrum berupa citra (*image*) dan kemudian diproses menggunakan pengolahan citra untuk menentukan penyebab vibrasi yang muncul. Untuk mengambil keputusan penyebab getaran yang terjadi digunakan kecerdasan buatan yaitu *neural network backpropagation* yaitu dengan mendeteksi warna biru pada area yang telah ditentukan. Kondisi pompa yang diukur adalah dengan kondisi ketidaksumbu (*misalignment*), kondisi pondasi yang longgar dan masalah pada *coupling*. Pada penelitian ini penggunaan *neural network* dengan menggunakan 1 hidden layer pada toleransi eror 0,0001 dengan jumlah node 14 dan nilai *learning rate* 0,9 dapat menghasilkan sistem yang cerdas dengan tingkat keberhasilan 100% untuk masing-masing pengujian penyebab getaran. Untuk tingkat keberhasilan terendah masing-masing penyebab getaran adalah sebesar 83,3% untuk pendeteksian kondisi *misalignment* dan masalah pada kedudukan longgar dan 91,7% pada pengujian masalah pada *coupling*.

Kata kunci : Getaran, Spektrum, *Neural Network*

Abstract

In order to determine the type of cause of vibration that appears on the centrifugal pump, the vibration spectrum detection must to have the best possible system. Fluke 810 Vibration Tester will produce a spectrum in the form of the image and then processed using image processing to determine the cause vibrations that appear. To take decisions of cause vibrations the system use artificial intelligence that is back-propagation neural network by detecting the color blue in a predetermined area. In this research the condition of the pump measured are misalignment condition, a loose foundation conditions and problems in the coupling. On this research, the system can produce an intelligent system with 100% success rate for each test on vibration with using one hidden layer, 14 nodes and error tolerances 0.0001 and the lowest success rate is 83.3% for case misalignment and 91.7% for the case coupling problem.

Keyword : Vibration, Spectrum, Neural Network

I. PENDAHULUAN

Dalam proses pengolahan produksi di industri pengolahan kimia, biasanya menggunakan pompa sentrifugal untuk memompa bahan dari step satu ke step lainnya. Teknisi *maintenance* bertugas untuk memastikan pompa bekerja dengan baik. Agar dapat memastikan pompa bekerja dalam keadaan baik, maka teknisi melakukan pengecekan secara rutin kondisi dari pompa sentrifugal tersebut. Pengecekan dilakukan meliputi pengecekan oli, suhu, tingkat kebisingan, dan getaran (*vibrasi*) pompa. Permasalahan umum yang muncul adalah banyaknya pompa sentrifugal yang mengalami gangguan getaran dan teknisi yang

melakukan pengecekan diharapkan dapat memastikan penyebab umum dari getaran yang terjadi.

II. DASAR TEORI

A. Analisa Getaran (*Vibration*)

Getaran (*vibration*) adalah gerakan osilasi dari suatu benda dari keadaan diamnya. Getaran yang muncul menghasilkan sinyal getaran yang biasa disebut *waveform*. Sinyal getaran akan ditransformasikan menggunakan alat *Fluke 810 Vibration Tester* menjadi sinyal yang berbetuk spektrum getaran dengan metode FFT (*Fast Fourier Transform*). Proses perubahan

menjadi spektrum bertujuan untuk memudahkan pembacaan sinyal getaran yang semula berbentuk acak menjadi sinyal sederhana [1]. Gambar 1 menunjukkan perbedaan sinyal *waveform* dengan spektrum yang dirubah dengan metode FFT.



Gambar 1. Sinyal Getaran Berbentuk *Waveform* dan *Spectrum* dengan FFT

Dalam analisa getaran (*vibration*), spektrum yang dihasilkan mewakili penyebab vibrasi yang terjadi pada pompa sentrifugal. Masing-masing penyebab getaran memiliki spektrum vibrasi yang berbeda-beda. Maka dengan menganalisa spektrum yang dihasilkan dapat menentukan penyebab dari getaran yang muncul. Tabel 1 berikut adalah beberapa penyebab getaran (*vibration*) pada pompa yang memiliki spektrum getaran yang berbeda-beda.

