



SEMINAR TUGAS AKHIR

**PEMISAHAN BANYAK SUMBER SUARA MESIN
DARI MICROPHONE ARRAY DENGAN METODE
INDEPENDENT COMPONENT ANALYSIS (ICA)
UNTUK DETEKSI KERUSAKAN**



Oleh:

Bagus Tris Atmaja - 2405100019

Pembimbing:

Dr. Aulia Siti Aisyah

Dr. Dhany Arifianto



**JURUSAN TEKNIK FISIKA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2009**

LATAR BELAKANG

- **Teknik Pemeliharaan di Industri:**
PM, PdM, CM & EM
- **Mesin mengemisikan Bunyi yang berbeda sebelum *failed***
- **Penelitian Sebelumnya**
Fuad Hasan (2002), Rifqi Anda (2006), Yuniar Rahmadana (2007)
- **Pada plant, seringkali memakai lebih dari satu mesin**



LATAR BELAKANG



Banyak Mesin (sumber) mengemisikan suara yang banyak (mixture) pula



Diperlukan metode untuk memisahkan banyak sumber suara



Blind Source Separation
(unknown mixing process)

PERMASALAHAN

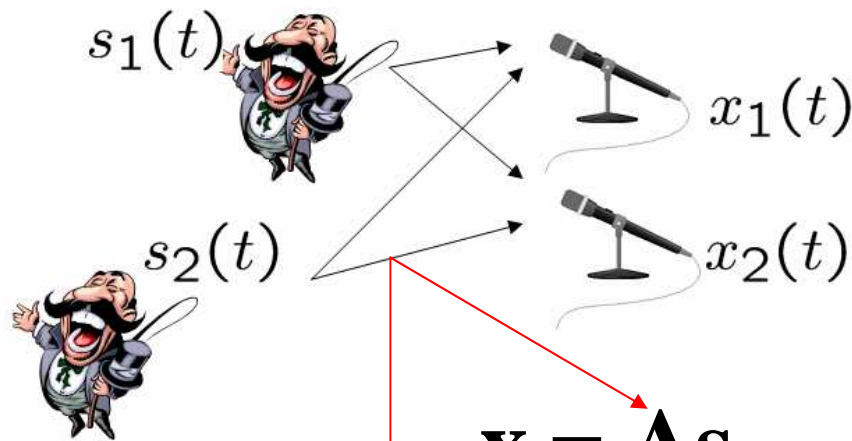
TUJUAN



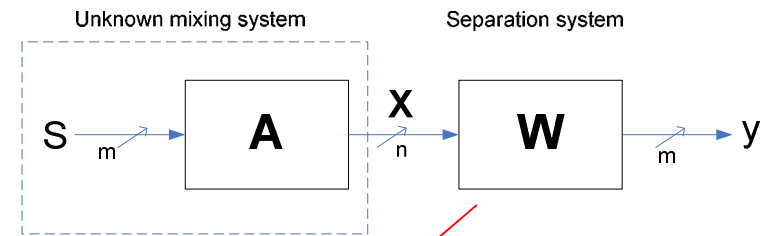
- Memisahkan sinyal suara yang diemisikan banyak motor listrik dari *Microphone Array* dengan metode Independent Component Analysis (ICA)
- Menganalisa sinyal estimasi dengan teknik Frekuensi Sesaat (IF) untuk memperoleh pola frekuensi kerusakan mesin

THEORY : BSS

Pemisahan sumber secara *buta*, hanya diketahui sinyal sensor tanpa mengetahui proses pencampuran → Independen Statistik



$$\mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{s}$$



$$\mathbf{W}_{n+1} = \mathbf{W}_n - \mu \frac{\partial \hat{J} \mathbf{W}_n}{\partial \mathbf{W}} \mathbf{W}^T \mathbf{W}$$

$$\begin{bmatrix} \overline{x_1} \\ \overline{x_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \overline{s_1} \\ \overline{s_2} \end{bmatrix} \text{ dan } \begin{bmatrix} \overline{y_1} \\ \overline{y_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} \\ W_{21} & W_{22} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \overline{x_1} \\ \overline{x_2} \end{bmatrix}$$

