

Pembuatan Alat Deteksi Getaran Dua Dimensi Menggunakan Sensor
Flaggate Berbasis Personal Komputer

SKRIPSI

*Dibagikan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Fisika Sebagai Salah Satu
Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



Oleh :
ZULPADRIANTO
1101422/2011
Fisika

PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2015

PERSETUJUAN SKRIPSI

**PEMBUATAN ALAT DETEKSI GETARAN DUA DIMENSI MENGGUNAKAN
SENSOR *FLUXGATE* BERBASIS PERSONAL KOMPUTER**

Nama : Zulpsdrianto
BP/ NIM : 2011/1101422
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam

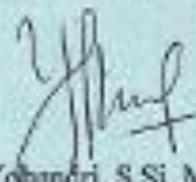
Padang, April 2015
Disetujui oleh:

Pembimbing I



Dr. Yulkafli, S.Pd, M.Si
NIP. 19730702 200312 1 002

Pembimbing II

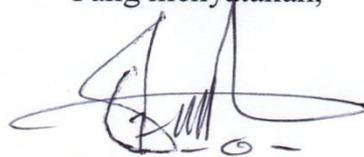


Yohandri, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 19780725 200604 1 003

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata cara penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang , April 2015
Yang menyatakan,

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, positioned above the name Zulpadrianto.

Zulpadrianto

ABSTRAK

ZULPADRIANTO: Pembuatan Alat Deteksi Getaran Dua Dimensi Menggunakan Sensor *Fluxgate* Berbasis Personal Komputer.

Alat deteksi getaran berbasis personal komputer yang sudah ada masih belum dapat mencukupi kebutuhan penggunaan alat deteksi getaran secara global. Hal ini disebabkan oleh mahalnya biaya untuk pengadaan alat, dikarenakan alat yang ada di Indonesia masih diimpor dari negara lain seperti Jerman dan Jepang dalam penelitian sebelumnya, alat deteksi getaran menggunakan sensor *fluxgate* pernah dibuat, namun alat deteksi getaran hanya mampu mengukur satu dimensi maka penulis melakukan pengembangan dalam pembuatan alat deteksi getaran dua dimensi menggunakan sensor *fluxgate* berbasis personal komputer.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium. Teknik pengukuran dan pengumpulan data dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung dilakukan terhadap alat deteksi getaran. Secara sistematis tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor *fluxgate* berbentuk sinyal analog. Data sinyal analog ini diolah dengan *Analog Digital Converter (ADC)* pada mikrokontroler sehingga menjadi data digital. Pengukuran tidak langsung berupa penampilan data digital yang diolah menggunakan bahasa pemrograman *visual basic* (bahasa C#). Hasil pengolahan ini ditampilkan di layar monitor dalam bentuk grafik sebagai fungsi waktu yang merupakan bentuk getaran 2D yang akan dianalisa.

Alat deteksi getaran 2D merupakan alat yang mampu mendeteksi getaran arah vertikal maupun arah horizontal. Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan didapatkan hasil desain alat deteksi getaran dua dimensi berbasis *personal* komputer dengan resolusi $4,28 \times 10^{-3}$ cm. Dalam uji coba alat deteksi getaran ini dilakukan perbandingan pola dengan alat ukur standar, bentuk pola yang didapatkan mendekati pola alat ukur standar.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, berkah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan alat dan skripsi yang berjudul “Pembuatan Alat Deteksi Getaran Dua Dimensi Menggunakan Sensor *Fluxgate* Berbasis Personal Komputer”.

Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains pada jurusan fisika fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam universitas negeri padang. Dalam penyusunan, penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih kepada yth:

1. Bapak Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si selaku pembimbing I yang telah membimbing dari perencanaan, pelaksanaan sampai akhir penulisan skripsi ini.
2. Bapak Yohandri, M.Si, Ph.D selaku pembimbing II yang telah membimbing dari perencanaan, pelaksanaan sampai akhir penulisan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Hufri, M.Si, Bapak Zuhendri, S.Pd, M.Si, Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D sebagai tim penguji.
4. Bapak Drs. Akmam, M.Si selaku ketua jurusan fisika beserta seluruh staf pengajar jurusan fisika FMIPA UNP.
5. Ibu Dra. Hidayati, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika dan Penasehat Akademik penulis yang telah memberi semangat dan dukungan.
6. Bapak Rahmat Triyono, ST, M.Sc selaku kepala di stasiun badan meteorologi, klimatologi dan geofisika Padang Panjang.
7. Abak dan Amak beserta keluarga yang telah memberikan dukungan moral dan material.
8. Teman-teman seperjuangan Fisika 2011.
9. Terkhusus buat teman-teman KBK elektronika dan instrumentasi angkatan 2013 yang telah memberi semangat dan dukungan.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga bantuan dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal shaleh dan mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Amiin.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini tidak terlepas dari kesalahan dan kekeliruan, maka penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaannya. Mudah-mudahan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca .

Padang, Maret 2015

Zulpadrianto

1101422

DAFTAR ISI

ABSTRAK..	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar belakang	1
B. Perumusan masalah	3
C. Batasan masalah	3
D. Tujuan penelitian	3
E. Kontribusi penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Tinjauan tentang getaran	5
B. Tinjauan tentang alat deteksi getaran	7
C. Sensor <i>fluxgate</i>	11
D. Pengolah sinyal sensor <i>fluxgate</i>	15
1. Rangkaian eksitasi sensor <i>fluxgate</i>	15
2. Rangkaian pengolah sinyal	18
3. Integrator	19
4. Penguat akhir	20
5. Power supply	21
E. Mikrokontroler PIC 18F4550	22
F. <i>Interfacing</i> kontrol.....	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	31
A. Tempat dan waktu penelitian.....	31
B. Alat dan bahan.....	32
C. Desain penelitian	32
D. Prosedur penelitian	35
E. Teknik pengumpulan data	36

F. Analisis data	37
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	40
A. Hasil penelitian	40
1. Spesifikasi performansi alat deteksi getaran	40
2. Cara mengintegrasikan alat deteksi getaran 2_D ke PC.....	45
3. Membandingkan pola keluaran alat deteksi getaran 2_D dengan alat yang sudah standar.....	50
B. Pembahasan	54
BAB V PENUTUP.....	57
A. Kesimpulan.....	57
B. Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. (a) Sistem derajat kebebasan tunggal dengan peredam, (b) gaya yang bekerja pada benda	5
Gambar 2. Bentuk garis getaran.....	6
Gambar 3. <i>Vibration meter</i>	7
Gambar 4. <i>Vibration analyzer</i>	8
Gambar 5. <i>Shock pulse meter</i>	9
Gambar 6. Osiloskop.....	10
Gambar 7. Ilustrasi sensor magnetik <i>fluxgate</i>	11
Gambar 8. Desain elemen sensor <i>fluxgate</i> (Yulkifli, 2010).....	12
Gambar 9. Prinsip kerja sensor <i>fluxgate</i> (Grueger, 2000).....	13
Gambar 10. Karakteristik statik sensor <i>fluxgate</i>	14
Gambar 11. Daerah kerja magnetometer sensor <i>fluxgate</i>	14
Gambar 12. Skema diagram pengolahan sinyal (Yulkifli,2010).....	15
Gambar 13. Rangkaian osilator kristal dan IC CD 4060	16
Gambar 14. <i>Op-amp</i> sebagai <i>buffer</i> sinyal.....	17
Gambar 15. Rangkaian generator sinyal eksitasi	17
Gambar 16. Rangkaian penguat awal.....	18
Gambar 17. Rangkaian detektor fasa ketika keluaran sensor positif	19
Gambar 18. Rangkaian integrator	20
Gambar 19. Blok diagram penguat akhir	20
Gambar 20. Rangkaian catu daya teregulasi	21
Gambar 21. Pin mikrokontroler PIC 18F4550.....	23
Gambar 22. Struktur <i>interface intelligent</i> sensor	25
Gambar 23. Rancangan sistem mekanik alat deteksi getaran	33
Gambar 24. Desain <i>chasing</i> mekanik dan pengolah sinyal.....	34
Gambar 25. Blok diagram alat ukur getaran	35
Gambar 26. Sistem mekanik sensor <i>fluxgate</i>	40
Gambar 27. Modul pengolahan sinyal	42
Gambar 28. Sirkuit elektronika modul pengolah data	43
Gambar 29. Tampilan tool driver.....	44
Gambar 30. Flowchart program mikrokontroler	47
Gambar 31. Data tanpa usikan	49
Gambar 32. Tampilan tool driver untuk arah horizontal pada jarak usikan 0,5 m	50
Gambar 33. Tampilan tool driver untuk arah vertikal pada jarak usikan 0,5 m dimana (a) hasil alat deteksi getaran, (b) seismograf	51
Gambar 34. Tampilan tool driver untuk arah horizontal pada jarak usikan 1 m dimana (a) hasil alat deteksi getaran, (b) seismograf	52