Tabel 1. Typical Spectrum Vibration

Sumber : *File Training Condition Monitoring and Vibration Fundamental*

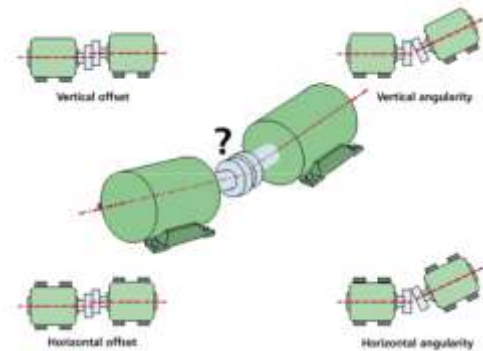
PENYEBAB	AMPLITUDO	FREKUENSI	FASE	KETERANGAN	GAMBAR SPECTRUM
1. Unbalance	Sebanding dgn ketidak balance, dominan pd radial (2x aksial)	1 x rpm	Single reference mark	Kondisi sering ditemui	
2. Misalignment kopling atau poros bengkok	Dominan pd aksial, 50% atau lebih dari arah radial	Sering 1 x & 2 x rpm. Kadang 3 x rpm	Single double triple	Ditandai timbulnya vibrasi aksial. Gunakan alat laser alignment. Apabila mesin baru dipasang terjadi vibrasi, maka kemungkinan besar karena misalignment.	
3. Anti friction bearing buruk	Tidak stabil, ukur acceleration untuk freq. tinggi	Sangat tinggi, beberapa kali Rpm. 1x, 2x, 3x, 4x ... 10x ... x	Tdk tentu, Berubah-ubah	Vibrasi akan timbul apabila bearing sdh parah. Gunakan enveloping & shockpulse.	
4. Sleeve, metal, Jurnal bearing (friction bearing)	Tidak besar, aksial lebih tinggi	1 x rpm, seolalah seperti unbalance	Single	pd rodagigi vibrasi segras dengan pusa kontak, pd motor/gon vibrasi hilang bila mesin dimatikan, pd pompa/blower kemungkinan unbalance	
5. Rodagigi buruk atau bersuara	Rendah, ukur kecepatan & percepatan, gunakan accel.	Sangat tinggi Jumlah gigi x rpm	Tdk tentu	Awal rusak bersuara, semakin lama keras. Vibrasi biasanya dalam toleransi.	

PENYEBAB	AMPLITUDO	FREKUENSI	FASE	KETERANGAN	GAMBAR SPECTRUM
6. Gear mesh buruk atau bersuara pada saat start/stop	Rendah, ukur kecepatan & percepatan, gunakan accel.	Sangat tinggi Jumlah gigi x rpm	Tdk tentu	Sering terjadi pada saat pemasangan	
7. Mechanical looseness (Housing bearing aus)	Tinggi pada aksial	2 x rpm	2 referensi agak kacau	Sering bersamaan dgn unbalance / misalignment	
8. Mechanical Looseness (Pondasi kendur - ditandakan lenyah/karat/baut kendur)	Tinggi pada vertikal	Kurang dari 1 x rpm	Tdk tentu	Kencangkan baut Untuk memastikan	
9. Mechanical looseness (Pondasi melengkung)	Tinggi pada vertikal, horizontal & aksial	2 x rpm	2 referensi	Sering bersamaan dgn unbalance / misalignment	
10. Drive belt buruk	Tdk tentu/berpulsasi	1,2,3 atau 4 x rpm belt	1 atau 2 tergantung frekuensi, tdk tetap	Biasanya terjadi karena belt tdk berada pada tempatnya secara sempurna.	

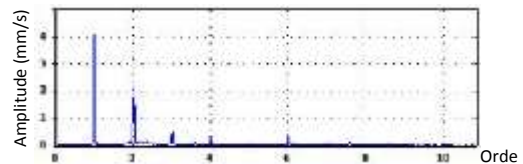
Fluke 810 Vibration tester adalah salah satu alat yang dapat mengidentifikasi permasalahan penyebab getaran (*vibration*) yang terjadi, dengan cara menampilkan spektrum-spektrum yang diambil pada saat pengukuran. Berikut contoh spektrum yang dihasilkan oleh *Fluke 810 Vibration Tester*.