THEORY : ICA



*Mixing
Matrix*



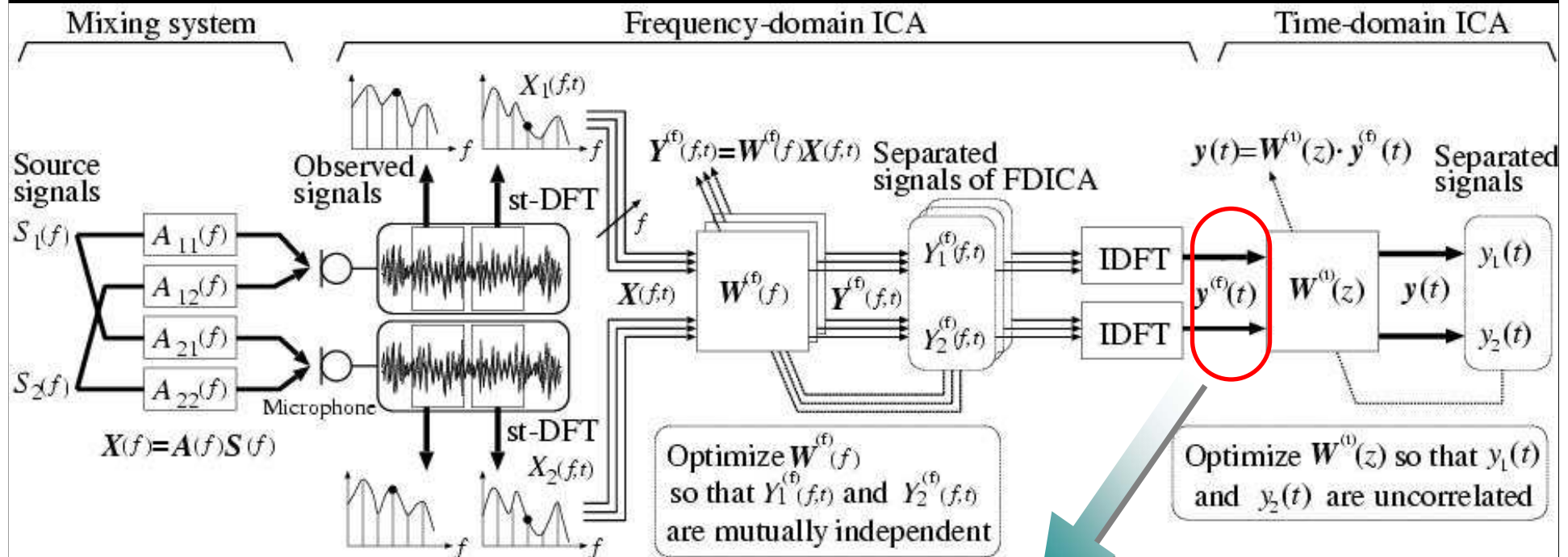
**ICA
BLACK BOX**



Sources

*Independent
Components*

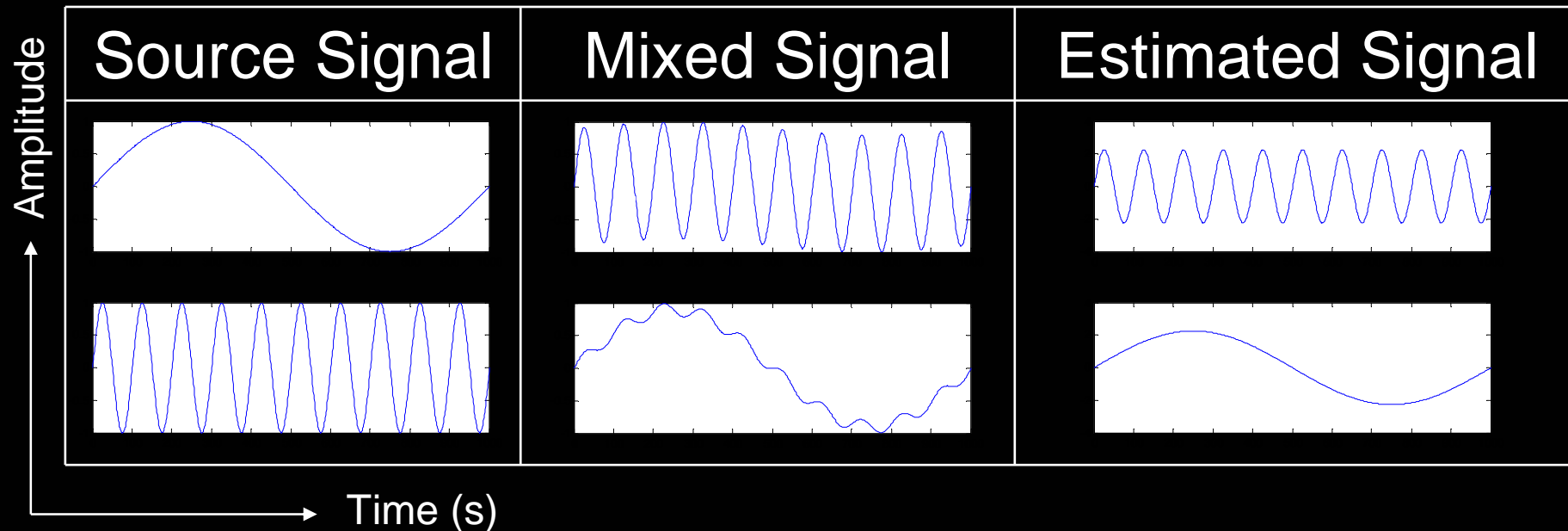
THEORY : ICA domain



- ❖ MSICA (Multi Stage ICA): Sinyal estimasi dari FDICA dijadikan input untuk TDICA.
- ❖ Sinyal estimasi TDICA dianalisa dengan metode frekuensi sesaat.

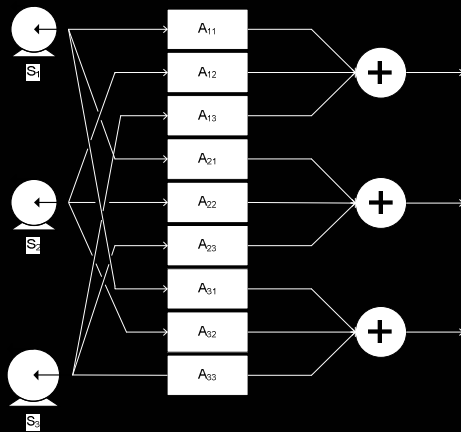
THEORY : ICA & IF

ICA demo :

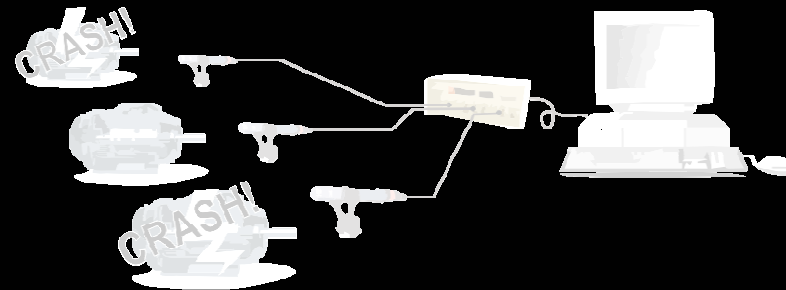


IF → Instantaneous Frequency / Frekuensi Sesaat
didefinisikan sebagai turunan fase terhadap waktu