Gambar 35. Tampilan tool driver untuk arah vertikal pada jarak usikan 1 m dimana (a) hasil alat deteksi getaran, (b) seismograf	52
Gambar 36. Tampilan tool driver untuk arah horizontal pada jarak usikan 1,5 m dimana (a) hasil alat deteksi getaran, (b) seismograf	53
Gambar 37. Tampilan tool driver untuk arah vertikal pada jarak usikan 1,5 m dimana (a) hasil alat deteksi getaran, (b) seismograf	53
Gambar 38. (a) rangkaian <i>power supplay</i> (b) rangkaian pengolah sinyal.....	61
Gambar 39. tampilan tool driver untuk jarak sensor dan magnet 3 cm	67
Gambar 40. tampilan tool driver untuk jarak sensor dan magnet 2,75 cm	67
Gambar 41. Tampilan tool driver untuk jarak sensor dan magnet 2,5 cm	68
Gambar 42. Tampilan tool driver untuk jarak sensor dan magnet 2 cm	68
Gambar 43. Tampilan tool driver untuk jarak sensor dan magnet 1,5 cm	69
Gambar 44. Tampilan tool driver untuk jarak sensor dan magnet 2,9 cm	69
Gambar 45. Tampilan tool driver untuk jarak sensor dan magnet 2,5 cm	70
Gambar 46. Tampilan tool driver untuk jarak sensor dan magnet 1,5 cm	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel pengaruh jarak antara sensor dan tegangan keluaran	60
Lampiran 2. Proses penampilan data	61
Lampiran 3. Project program mikrokontroler PIC18F4550 dan serial USB	62
Lampiran 4. Project program tool driver software 12755	64
Lampiran 5. Hasil pengukuran jarak yang sama antara sensor dan magnet selama beberapa detik untuk deteksi sensor arah vertikal	67
Lampiran 6. File salah satu data pengukuran	71
Lampiran 7. E-Journal.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Seiring berkembangnya teknologi maka terciptalah alat yang dapat digunakan mengukur besarnya getaran. Alat ukur getaran dimanfaatkan dalam berbagai macam aplikasi, diantaranya: untuk mengukur getaran mesin, getaran gedung bertingkat, getaran yang diakibatkan oleh gempa bumi dan lain sebagainya. *Prototype* alat deteksi getaran diperkenalkan pertama kali pada tahun 132 SM oleh matematikawan dari Dinasti Han yang bernama Chang Heng. Dengan alat ini orang pada masa tersebut bisa menentukan dari arah mana gempa bumi terjadi. Alat deteksi getaran selalu mengalami inovasi dari segi desain dan aplikasinya, sampai saat ini alat deteksi getaran dikembangkan berbasis personal komputer. *Display* personal komputer lebih menguntungkan dalam menentukan parameter secara cepat dan akurat. Alat deteksi getaran berbasis personal komputer yang sudah ada masih belum dapat mencukupi kebutuhan penggunaan alat deteksi secara global. Hal ini disebabkan oleh mahalnya biaya untuk pengadaan alat deteksi getaran dikarenakan alat yang ada di Indonesia masih diimpor dari negara lain seperti German dan Jepang dalam Penelitian sebelumnya, alat deteksi getaran menggunakan sensor *fluxgate* pernah dibuat, namun alat deteksi getaran hanya mampu mengukur 1D (Devi sidik, 2013).