1. Misalignment

Misalignment adalah kondisi dimana terjadinya ketidak sumbu antara mesin yang diposisikan pada saat kondisi dicouple. Kondisi *misalignment* adalah salah satu penyebab getaran (*vibration*) pada umumnya. [2] Gambar 2 dan Gambar 3 dibawah ini adalah contoh kondisi *misalignment* dan jenis spektrum getarannya.



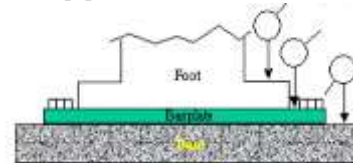
Gambar 2. Kondisi *Misalignment* Antara Motor dan Pompa



Gambar 3. Spektrum Kondisi *Misalignment* Pada *Fluke 810 Vibration Tester*

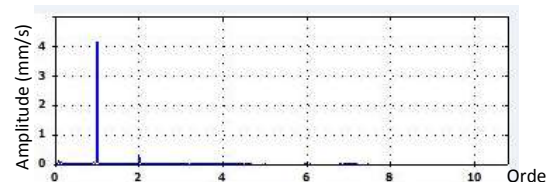
2. Dudukan Longgar

Dudukan longgar (*soft foot*) adalah kondisi dimana terjadi kelonggaran pada kaki-kaki mesin. Penyebab diantara adalah karena dudukan mesin tersebut mengalami korosi dan juga karena material yang digunakan tidak tahan terhadap lingkungannya. Gambar 4 dibawah ini adalah kondisi dudukan longgar pada suatu mesin. [3]



Gambar 4. Kondisi Dudukan Longgar (*Soft Foot*)

Untuk spektrum getarannya dapat dilihat pada Gambar 5. berikut

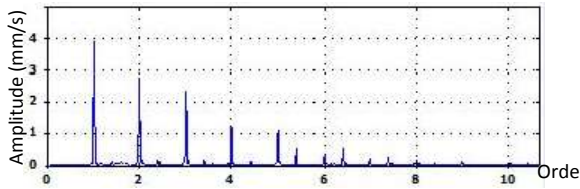


Gambar 5. Spektrum Kondisi Dudukan Longgar Pada *Fluke 810 Vibration Tester*

3. Masalah Pada Coupling

Masalah pada *Coupling* terjadi akibat terjadinya keausan karet (*rubber*) yang merupakan bagian dari

coupling. Biasanya *coupling* dilengkapi dengan karet (*rubber*) untuk mencegah terjadinya sentuhan material baja secara langsung antara *coupling* motor dan pompa. Pada Gambar 6 berikut merupakan spektrum yang dihasilkan jika kondisi penyebab vibrasi adalah masalah pada *coupling*-nya.



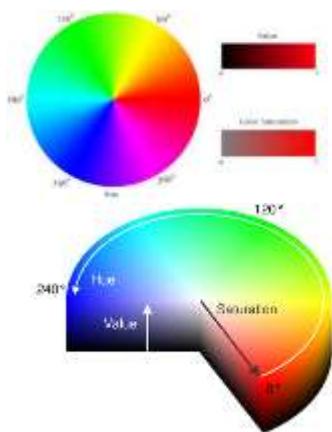
Gambar 6. Spektrum Kondisi *Coupling Problem* Pada *Fluke 810 Vibration Tester*

B. Hue, Saturation dan Brightness

Derajat *hue* adalah derajat warna yang diukur mulai dari arah yang sesuai dengan warna merah murni. Derajat *hue* memiliki range dari 0-360°, artinya setiap perubahan nilai *hue* akan mempengaruhi perubahan warna pada citra. [4]

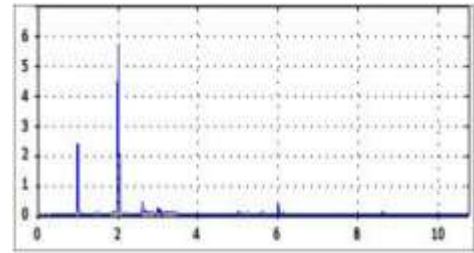
Saturation atau *Chroma* merujuk kepada tingkat kemurnian warna atau tingkat kejenuhan yang mendeskripsikan kecenderungan sebuah warna dalam menjauhi kelabu.