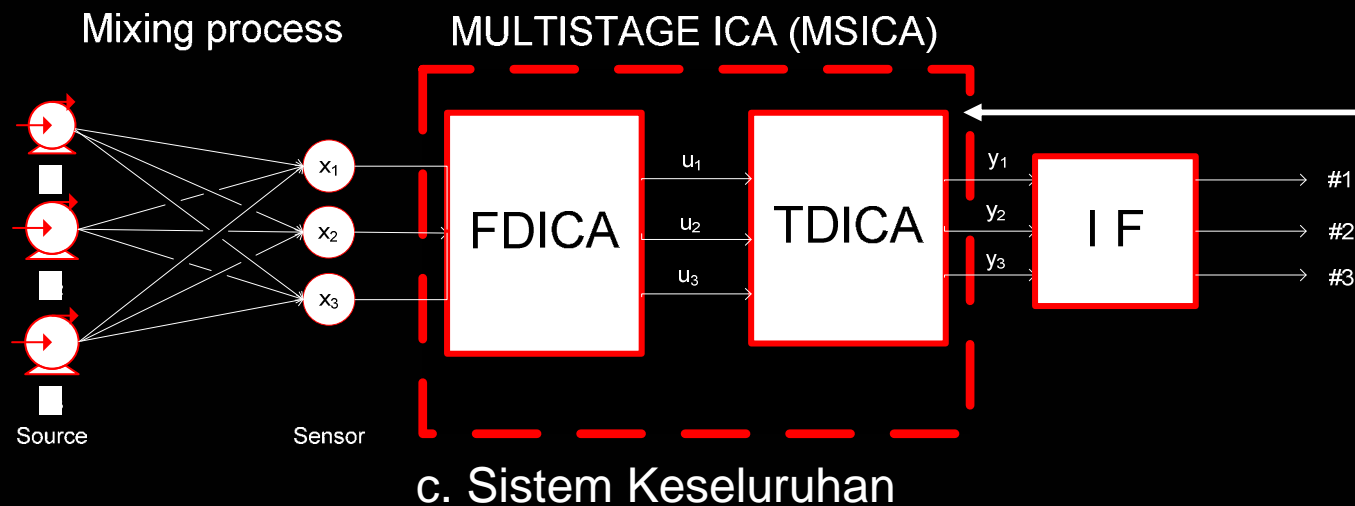
METHODS



a. Perekaman MIMO



b. Akuisisi Data



c. Sistem Keseluruhan

Metode ICA

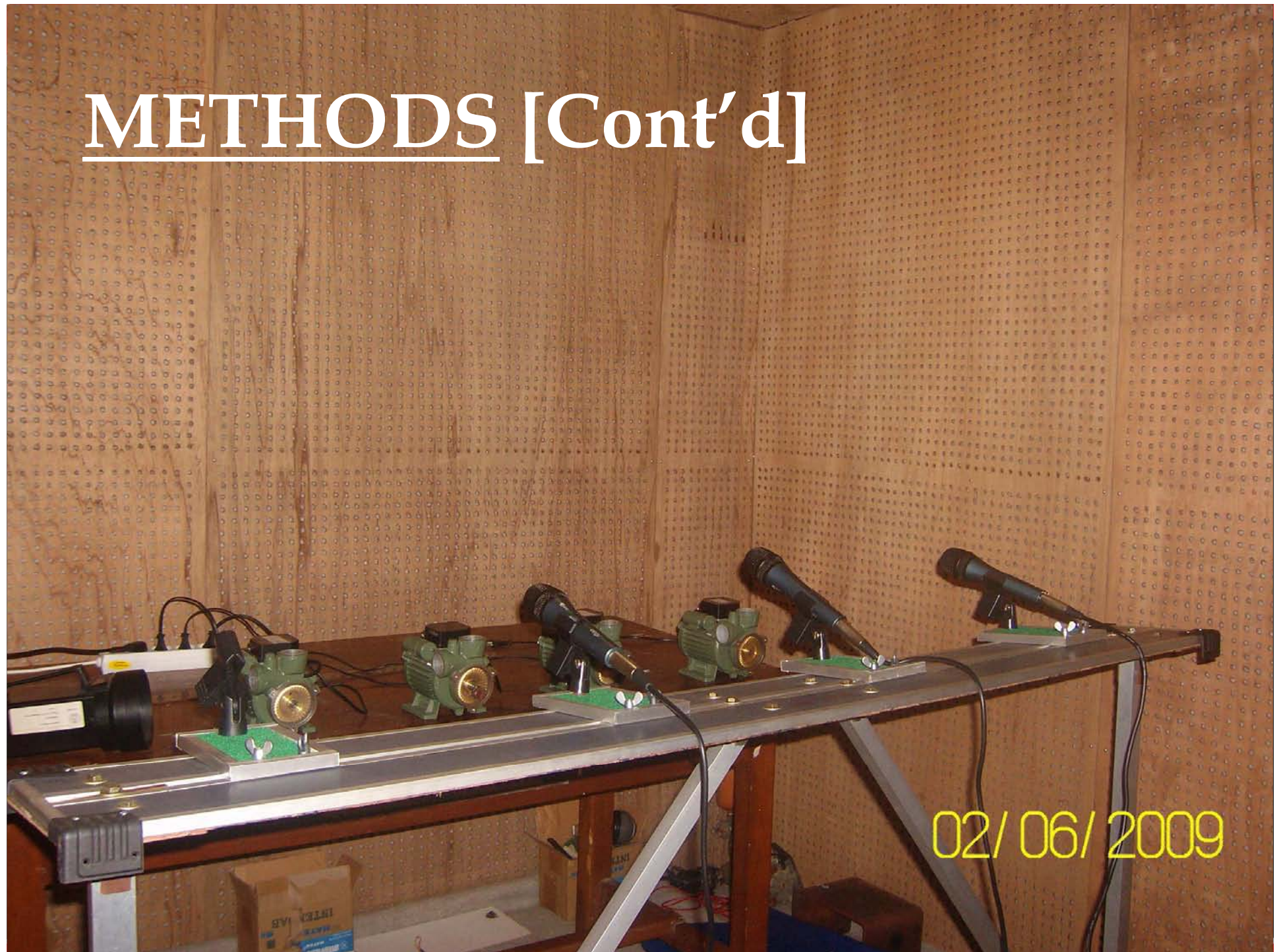
TDICA

FDICA

MSICA 1

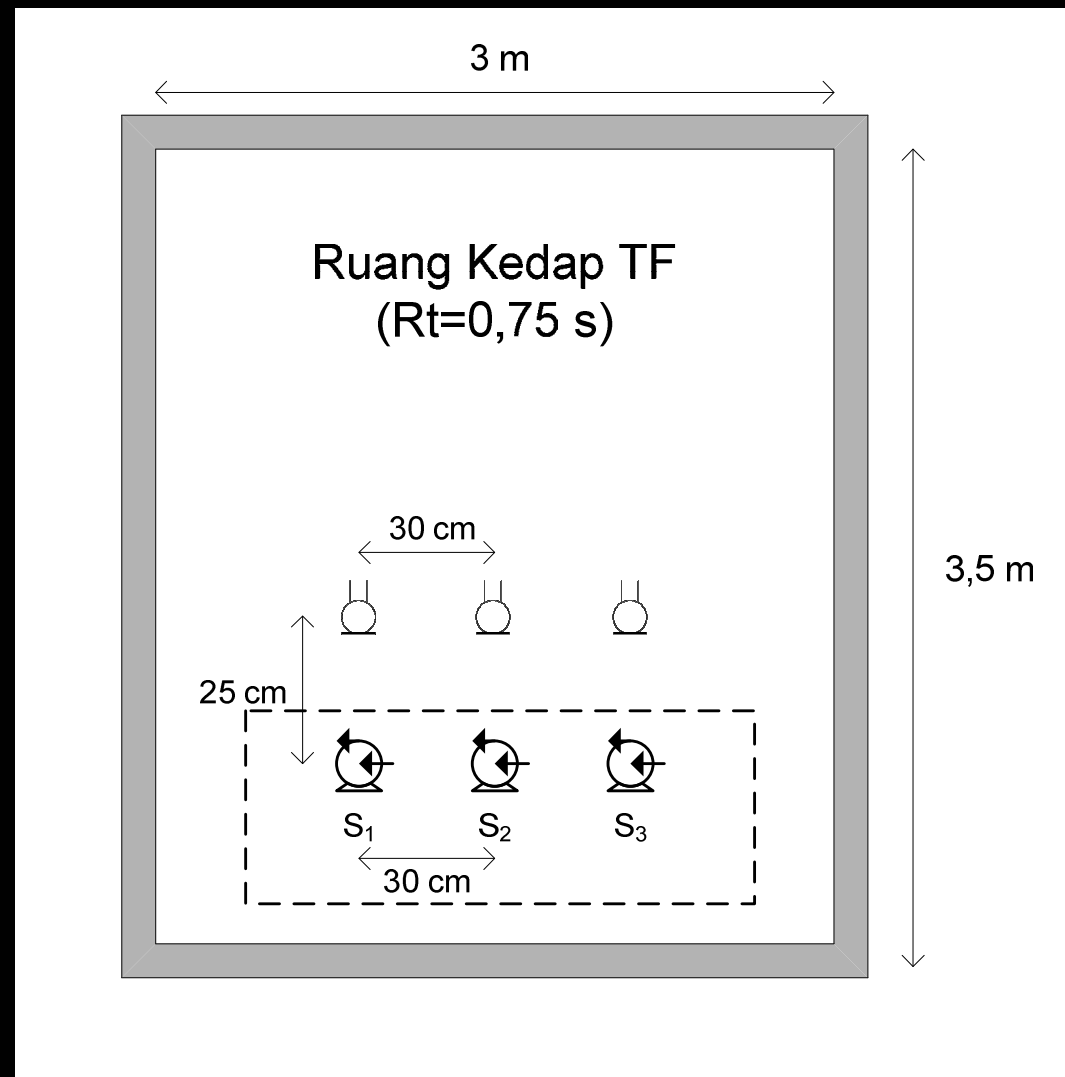
MSICA 2

METHODS [Cont'd]



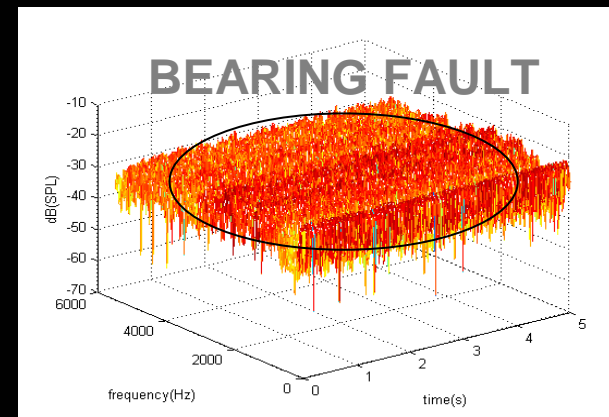
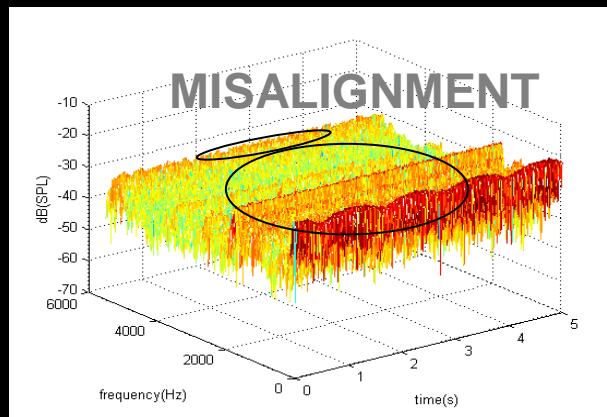
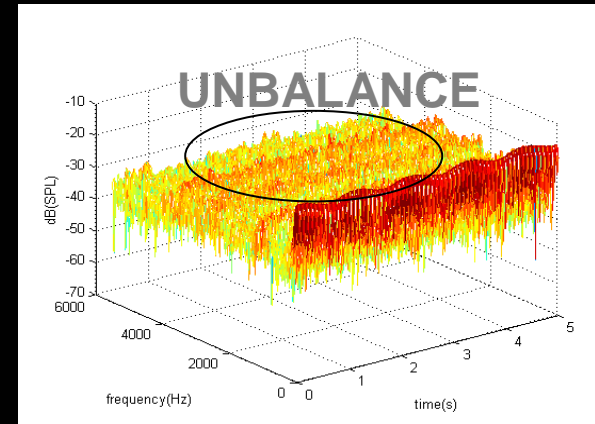
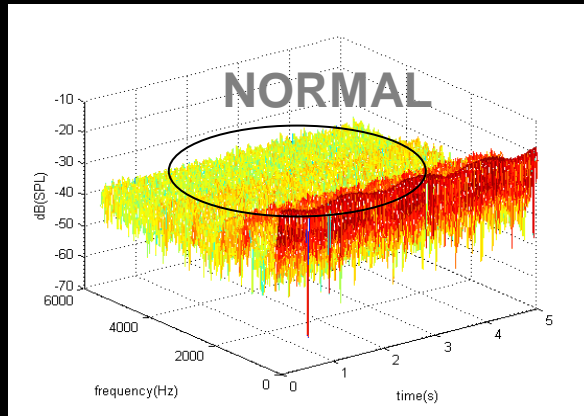
EXPERIMENT SET UP