Dalam instrumentasi fisika terdapat alat yang dapat digunakan mengukur besarnya getaran. Getaran yang terjadi dapat dikonversi kedalam besaran fisika berupa arus maupun tegangan. Pembuatan alat pengukur getaran tak lepas dari

pemanfaatan berbagai gejala sensor, seperti alat ukur yang mengukur suatu besaran yang diubah kedalam bentuk optik kemudian diubah lagi ke dalam sinyal listrik (*transducer optoelektronik*) yang disebut dengan sensor optik. Sensor optik merupakan sensor dengan gejala perubahan kapasitansi, perubahan muatan listrik dari *piezoelektrik*, perubahan posisi dalam *Linear Variable Displacement Transvomer* (LVDT), efek medan magnet, dan lain sebagainya.

Sensor *fluxgate* adalah sensor magnetik yang bekerja berdasarkan perubahan *flux* magnetik disekitar elemen sensor, hal ini dapat dilihat dari karakteristiknya yang mampu mendeteksi respon yang sangat kecil hingga berorde nano tesla. Berdasarkan karakterisasi, sensor *fluxgate* dapat mengukur medan magnet $\pm 20 \mu\text{T}$ dengan resolusi 7,6 nT, sensitifitas 4,08 mV/ μT dan kesalahan relatif 0,021%. Semakin banyak lilitan *pick-up* dibuat maka tingkat sensitivitas semakin tinggi. Pembuatan lilitan dapat dilakukan sebanyak mungkin dengan cara lilitan berlapis. Lilitan berlapis digunakan untuk mendapatkan ukuran sensor tetap pendek (19,25 mm) dan daya eksitasi rendah (11,85 mW) (Yulkifli 2010:23).

Berdasarkan dasar pemikiran di atas, maka dibuatlah alat yang dapat digunakan mengukur besarnya getaran. Pembuatan alat ini tidak hanya secara mekanik dalam mengukur besarnya getaran, melainkan data yang didapat diolah dengan mikrokontroler dan PC *real time*. Hasil pengolahan data dapat dilihat pada *personal computer*. Berdasarkan permasalahan di atas penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang alat deteksi getaran dua dimensi dengan

judul: pembuatan alat deteksi getaran dua dimensi menggunakan sensor *fluxgate* berbasis personal komputer.

B. Perumusan masalah

Berdasarkan latar belakang masalah maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana spesifikasi dan performansi dari alat deteksi getaran menggunakan sensor *fluxgate* yang dibuat ?
2. Bagaimana cara mengintegrasikan alat deteksi getaran dua dimensi ke *PC* ?
3. Bagaimanakah bentuk pola keluaran alat deteksi getaran 2_D ?

C. Batasan masalah

Pada pembuatan alat deteksi getaran menggunakan sensor *fluxgate* berbasis *PC* ini dibuat dengan pemakaian sensor *fluxgate* dengan dimensi getaran 2D hanya sampai menampilkan pola getaran.

D. Tujuan penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu alat deteksi getaran menggunakan sensor *fluxgate* dengan *real time PC*, namun secara khusus tujuan penelitian ini adalah:

1. Menjelaskan spesifikasi dan performansi alat deteksi getaran dengan pengukuran dua dimensi *real time PC* menggunakan sensor *fluxgate*.
2. Menjelaskan cara mengintegrasikan alat deteksi getaran dua dimensi ke *PC*.
3. Membandingkan pola keluaran alat deteksi getaran 2_D dengan alat yang sudah standar.