Brightness atau *Value* menunjukkan seberapa banyak tingkat kecerahan dan kegelapan. Perubahan pada *brightness* dapat dilakukan dengan mencampurkan sebuah warna dengan warna hitam atau putih. Nilai *hue*, *saturation* dan *brightness* dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini.

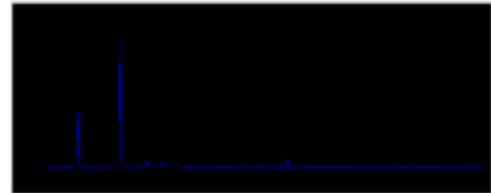


Gambar 7. Derajat *Hue*, *Saturation* and *Brightness*

Dengan menggunakan HSV ini bertujuan untuk menghilangkan objek atau warna-warna yang tidak dibutuhkan dalam pengolahan suatu citra. Berikut contoh citra perubahan nilai *hue*, *saturation* dan *brightness* yang diaplikasikan pada citra spektrum vibrasi. Gambar 8 merupakan perbandingan antara citra RGB dan citra yang telah difilter nilai HSV.



(a)

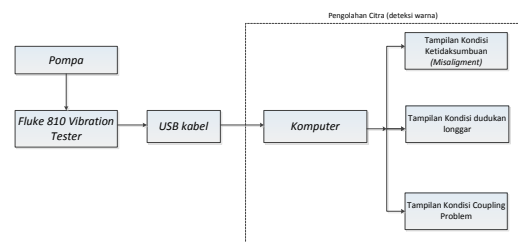


(b)

Gambar 8. (a) Citra RGB Spektrum Getaran dan (b) Citra Yang Telah Difilter Dengan HSV

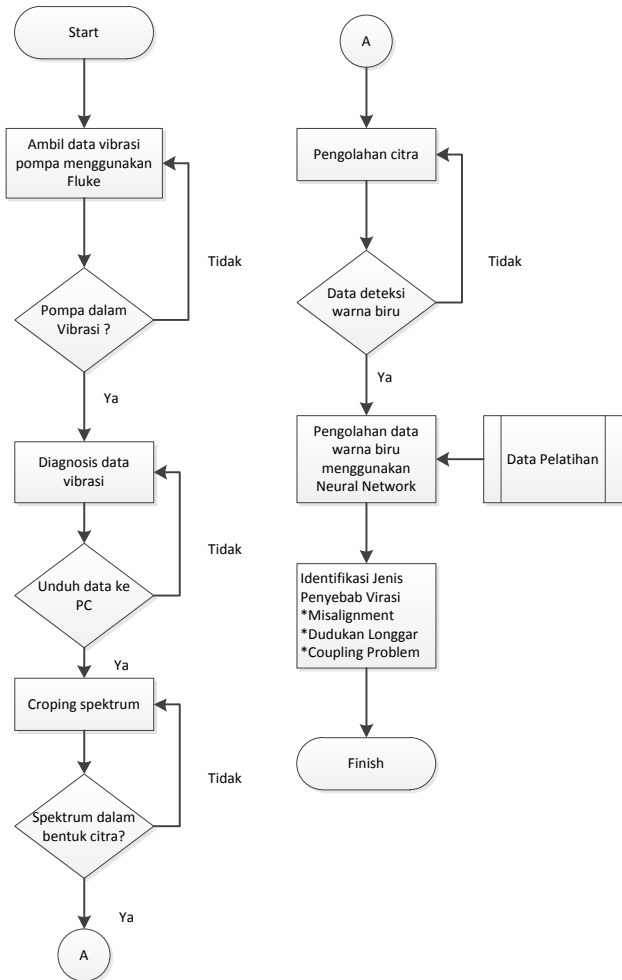
III. CARA KERJA SISTEM

Secara garis besar sistem pendeteksi spektrum getaran pada pompa sentrifugal ini adalah spektrum dalam bentuk citra yang dihasilkan oleh *Fluke 810 Vibration Tester* ini dijadikan sebagai input. Kemudian citra ini akan diproses melalui pengolahan citra selanjutnya akan diolah menggunakan *neural network* sebagai pengambil keputusan penyebab masalah getaran yang terjadi. Gambar 9 berikut adalah diagram blok perancangan sistem.