- $F_s : 11025 \text{ Hz}$
- 16 bit, mono, PCM
- 25 cm mic – motor
- 30 cm mic – mic
- 30 cm motor – motor
- Data:
 1. 1 Mic – 1 Motor
 2. 2 Mic – 2 Motor
 3. 3 Mic – 3 Motor
 4. 4 Mic – 3 Motor
 5. 4 Mic – 4 Motor



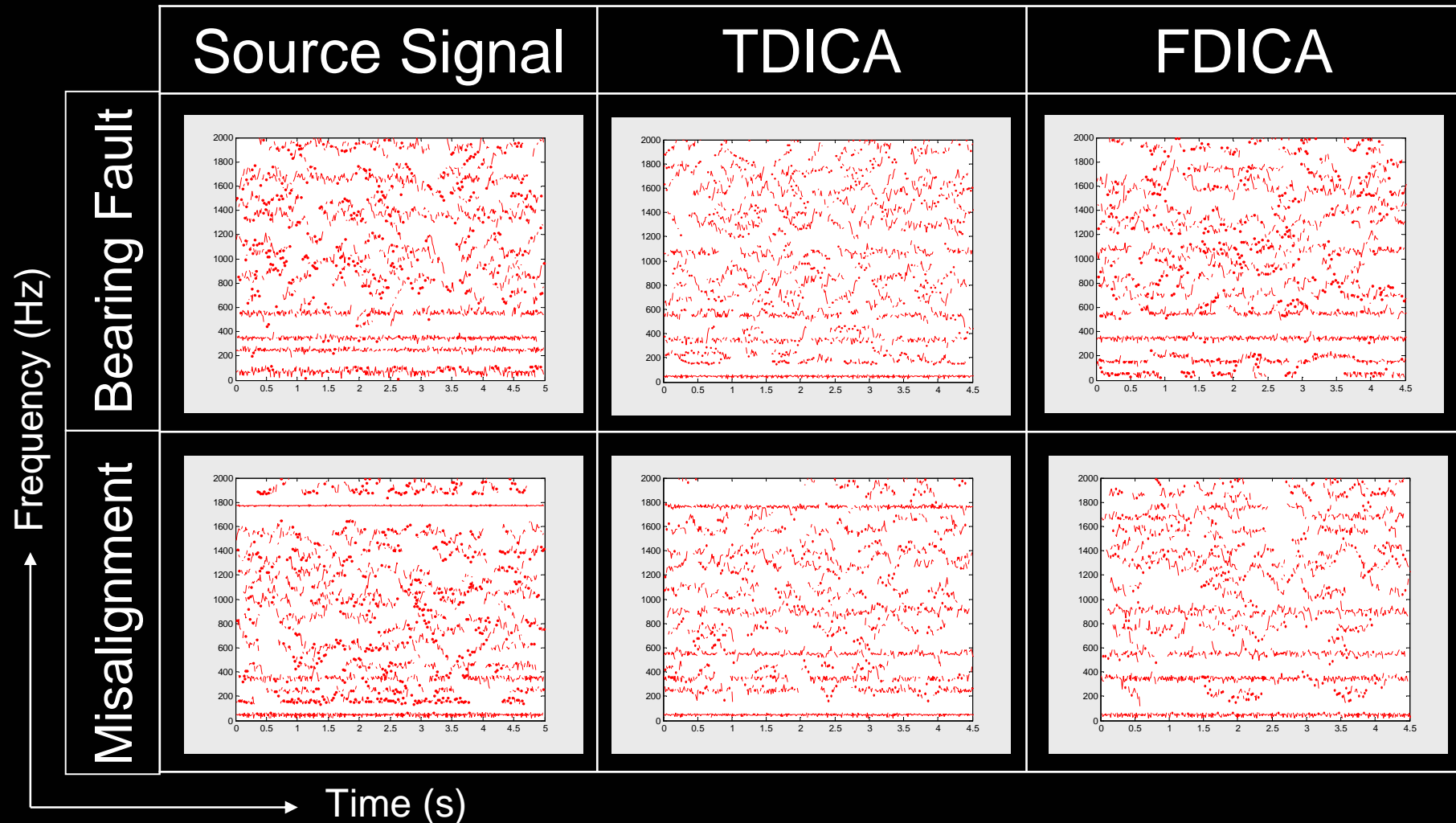
HASIL & ANALISA

Spektrogram Baseline Data



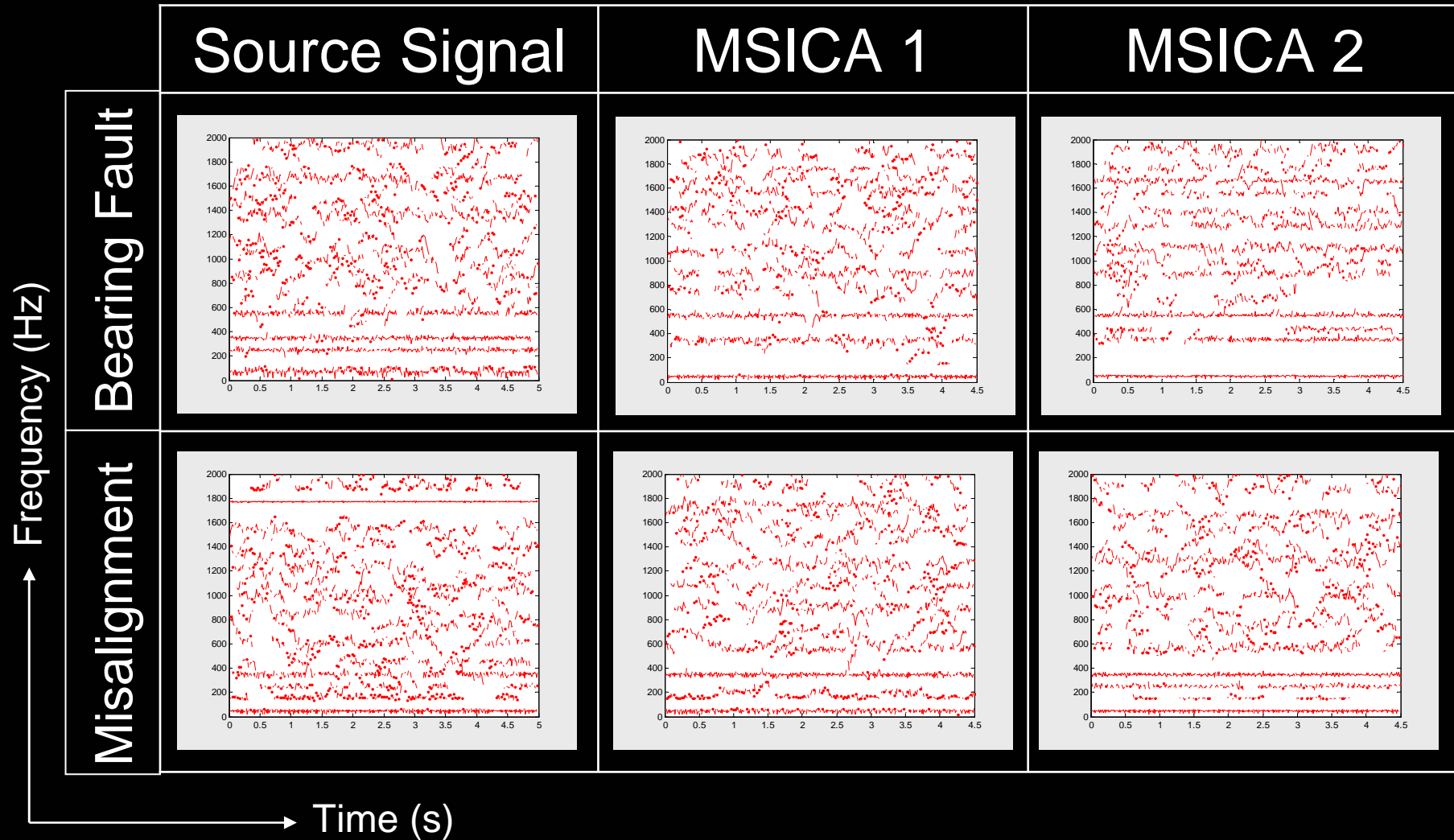
HASIL & ANALISA

TDICA & FDICA [2]



