

LAPORAN TUGAS SARJANA

**PENGEMBANGAN INSTRUMENTASI *VIRTUAL*
UNTUK TUJUAN AKUISISI SINYAL GETARAN
PADA MESIN BUBUT *CNC EMCO TU – 2A***



Diajukan Sebagai Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1 (S-1)
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Disusun oleh :

WAHYU KURNIAWAN

L2E 004 444

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2009

TUGAS SARJANA

- Diberikan kepada : Nama : Wahyu Kurniawan
NIM : L2E 004 444
- Dosen Pembimbing : I. Dr. Rusnaldy, ST, MT
II. Joga Dharma Setiawan, BSc, MSc, PhD
- Jangka Waktu : 8 bulan
- Judul : Pengembangan Instrumentasi *Virtual* Untuk Tujuan Akuisisi Sinyal Getaran Pada Mesin Bubut *CNC EMCO TU – 2A*.
- Isi Tugas :
1. Membuat program aplikasi menggunakan *LabVIEW* untuk tujuan akuisisi sinyal getaran
 2. Membuat *Low Pass Filter* untuk melewatkan frekuensi rendah dan memotong frekuensi tinggi
 3. Melakukan pengujian hammer test dan pengukuran level getaran pada saat proses pembubutan pada mesin *CNC EMCO TU- 2A*

Semarang, 5 Januari 2009

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr Rusnaldy, ST, MT

NIP. 132 236 132

Joga Dharma Setiawan, BSc, MSc, PhD

NIP. 132 316 216

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir dengan judul “ **Pengembangan *Instrumentasi Virtual* Untuk Tujuan Akuisisi Sinyal Getaran Pada Mesin Bubut *CNC EMCO TU – 2A***” telah disetujui :

Hari :

Tanggal :

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr Rusnaldy, ST, MT

NIP. 132 236 132

Joga Dharma Setiawan, BSc, MSc, PhD

NIP. 132 316 216

Mengetahui

Koordinator Tugas Sarjana

Dr. MSK Tony Suryo Utomo. ST, MT

NIP. 132 231 137

ABSTRAK

Kemajuan Teknologi dalam bidang instrumentasi telah mendorong manusia menciptakan Instrumentasi *Virtual* yang memanfaatkan komputer sebagai tampilan mukanya (*user interface*), namun dapat berfungsi seperti layaknya alat – alat instrumentasi sebenarnya. Dalam penelitian ini dikembangkan Instrumentasi *Virtual* yang diaplikasikan untuk akuisisi sinyal getaran pada mesin bubut *CNC EMCO TU – 2A*. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah *LabVIEW* yang menggunakan bahasa grafis (*graphical-based*), dan perangkat kerasnya adalah *DAQ Pad 6020 E*. Pengukuran level getaran pada mesin *CNC EMCO TU 2A* dilakukan untuk mengetahui frekuensi pribadi struktur dan mengetahui getaran yang terjadi pada saat proses pembubutan berlangsung. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan *Accelerometer* di bagian bawah pemegang pahat, baik pada saat mesin beroperasi maupun tidak. Dari hasil validasi program diperoleh faktor error rata - rata frekuensi sebesar 0.11 % dan faktor error rata – rata amplitudo V_{rms} nya adalah sebesar 0.45 %. Dengan error yang begitu kecil, program instrumentasi *virtual* yang telah didesain sudah layak untuk proses akuisisi data.

Kata Kunci : Instrumentasi Virtual, LabVIEW, Sinyal Getaran, Amplitude , Frekuensi, Mesin CNC EMCO TU 2A

ABSTRAK

The Development of instrumentation device technology causing people to create virtual instrumentation which use a computer as an user interface, however it can be functioned as a real instrumentation device. In this research, virtual instrumentation is developed for acquisition of vibration signal on CNC EMCO TU 2A machine using LabVIEW software and DAQ Pad 6020E hardware. The Acquisition of vibration signal is done to get natural frequency system and to know vibration level at turning process. Testing is done by place an accelerometer under tool holder, both the machine in mode on and off. The virtual instrumentation programme have average amplitude error 0.45 % and average frequency error 0.11%. Based on this result, it can be concluded that the The virtual instrumentation programme which has been designed proper to acquisition of vibration signal.