Gambar 9. Diagram Blok Perancangan Sistem

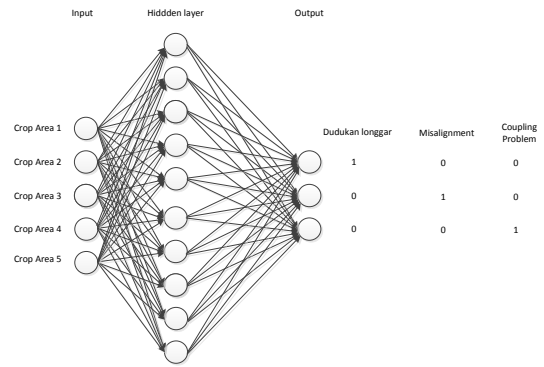
Untuk memudahkan perancangan sistem maka terlebih dahulu dibuat diagram alir. Diagram alir perancangan sistem pendeteksi masalah getaran pada pompa sentrifugal menggunakan *neural network* dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Diagram Alir Sistem

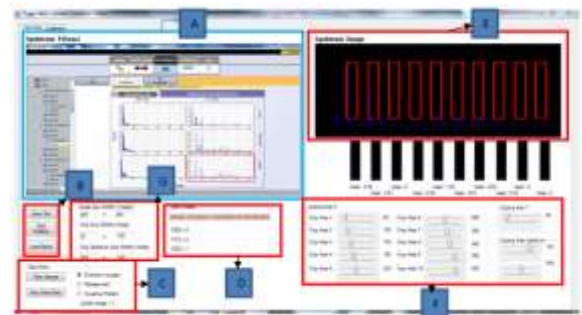
Cara kerja alat ini adalah dengan terlebih dahulu mengambil terlebih dahulu spektrum getaran menggunakan *Fluke 810 Vibration Tester*, selanjutnya data didiagnosa, hasil diagnosa tersebut diunduh kekomputer. Data yang diunduh kekomputer adalah spektrum berupa citra. Citra tersebut dilakukan *cropping*, dan hasilnya disimpan didalam *drive* penyimpanan komputer. Citra hasil *cropping* tersebut selanjutnya diolah menggunakan pengolahan citra yang dibuat dengan tujuan mendapatkan warna biru saja.

Selanjutnya data warna biru tersebut menjadi masukan *neural network*, *neural network* ini dibuat sebagai pengambil keputusan apakah masalah penyebab terjadinya getaran pada pompa tersebut dengan terlebih dahulu diajari dengan data pelatihan. Gambar 11 berikut adalah skema *neural network* dengan single layer yang digunakan sebagai pengambil keputusan masalah penyebab getaran pada pompa sentrifugal.



Gambar 11. Skema *Neural Network Backpropagation*

Hasil keseluruhan sistem dikembangkan dengan membuat program aplikasi menggunakan visual studio seperti pada Gambar 12 berikut,



Gambar 12. Tampilan Pendeteksi Penyebab Getaran Pada Pompa Sentrifugal

Bagian-bagian dari tampilan aplikasi pendeteksi penyebab getaran sebagai berikut:

1. Label A : Citra spektrum vibrasi awal
2. Label B: Tombol kontrol pengujian
3. Label C: Tombol kontrol data pembelajaran
4. Label D: Tampilan hasil analisa penyebab getaran
5. Label E: Citra hasil pengolahan citra.
6. Label F: Trackbar untuk mengatur posisi *cropping*
7. Label G: Textbox untuk mengatur ukuran citra hasil *cropping*

IV. HASIL DAN ANALISA

Pengujian deteksi spektrum getaran (*vibration*) berbasis *image* dengan metode *neural network* ini dilakukan dengan merubah jumlah node, nilai *learning rate* dan nilai eror pada setiap sampel yang diambil menggunakan *Fluke 810 Vibration Tester* pada kondisi *misalignment*, dudukan longgar dan kondisi *coupling* bermasalah

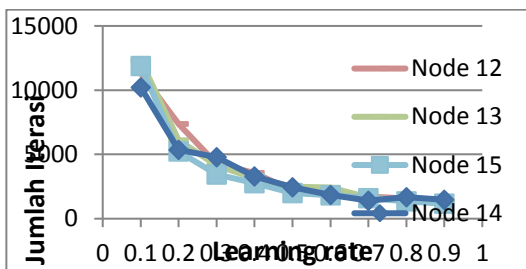
A. Hasil Pengujian Nilai *Learning Rate* dan Jumlah Node

Untuk mengetahui pengaruh *learning rate* pada unjuk kerja *neural network* dilakukan dengan cara membandingkan *learning rate* dari 0,1 sampai 0,9 dengan jumlah node dan nilai toleransi eror yang diubah-ubah. Tujuannya adalah untuk mengetahui nilai

learning rate, jumlah node dan nilai eror yang sesuai agar mendapatkan nilai bobot yang tepat.