HASIL & ANALISA

MSICA 1 & MSICA 2 [3]



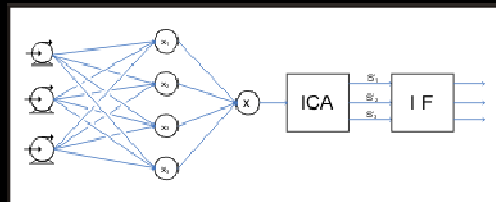
KESIMPULAN



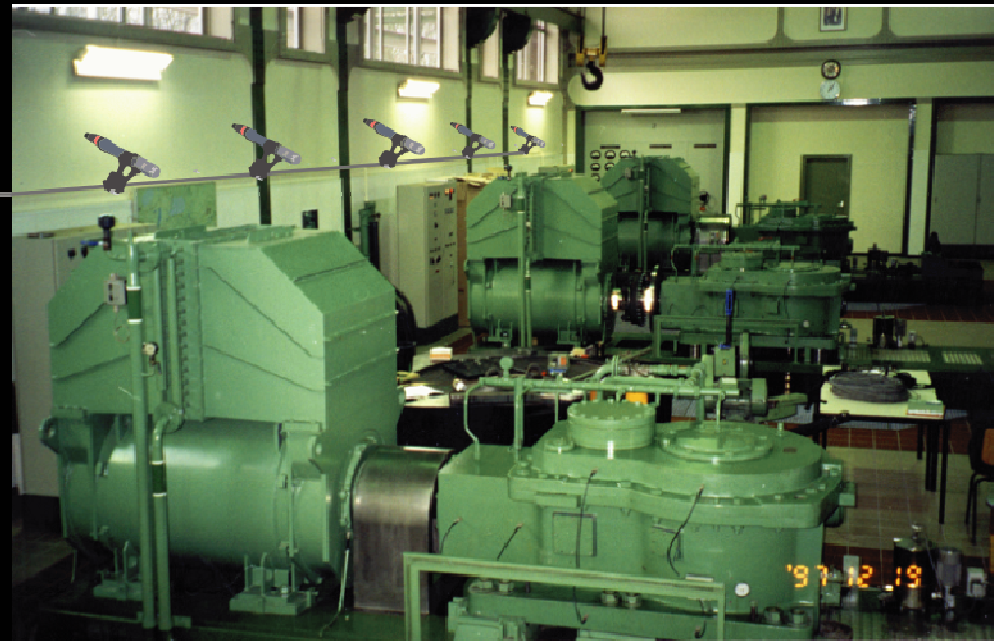
- Pemisahan sinyal suara dari banyak mesin dapat dilakukan dengan metode ICA dengan mengasumsikan sumber independen statistik, pada penelitian ini dengan algoritma Natural Gradient didapatkan pemisahan sinyal terbaik pada Time Domain ICA (TDICA).
- Analisa pola suara beberapa kondisi mesin berdasarkan penelitian adalah sbb:
 - Normal pada frekuensi 51 Hz, antara 1000-1300 Hz, 1770 Hz.
 - Unbalance pada frekuensi 46 Hz, 1000 Hz, 1770 Hz dan 1990 Hz.
 - Misalignment pada frekuensi 46, 360 dan 1772 Hz.
 - Bearing Fault pada Frekuensi 73 Hz, 250 Hz dan 350 Hz.

Future Works...

CONTROL ROOM



PLANT with MICROPHONE ARRAY




...Hypothetically, it might.

Terima Kasih



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Surabaya 2009



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Implementasi Algoritma
BLIND SOURCE SEPARATION (BSS)
Untuk Identifikasi Kerusakan Beberapa Motor Listrik
Melalui Analisa Sinyal Suara Dengan *Microphone Array*


BAGUS TRIS ATMAJA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PKM-P

ABSTRAK

Dalam Dunia Industri, teknik analisa getaran ini umumnya dimasukkan dalam bidang *predictive maintenance*, selain beberapa teknik yang lain yakni thermografi, tribology dan motor current. Adanya perubahan getaran menimbulkan perubahan terhadap suara yang di-emisikan mesin. Dengan kata lain, perubahan suara merupakan manifestasi adanya perubahan pola getaran mesin. Seperti halnya sinyal vibrasi, sinyal suara juga sensitif terhadap parameternya: frekuensi, amplitudo dan fasa. Teknik analisa sinyal suara ini telah dimanfaatkan untuk mendeteksi kerusakan gearbox. Hasil penelitian tersebut juga membuktikan bahwa bising lingkungan tidak berpengaruh secara signifikan dalam sistem monitoring gearbox tersebut.

RANCANGAN SISTEM


MACHINERY FAULT SIMULATOR.


Microphone Array

Sound Card MultiChannel digunakan untuk melakukan perekaman sinyal suara motor untuk tiap microphone

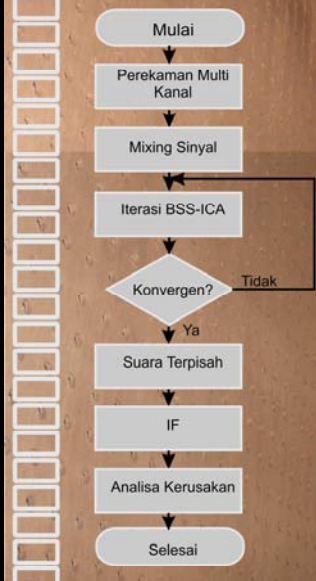
PC melakukan komputasi sinyal. Algoritma pengolahan sinyal yang dilakukan BSS dan IF

Beberapa motor dikondisikan dengan perlakuan kondisi yang berbeda yaitu normal, unbalance, misalignment dan bearing fault

PRINSIP KERJA SISTEM


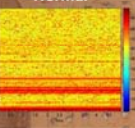
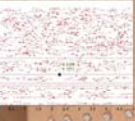
Sinyal suara beberapa motor dengan kondisi yang berbeda direkam dengan *Microphone Array* untuk berbagai variasi konfigurasi posisi. Hasil perekaman tiap sensor diproses sedemikian rupa oleh algoritma **BSS-ICA** sehingga diperoleh sinyal pisahan untuk tiap motor. Sinyal suara tiap motor ini selanjutnya dianalisa dengan menggunakan IF untuk memperoleh prediksi keadaan motor berdasarkan frekuensi fundamentalnya.

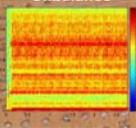

METODOLOGI

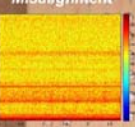



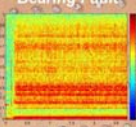

HASIL & ANALISA

Hasil Spektrogram dan Analisa IF

Normal



Unbalance



Misalignment



Bearing Fault



Dari hasil IF terhadap sinyal pisahan oleh dari BSS-ICA, pada kondisi *normal*, frekuensi dominan ada pada 1148 Hz dan 1771 Hz. Sedangkan kondisi *Unbalance* terjadi pada frekuensi 101.3 Hz. Kondisi *Misalignment* memiliki frekuensi dominan pada 1786 Hz. Sedangkan *Bearing Fault* terjadi pada frekuensi 99.51 Hz.