Keyword : Instrumentation Virtual, LabVIEW, Vibration Signal, Frequency, Amplitude, CNC EMCO TU 2A,

Motto :

**Sebaik – baiknya manusia adalah yang paling banyak
manfaatnya bagi orang lain ...**

Persembahan :

**Kupersembahkan Laporan Tugas akhir ini
Untuk ayah, Ibu, dan Kakakku yang senantiasa
Mendukung dan mendoakan setiap langkahku...**

**Untuk Arista Indraswari yang mengisi hari-hariku
dengan doa – doa dan harapan – harapan baru.....**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan atas berkat rahmat dan karunia Allah SWT yang telah dilimpahkan-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas Sarjana dengan judul “Pengembangan Instrumentasi *Virtual* Untuk Tujuan Akuisisi Sinyal Getaran Pada Mesin Bubut *CNC EMCO - TU 2A*”

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Rusnaldy, ST, MT selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir yang telah banyak meluangkan waktunya guna membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Joga Dharma Setiawan, BSc, MSc, PhD selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyelesaian Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Achmad Widodo, ST, MT selaku dosen yang mengusulkan tema tugas akhir penulis dan membimbing dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Ir. Berkah Fajar TK, Dipl. Ing. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.
5. Bapak Dr. MSK, Tony Suryo Utomo, ST, MT, selaku koordinator Tugas Sarjana.
6. Mas Aji sebagai sekretaris Laboratorium Kontrol dan Getaran yang selama ini membantu di Lab.
7. Pak Yos sebagai laboran Lab. CNC yang membantu dalam pengujian.
8. Anggi Arivian sebagai rekan satu tim yang selama ini saling bertukar pikiran.
9. Asisten CNC Mustofa Zuhri '04 dan angkatan '06 dika, rifki, edo yang telah membantu pada saat pengujian.
10. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu saran dan kritik membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan siapa saja yang membacanya.

Semarang, September 2009

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Tugas Sarjana	ii
Halaman Pengesahan	iii
Abstrak	iv
Halaman Persembahan	vi
Kata Pengantar.....	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xi
Daftar tabel.....	xv
Nomenklatur.....	xviii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Metodologi	2
1.5 Sistematika Penulisan	4

BAB II DASAR TEORI

2.1 Data Akuisisi	
2.1.1 Sensor.....	5
2.1.2 Pengkondisi Sinyal.....	7
2.1.3 DAQ Board.....	14
2.2 Pengolahan Sinyal Digital	
2.2.1 Analog to Digital Conversion.....	18
2.2.2 Transformasi Fourier	21
2.2.3 Windowing.....	24

2.3 Jenis Pengukuran Getaran.....	28
2.4 Mesin Bubut EMCO TU 2A	
2.4.1 Bagian Utama Mesin Bubut EMCO TU 2A	32
2.4.2 Proses Permesinan.....	33
2.4.3 Proses Pembubutan.....	35
2.4.4 Getaran Pada Saat Proses Membubut (<i>Turning</i>).....	36

BAB III PENGEMBANGAN PROGRAM BERBASIS LABVIEW

3.1 Instrumentasi Virtual.....	38
3.2 LABVIEW.....	38
3.3 Driver software.....	43
3.4 MAX.....	44
3.5 Penjelasan Program Vibration Analisis.....	45
3.6 Langkah Pembuatan Program.....	54
3.7 Peralatan Percobaan.....	56

BAB IV HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA

4.1 Validasi Program.....	62
4.2 Percobaan Menggunakan Exciter.....	65
4.3 Perancangan Filter.....	69
4.4 Pengujian <i>Hammer Test</i>	73
4.5 Pengujian Pada Saat Proses Pembubutan.....	77
4.6 Pembahasan.....	84