Berikut merupakan hasil pengujian pembelajaran dari jumlah sampel sebanyak 20 buah, dengan 6 buah sampel dengan kondisi masalah pada *coupling*, 6 buah sampel dengan kondisi masalah pada kondisi dudukan yang longgar dan 7 buah sampel dengan kondisi *misalignment*. Tabel 4.3

Pada Gambar 13 adalah nilai itarasi dengan membandingkan nilai learning rate dan jumlah node dengan toleransi eror 0,0001.

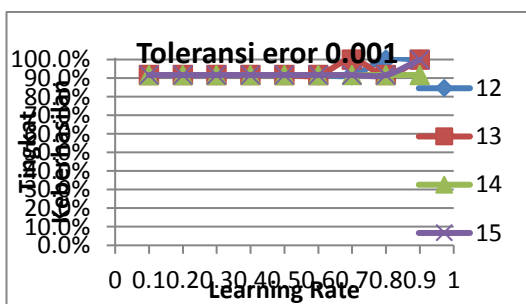


Gambar 13. Grafik Jumlah Iterasi

Pada pengujian menggunakan jumlah sampel sebanyak 20 buah ini terlihat perbedaan penggunaan nilai *learning rate* dan jumlah node. Pada prinsipnya nilai *learning rate* berbanding terbalik dengan jumlah iterasi yang dihasilkan untuk mendapatkan nilai bobot. Maksudnya berbanding terbalik disini adalah semakin kecil nilai *learning rate* maka semakin tinggi nilai iterasi yang dihasilkan untuk mendapatkan nilai bobot yang diinginkan. Dapat dilihat pada *learning rate* 0,1 nilai iterasi tertinggi diperoleh sebesar 12316 pada penggunaan jumlah node 13 buah, sedangkan pada *learning rate* 0,9 nilai iterasi tertinggi diperoleh sebesar 1165 juga pada penggunaan dengan jumlah node sebanyak 13 buah.

B. Hasil Pengujian Terhadap Kondisi *Misalignment*

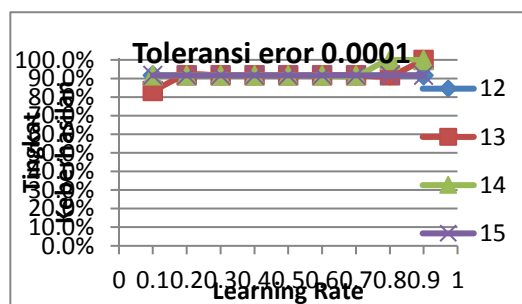
Pada pengujian alat ini dilakukan dengan menguji 12 sampel dengan kondisi penyebab getarannya adalah *misalignment*. Pengujian yang dilakukan adalah membandingkan hasil data uji dengan menggunakan bobot yang diperoleh dari perubahan nilai toleransi erornya. Pada gambar 14 berikut adalah pengujian kondisi *misalignment* dengan toleransi eror 0.001.



Gambar 14. Grafik Hasil Pengujian Kondisi *Misalignment* Dengan Toleransi Eror 0.001

Dengan menggunakan toleransi eror sebesar 0,001, tingkat keberhasilan terendah adalah sebesar 91,7%. Nilai tingkat keberhasilan yang tetap pada 91,7% terdapat pada penggunaan jumlah node sebanyak 14 buah. Tingkat keberhasilan tertinggi yaitu sebesar 100% pada penggunaan nilai *learning rate* 0,9 pada jumlah node 12, 13 dan 15. Nilai *learning rate* terendah yang menghasilkan tingkat keberhasilan 100% adalah dengan *learning rate* 0,7 pada jumlah node 13. Tetapi tingkat keberhasilan pada jumlah node 13 ini mengalami penurunan ketika menggunakan nilai *learning rate* 0,8, dan kembali menghasilkan tingkat keberhasilan tertinggi pada penggunaan *learning rate* 0,9 yaitu sebesar 100%.