Hasil penelitian ini dapat dijadikan tahap pembuktian bahwa pola suara dapat digunakan untuk mendidagnosa kerusakan mesin, khususnya untuk jenis kerusakan yang tela dileliti yakni Unbalance, Misalignment dan Bearing Fault.

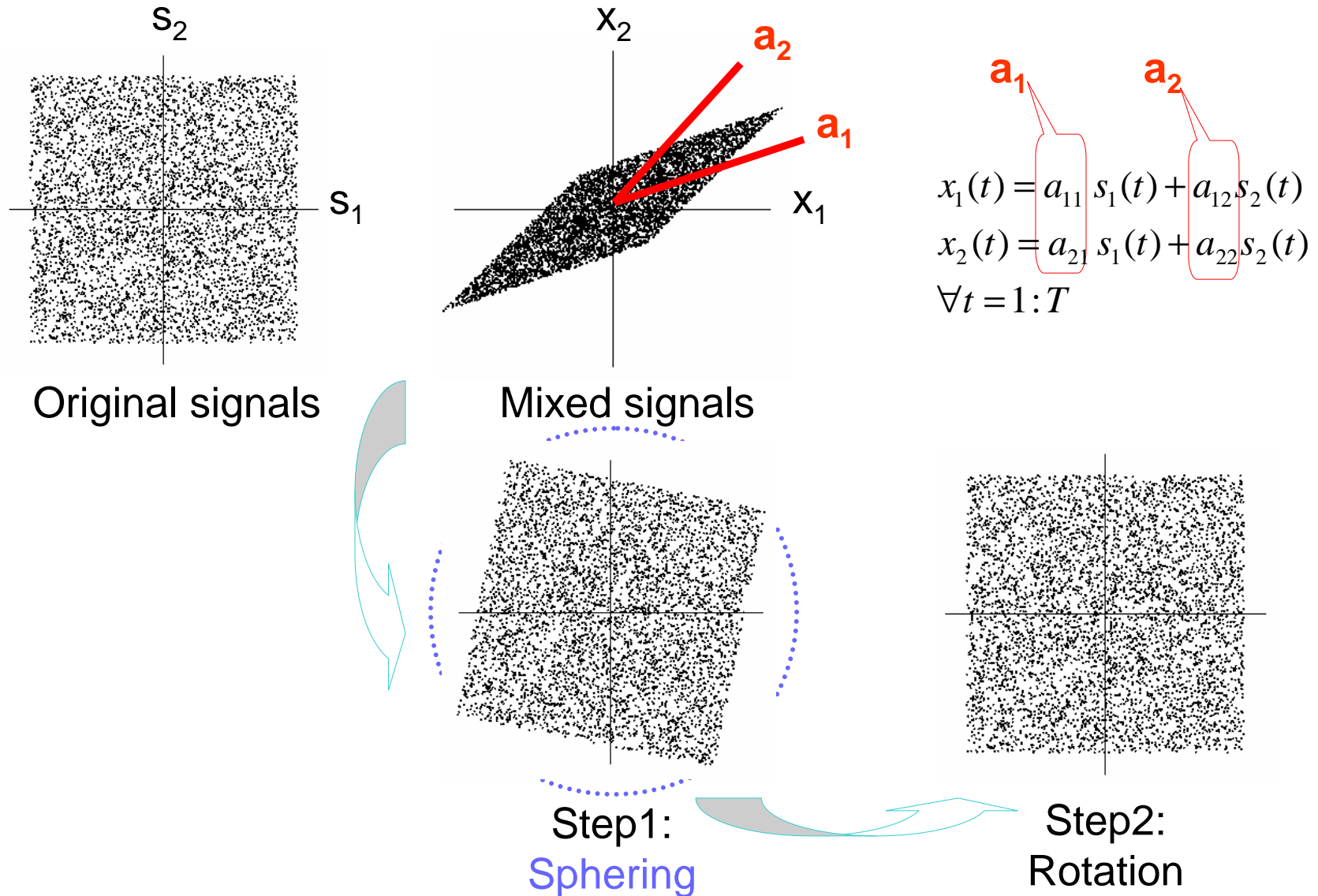
KESIMPULAN

- Telah berhasil dibuat alat peraga Machinery Fault Simulator dengan 3 motor dan empat sensor Microphone.
- Dengan analisa pola suara menggunakan BSS dan IF diperoleh frekuensi dominan kondisi kerusakan pada beberapa motor listrik, yakni sebagai berikut: **Normal** pada frekuensi 1148 Hz dan 1771 Hz, **Unbalance** pada frekuensi 101.3 Hz, **Misalignment** pada frekuensi 1786 Hz, **Bearing Fault** pada Frekuensi 99.51 Hz.

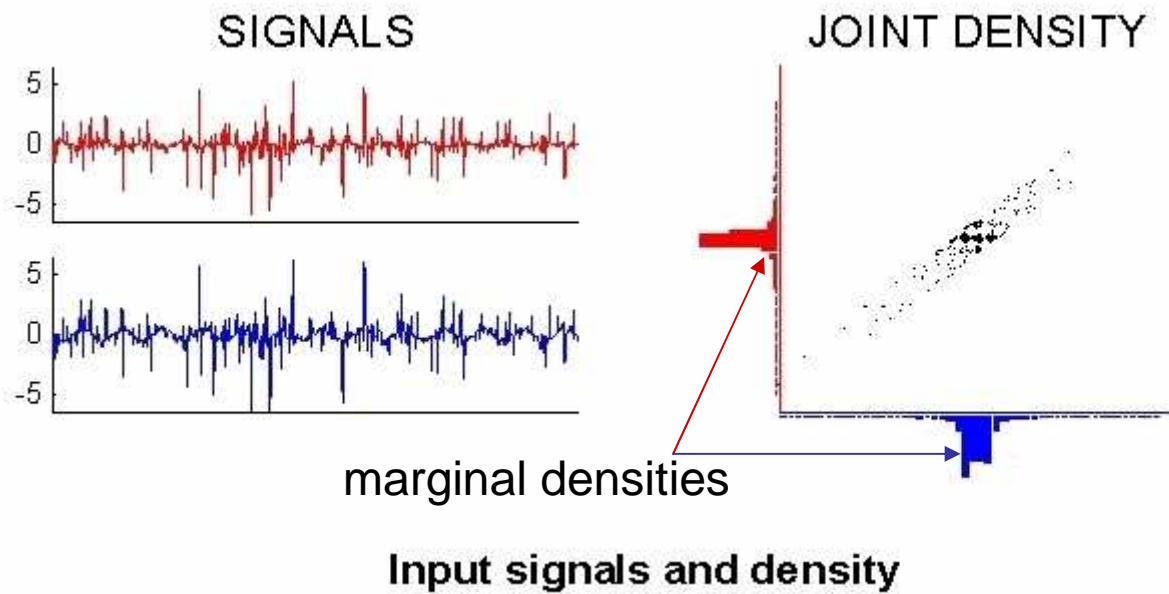
TIM PELAKSANA

Bagus Tris Atmaja, Budiman Putra AR, As'adul Murtadho
Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri ITS
bagustris@sep.its.ac.id