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	86
5.2 Kesimpulan.....	86

DAFTAR PUSTAKA	87
-----------------------------	----

LAMPIRAN	88
-----------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram Alir Percobaan	3
Gambar 2.1	Skema Proses Data Akuisisi	5
Gambar 2.2	<i>Accelerometer</i>	6
Gambar 2.3	Simbol <i>Amplifier</i>	7
Gambar 2.4	Diagram pin-connection dan op-amp jenis 741	8
Gambar 2.5	<i>Inverting amplifier</i>	8
Gambar 2.6	Karakteristik input dan output <i>inverting amplifier</i>	9
Gambar 2.7	<i>Non Inverting amplifier</i>	9
Gambar 2.8	Karakteristik input dan output non <i>inverting amplifier</i>	10
Gambar 2.9	Jenis Filter Analog	11
Gambar 2.10	<i>Low Pass Filter</i>	12
Gambar 2.11	Karakteristik <i>Low Pass Filter</i>	13
Gambar 2.12	<i>Sallen Key Topologi</i>	13
Gambar 2.13	Efek <i>device range</i> terhadap keakuratan pengukuran	15
Gambar 2.14	<i>Differential measurement system 8 channel</i>	16
Gambar 2.15	<i>Referenced single-ended (RSE) measurement system 16 channel</i>	17
Gambar 2.16	<i>Nonreferenced single-ended (NRSE) measurement system 16 Channel</i>	17
Gambar 2.17	Contoh sinyal Analog	18
Gambar 2.18	Contoh sinyal diskrit	18
Gambar 2.19	Proses <i>Sampling</i>	19
Gambar 2.20	Fenomena <i>Aliasing</i>	20
Gambar 2.21	Proses quantization	21
Gambar 2.22	<i>Spectral Leakage</i>	25
Gambar 2.23	Proses windowing	26
Gambar 2.24	Perbandingan spectrum frekuensi sinyal yang diwindow dan tidak	26
Gambar 2.25	Jenis <i>window</i>	27
Gambar 2.26	Arah gerakan pada mesin bubut EMCO TU 2A	31

Gambar 2.27	Mesin bubut CNC EMCO TU 2 A.....	32
Gambar 2.28	Proses-proses permesinan	34
Gambar 2.29	Proses Membubut.....	35
Gambar 2.30	Getaran pahat yang arahnya searah dengan gerak pemakanan	37
Gambar 2.31	Getaran pahat yang arahnya searah dengan gerak pemotongan....	37
Gambar 3.1	Implementasi <i>Instrumentasi Virtual</i>	38
Gambar 3.2	Tampilan <i>Front Panel</i> dari LabVIEW.....	39
Gambar 3.3	Tampilan <i>Control</i> dan <i>Indicator</i> pada <i>front panel LabVIEW</i>	40
Gambar 3.4	Tampilan <i>Block Diagram</i> pada LabVIEW	40
Gambar 3.5	Terminal pada Block Diagram	41
Gambar 3.6	<i>Nodes</i> pada <i>block diagram</i>	41
Gambar 3.7	Contoh bentuk <i>wire</i> pada LabVIEW	42
Gambar 3.8	Berbagai jenis <i>structure</i> pada <i>LabVIEW</i>	42
Gambar 3.9	<i>Function Pallete</i> pada <i>Block Diagram</i>	43
Gambar 3.10	<i>Traditional NI DAQ AI Config</i>	43
Gambar 3.11	<i>Traditional NI DAQ AI Start</i>	44
Gambar 3.12	<i>Traditional NI DAQ AI Read</i>	44
Gambar 3.13	<i>Traditional NI DAQ AI Clear</i>	44
Gambar 3.14	Tampilan <i>user interface</i> pada <i>MAX</i>	45
Gambar 3.15	Tampilan <i>Front panel</i> program <i>Vibration Analisis</i>	46
Gambar 3.16	Tampilan <i>Block Diagram</i> program <i>Vibration Analisis</i>	47
Gambar 3.17	<i>Page time</i>	48
Gambar 3.18	<i>Page FFT</i>	49
Gambar 3.19	<i>Page Power Spectrum</i>	50
Gambar 3.20	<i>Page FRF</i>	51
Gambar 3.21	<i>Page Data Akuisisi Kontrol</i>	52
Gambar 3.22	<i>Page Sinyal Prosesing Kontrol</i>	53
Gambar 3.23	<i>DAQ Pad 6020 E</i>	56
Gambar 3.24	Sinyal Generator <i>Instek GFG 3015</i>	57
Gambar 3.25	<i>Oscilloscope merk Tektronix TDS 2014</i>	58
Gambar 3.26	<i>Low Pass Filter</i>	59