Pada gambar 15 berikut adalah pengujian kondisi *misalignment* dengan toleransi eror 0.0001.

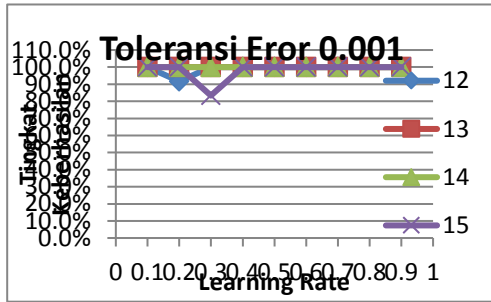


Gambar 15 Grafik Hasil Pengujian Kondisi *Misalignment* Dengan Toleransi Eror 0.0001

Dengan menggunakan toleransi eror sebesar 0,0001 tingkat keberhasilan terendah adalah sebesar 83,3% pada penggunaan jumlah node 13 dan dengan nilai *learning rate* 0,1. tingkat keberhasilan sebesar 91,7% sama pada setiap penggunaan jumlah node 12, 13, 14 dan 15 untuk nilai *learning rate* 0,2 sampai 0,7. Terdapat perbedaan tingkat keberhasilan pada nilai *learning rate* 0,8, untuk penggunaan jumlah node 12, 13 dan 15 menghasilkan tingkat keberhasilan sebesar 91,7% sedangkan untuk penggunaan jumlah node 14 menghasilkan tingkat keberhasilan tertinggi yaitu 100%. Pada penggunaan nilai *learning rate* terbesar yaitu 0,9 hanya node 13 dan 14 yang menghasilkan tingkat keberhasilan terbesar yaitu 100%.

C. Hasil Pengujian Terhadap Kondisi Dudukan Longgar

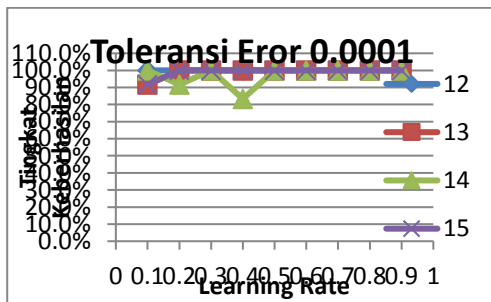
Dengan menggunakan toleransi eror yang sama dengan pengujian terhadap kondisi *misalignment*, tingkat keberhasilan tertinggi pengujian kondisi dudukan longgar dengan jumlah sampel sebanyak 12 pada jumlah dengan toleransi eror 0.001 dapat dilihat pada gambar 16 berikut.



Gambar 16 Grafik Hasil Pengujian Kondisi Dudukan Longgar Dengan Toleransi Error 0.001

Pada pengujian pada kondisi dudukan longgar dengan menggunakan toleransi error 0,001, tingkat keberhasilan terendah adalah sebesar 83,3% yaitu pada penggunaan jumlah node 15 dan nilai *learning rate* 0,3. Tingkat keberhasilan tertinggi adalah sebesar 100% yaitu untuk setiap penggunaan jumlah node dan nilai *learning rate*, kecuali pada penggunaan node sebanyak 12 buah dan nilai *learning rate* 0,2 menghasilkan tingkat keberhasilan sebesar 91,7%

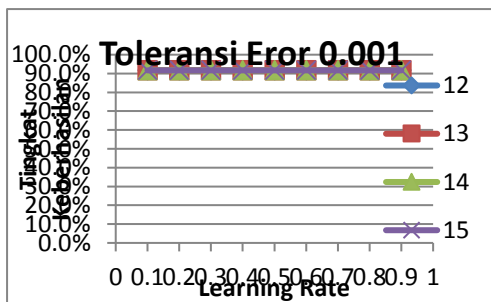
Untuk pengujian kondisi dudukan longgar dengan penggunaan toleransi error 0.0001 dapat dilihat pada gambar 17 berikut.