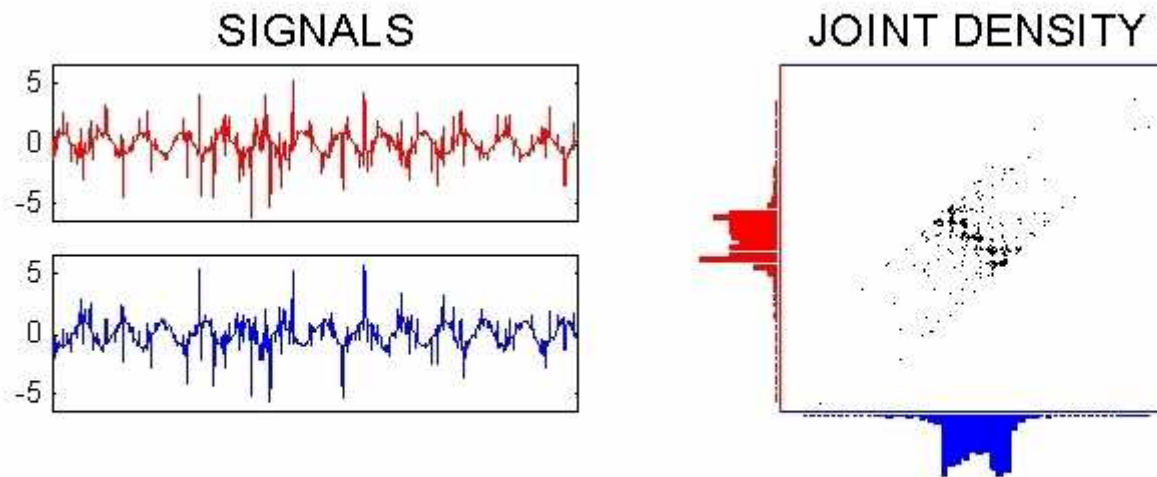
ICA PROCESS: Illustration with 2 Sensors



ICA PROCES : Mixtures

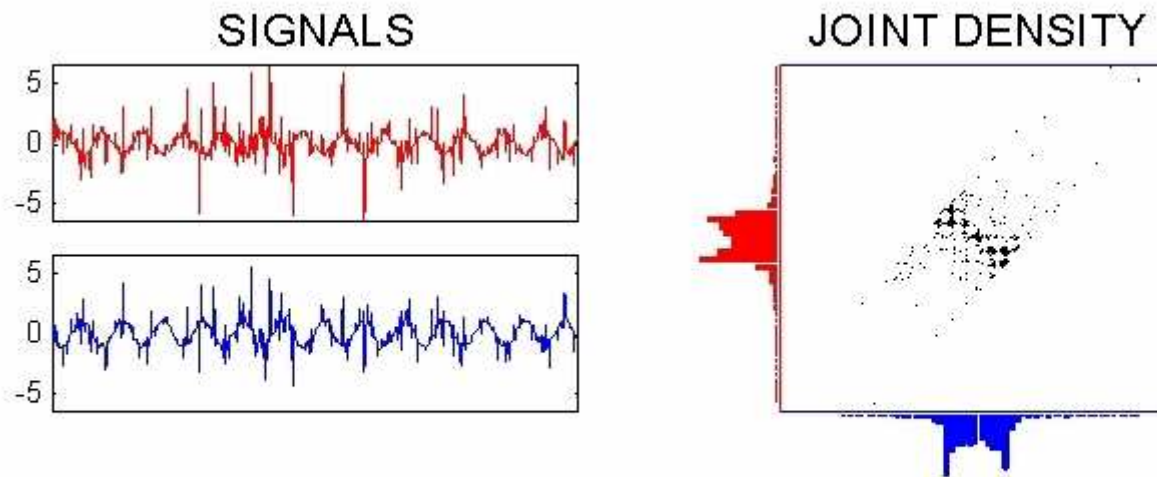


ICA PROCESS : Whitenened



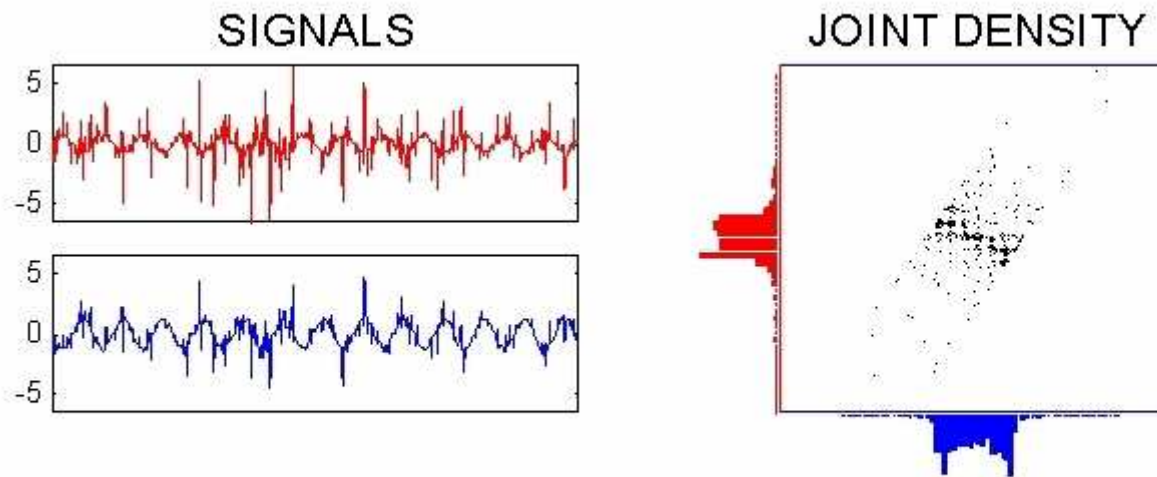
Whitened signals and density

ICA PROCESS : Step 1



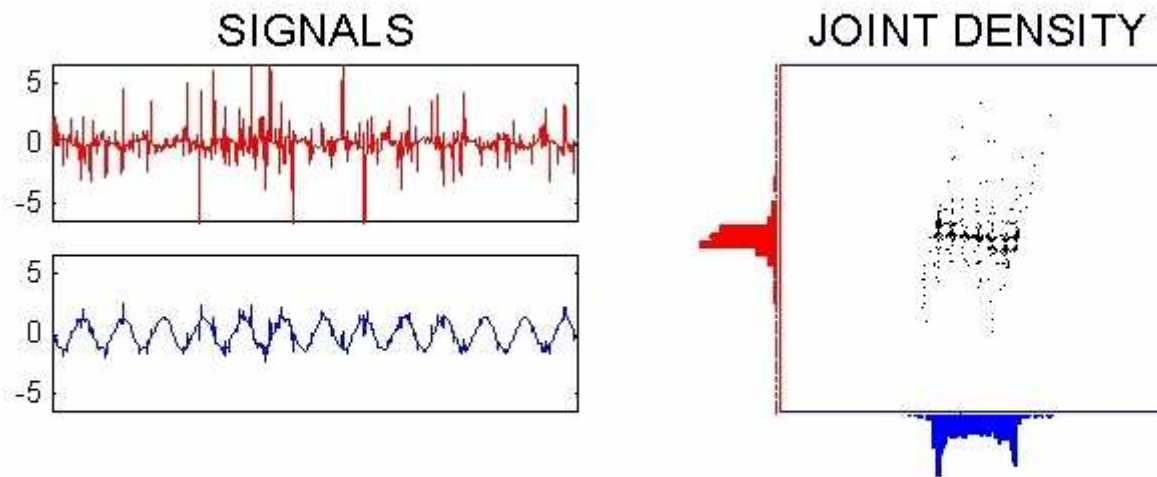
Separated signals after 1 step of FastICA

ICA PROCESS : Step 2



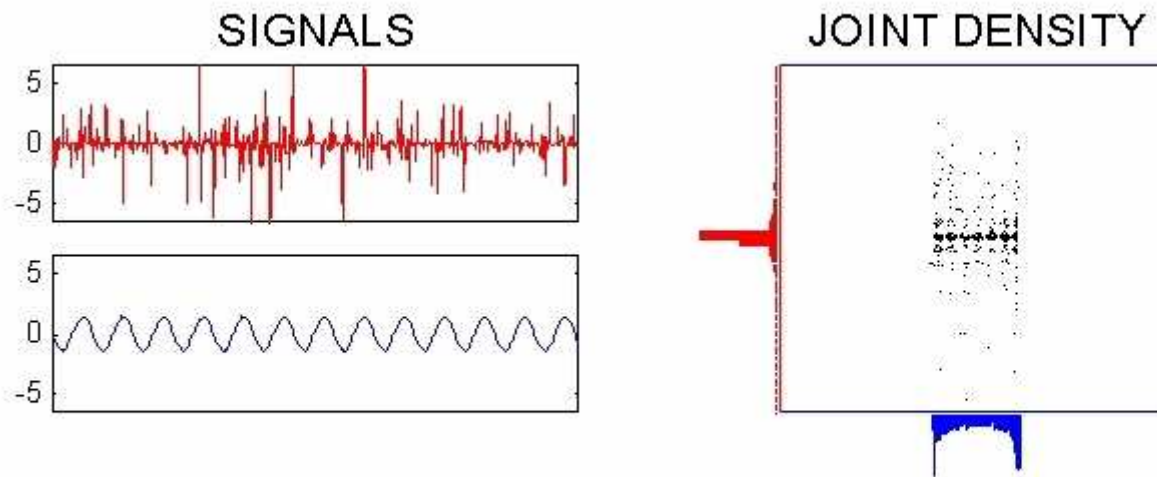
Separated signals after 2 steps of FastICA