4. Kontribusi penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi pada :

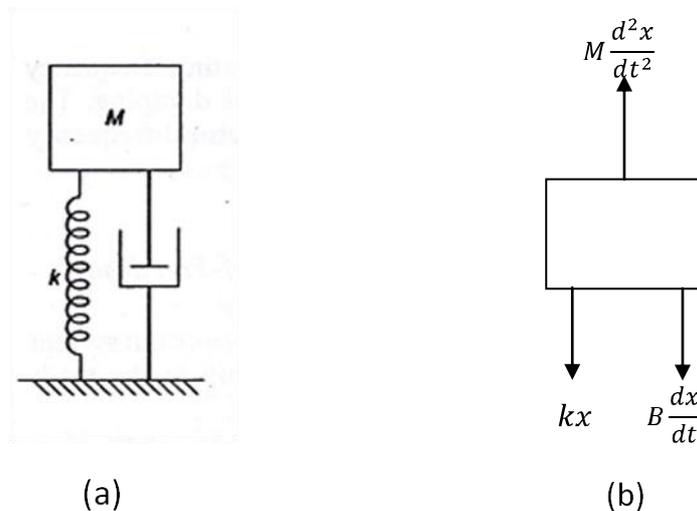
1. Peneliti lain, sebagai acuan dalam pengembangan alat deteksi getaran menggunakan sensor *fluxgate* .
2. Jurusan fisika, untuk instrumen alternatif yang dapat digunakan pada laboratorium fisika khususnya laboratorium elektronika dan instrumentasi
3. Pembaca, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian elektronika.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan tentang getaran

Getaran merupakan gerakan bolak balik benda disekitar titik keseimbangannya. Benda yang bergetar akan menghasilkan amplitudo, frekuensi, beserta simpangan. Untuk meninjau konsep mekanik sebuah benda bergetar dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Sistem derajat kebebasan tunggal dengan peredam, (b) gaya yang bekerja pada benda

Gambar 1 memperlihatkan sebuah benda bermassa M ditahan oleh sebuah pegas dengan konstanta k , dan sebuah peredam dengan konstanta redaman B . Resultan gaya dari massa ini adalah

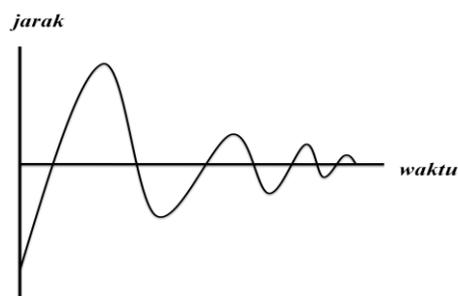
$$F = Ma = M \frac{dv}{dt} = M \frac{d^2x}{dt^2} \quad (1)$$

Disini a adalah percepatan dari pegas yang berosilasi, v merupakan kecepatan osilasi pegas serta posisi pegas setiap satuan waktu dilambangkan dengan x .

Berdasarkan komponen gaya yang bekerja seperti pada gambar 1(b), maka resultan gaya dapat dirumuskan dengan persamaan

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + B \frac{dx}{dt} + kx = 0 . \quad (2)$$

Dari persamaan (2) didapatkan bentuk garis getaran yang terjadi akibat adanya peredaman pada gerak osilasi pegas seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk garis getaran.

Solusi klasik untuk persamaan diferensial didapatkan dengan mensubstitusi

$$x = e^{st}$$

Sehingga diperoleh :

$$e^{st} (Ms^2 + Bs + k) = 0 \quad (3)$$

Persamaan ini benar hanya jika $(Ms^2 + Bs + k)$ sama dengan nol. Sehingga dihasilkan persamaan kuadrat pada s dengan dua kemungkinan akar-akar s .

$$s_{1,2} = \frac{-B}{2M} \pm \left(\left(\frac{B}{2M} \right)^2 - \frac{K}{M} \right)^{1/2} \quad (4)$$

Persamaan (4) merupakan persamaan gerak dari sistem derajat kebebasan tunggal yang dapat diaplikasikan untuk fungsi sebuah getaran pada suatu sistem.