Gambar 17 Grafik Hasil Pengujian Kondisi Dudukan Longgar Dengan Toleransi Error 0.0001

D. Hasil Pengujian Terhadap Kondisi Masalah Pada Coupling

Pada pengujian spektrum getaran dengan masalah pada *coupling* digunakan 12 buah sampel. Pada penggunaan toleransi error 0.001 dapat dilihat pada gambar 18 berikut.

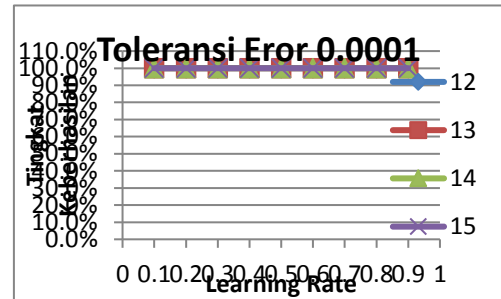


Gambar 18 Grafik Hasil Pengujian Kondisi Masalah Coupling Dengan Toleransi Error 0.001

Pada pengujian kondisi penyebab getaran masalah pada *coupling* dengan menggunakan toleransi error 0,001

pada masing-masing *learning rate* dan jumlah node tingkat keberhasilan terendah dan tertinggi adalah sebesar 91,7%.

Pada pengujian kondisi masalah pada *coupling* menggunakan toleransi error 0.0001 dapat dilihat pada gambar 19 berikut.



Gambar 19 Grafik Hasil Pengujian Kondisi Masalah Coupling Dengan Toleransi Error 0.0001

Pada pengujian kondisi *coupling problem* dengan toleransi error sebesar 0,0001 tidak terjadi kesalahan pembacaan kondisi pada masing-masing jumlah node dan *learning rate*. Secara keseluruhan tingkat keberhasilan pada pengujian kondisi *coupling problem* ini adalah sebesar 100%

V. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Teknik pengolahan citra yang digunakan pada citra spektrum getaran ini adalah *hue*, *saturation* dan *brightness* yang berfungsi untuk memfilter citra sehingga hanya memunculkan citra warna biru.
2. Penggunaan *neural network* dengan menggunakan 1 *hidden layer* pada toleransi error 0,0001 dengan jumlah node 14 dan nilai *learning rate* 0,9 dapat menghasilkan sistem yang cerdas dengan tingkat keberhasilan 100% untuk masing-masing pengujian penyebab getaran.
3. Pada pangujian *misalignment* dan dudukan longgar, tingkat keberhasilan paling rendah adalah sebesar 83,3% dengan jumlah data yang ditest sebanyak 12 buah.
4. Pada pengujian kondisi *coupling problem* tingkat keberhasilan paling rendah adalah sebesar 91,7% dengan jumlah data yang diuji sebanyak 12 buah.
5. Nilai *learning rate*, jumlah node dan toleransi error mempengaruhi hasil keputusan dari *neural network*.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pruftechnik, Training, Topik : *“Condition Monitoring and Vibration Fundamental”*. Ecogreen Oleochemicals, 2013.
- [2] Commtest, *“Beginner’s Guide to Machine Vibration”*, Revision 28/06/06, New Zealand, 2006
- [3] Alaa Elding M. Ragab, B. Sc, PE, EWS, Training, Topik : *“Vibrations Measurement & Diagnostics An Introduction”*, Ecogreen Oleochemicals, 2013
- [4] Allan Hanbury, *“The Taming of the Hue, Saturation and Brightness Colour Space”*. Centre de Morphologie Mathématique, Ecole des Mines de Paris
- [5] Sumantri K.Risandriya,ST.,MT., Perkuliahan, Topik: *“Backpropagation Learning”*, Politeknik Negeri Batam, Kepulauan Riau, 23 Mei 2015.
- [7] Suyanto, ST, Msc, *“Artificial Intelligence: Searching, Planning dan Learning”*, Cetakan Kedua, Informatika Bandung, 2011
- [8] Nurul Chamidah, *“Jaringan Syaraf Tiruan”, Pengaruh Normalisasi Data pada Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagasi Gradient Descent Adaptive Gain (BPGDAG) untuk Klasifikasi*, vol.1, ISSN: 2031-7201, 2012
- [9] Prof. Rakeshkumar A. Patel, *“Artificial Intelligence”, Predictive Condition Monitoring of Induction Motor Bearing Using Fuzzy Logic*, vol.1, ISSN: 2277-5668, 2012