Gambar 3.27	<i>Hand Held Exciter Bruel & Kjaer 5961</i>	59
Gambar 3.28	<i>Accelerometer Type PCB Piezotronic 35 3B17</i>	60
Gambar 3.29	<i>Amplifier PCB Piezotronic 482A22</i>	61
Gambar 4.1	Skema pengujian validasi program.....	62
Gambar 4.2	Grafik <i>time domain</i> dengan frekuensi 500 Hz.....	63
Gambar 4.3	Grafik frekuensi domain (FFT) dengan frekuensi 500 Hz	64
Gambar 4.4	Skema percobaan menggunakan <i>Exciter</i>	66
Gambar 4.5	Grafik frekuensi domain (FFT) <i>exciter</i> dengan pengaturan sinyal generator pada frekuensi 100 Hz dan amplitudo 1 V	67
Gambar 4.6	Grafik frekuensi domain (FFT) <i>exciter</i> dengan pengaturan sinyal generator pada frekuensi 300 Hz dan amplitudo 1 V	67
Gambar 4.7	Grafik frekuensi domain (FFT) <i>exciter</i> dengan pengaturan sinyal generator pada frekuensi 1000 Hz dan amplitudo 1 V	68
Gambar 4.8	Diagram <i>Bode Low Pass Filter</i>	70
Gambar 4.9	Skema rangkaian <i>Low Pass Filter</i> orde dua.....	71
Gambar 4.10	Skema Pengujian Hammer Test dengan respon terletak di bagian pemegang pahat	75
Gambar 4.11	Set up pengujian <i>hammer test</i>	75
Gambar 4.12	Grafik frekuensi domain (FFT) sebelum diberi <i>impuls</i>	76
Gambar 4.13	Grafik frekuensi time domain sebelum diberi <i>impuls</i>	76
Gambar 4.14	Grafik frekuensi domain (FFT) setelah diberi <i>impuls</i>	77
Gambar 4.15	Skema pengujian pada saat proses pembubutan dengan menggunakan <i>LPF</i>	78
Gambar 4.15	Skema pengujian pada saat proses pembubutan tanpa menggunakan <i>LPF</i>	79
Gambar 4.17	Set up pengujian pada proses pembubutan.....	80
Gambar 4.18	Grafik time domain pada saat proses pembubutan tanpa menggunakan <i>LPF</i>	81
Gambar 4.19	Grafik time domain pada saat proses pembubutan menggunakan <i>LPF</i>	81

Gambar 4.20	Grafik Frekuensi domain (<i>FFT</i>) pada saat proses pembubutan tanpa menggunakan <i>LPF</i>	82
Gambar 4.21	Grafik Frekuensi domain pada saat proses pembubutan menggunakan <i>LPF</i>	82
Gambar 4.22	Grafik Power Spectrum pada saat proses pembubutan tanpa menggunakan <i>LPF</i>	83
Gambar 4.23	Grafik Power Spectrum) pada saat proses pembubutan menggunakan <i>LPF</i>	84

DAFTAR TABEL

Tabel	2.1	Karakteristik <i>window</i>	27
Tabel	2.2	Contoh penggunaan <i>window</i>	28
Tabel	2.3	Jenis FRF berdasarkan respon getaran yang diukur	29
Tabel	3.1	Penjelasan tombol – tombol pada <i>page</i> Data Akuisisi Kontrol.....	52
Tabel	3.2	Penjelasan tombol – tombol pada <i>page</i> Sinyal Prosesing Kontrol	54
Tabel	4.1	Validasi Program.....	65
Tabel	4.2	Respon <i>Low Pass Filter</i> seccara nyata	72

NOMENKLATUR

<u>Simbol</u>	<u>Satuan</u>	<u>Keterangan</u>
A _o	Volt	Amplitude osiloskop
A _p	Volt	Amplitude program
A _s	Volt	Amplitude sinyal generator
C	Farad	Nilai Kapasitas Kapasitor
f _o	Hz	Frekuensi Osiloskop
f _p	Hz	Frekuensi program setelah di FFT
f _s	Hz	Frekuensi sinyal generator
R	Ω	Nilai Hambatan Resistor
t _c	menit	Waktu Pemotongan
V	mm/menit	Kecepatan Potong
V _f	mm/menit	Kecepatan Makan
v _{in}	Volt	Tegangan Masuk
v _{out}	Volt	Tegangan Keluar
ω _c	rad/s	Frekuensi Cut off