ICA PROCESS : Step 3



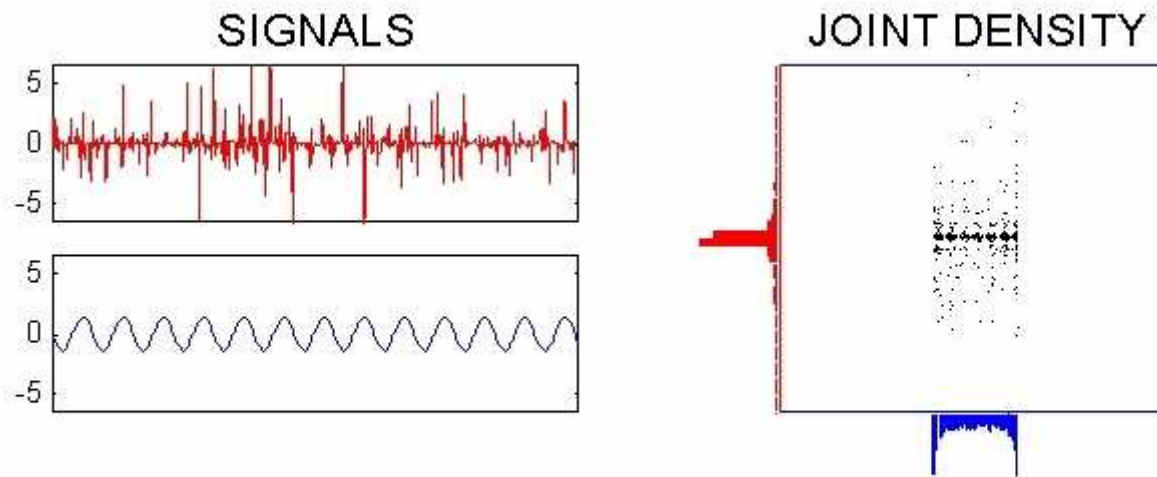
Separated signals after 3 steps of FastICA

ICA PROCESS : Step 4



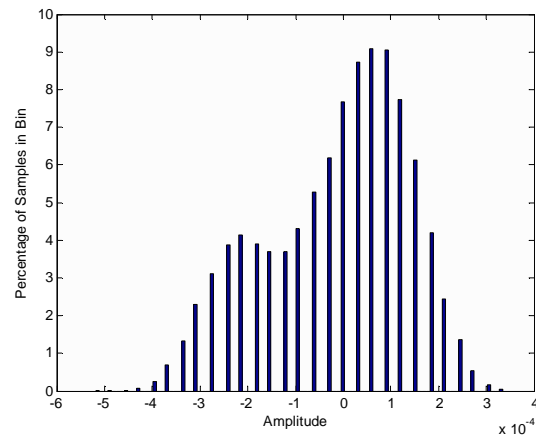
Separated signals after 4 steps of FastICA

ICA PROCESS : Step 5-End

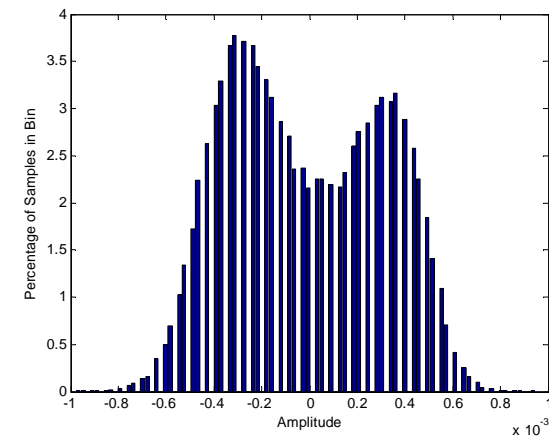


Separated signals after 5 steps of FastICA

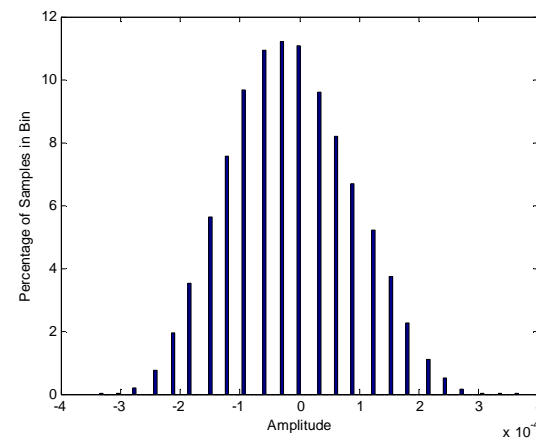
pdf of source signal:



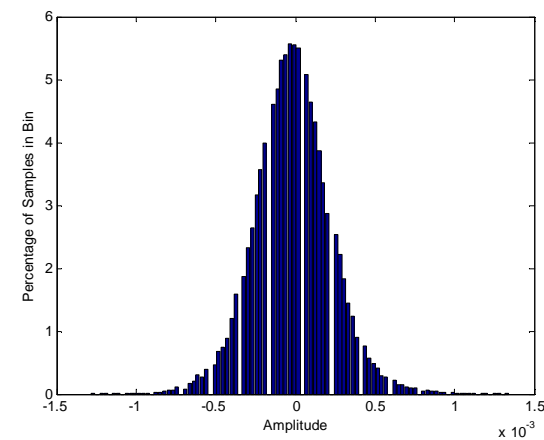
Normal



Unbalance

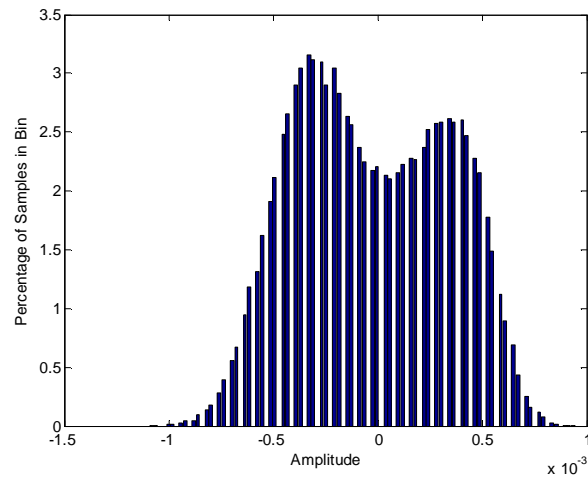


Misalignment

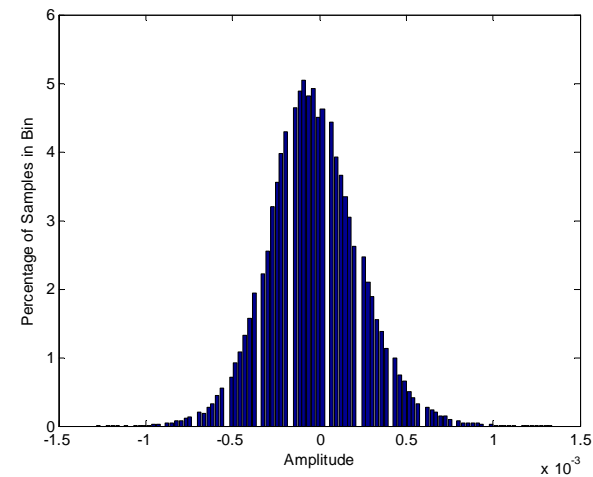


Bearing Fault

pdf of mixture signal



Normal + Unbalance



Misalignment + Bearing
Fault