B. Tinjauan tentang alat deteksi getaran

Alat deteksi getaran merupakan salah satu alat yang sangat bermanfaat sebagai prediksi awal terhadap adanya masalah pada mekanikal, elektrikal dan proses pada peralatan, mesin-mesin dan sistem proses yang kontinu di pabrik.

Adapun jenis - jenis alat deteksi getaran diantaranya:

1. *Vibration meter*

Vibration meter biasanya kecil dan ringan sehingga mudah dibawa dan dioperasikan dengan baterai serta dapat mengambil data getaran pada suatu mesin dengan cepat. Pada umumnya terdiri dari sebuah *probe*, kabel dan meter untuk menampilkan harga getaran. Alat ini juga dilengkapi dengan *switch selector* untuk memilih parameter getaran yang akan diukur seperti Gambar 3.



Gambar 3. *Vibration meter*

Vibration meter ini hanya membaca harga *overall* (besarnya level getaran) tanpa memberikan informasi mengenai frekuensi dari getaran tersebut. Pemakaian alat ini cukup mudah sehingga tidak diperlukan seorang operator yang harus ahli dalam bidang getaran. Pada umumnya alat ini digunakan untuk memonitor

"kecendrungan getaran" dari suatu mesin. Jika kecendrungan getaran suatu mesin menunjukkan kenaikan melebihi level getaran yang diperbolehkan, maka akan dilakukan analisa(yefri Chan,2012).

2. *vibration analyzer*



Gambar 4. *Vibration analyzer*

Gambar 4 merupakan *Vibration analyzer*, alat ini digunakan untuk mengukur amplitudo dan frekuensi getaran yang akan dianalisa. Karena biasanya sebuah mesin mempunyai lebih dari satu frekuensi getaran yang ditimbulkan, frekuensi getaran yang timbul tersebut akan sesuai dengan kerusakan yang terjadi pada mesin tersebut. Alat ini biasanya dilengkapi dengan meter untuk membaca amplitudo getaran yang biasanya juga menyediakan beberapa pilihan skala. Alat ini juga memberikan informasi mengenai data spektrum dari getaran yang terjadi, yaitu data amplitudo terhadap frekuensinya, data ini sangat berguna untuk dianalisa (yefri Chan,2012).

3. *shock pulse meter*

Shock pulse meter adalah alat yang khusus untuk memonitoring kondisi *antifriction bearing* yang biasanya sulit dideteksi dengan metode analisa getaran yang konvensional. Bentuk alat ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Shock pulse meter*

Prinsip kerja dari *shock pulse meter* ini adalah mengukur gelombang kejut akibat terjadi gaya *impact* pada suatu benda, intensitas gelombang kejut itulah yang mengindikasikan besarnya kerusakan dari gelombang pembawa tersebut. Sistem SPM ini biasanya memakai *tranduser piezo-electric* yang telah dibuat sedemikian rupa sehingga mempunyai frekuensi resonansi sekitar 32 KHz. Dengan menggunakan *probe* tersebut, maka SPM ini dapat mengurangi pengaruh getaran terhadap pengukuran besarnya *impact* yang terjadi (yefri Chan,2012). Pemilihan titik ukur pada rumah *bearing* adalah sangat penting karena gelombang kejut ditransmisikan dari *bearing* ke *tranduser* melalui dinding dari rumah *bearing*, sehingga sinyal tersebut berkurang karena terjadi pelemahan pada saat perjalanan sinyal tersebut. Beberapa prinsip yang secara umum bisa dipakai sebagai acuan dalam menentukan titik ukur adalah

- a. Jejak sinyal antara *bearing* dengan *probe* harus sedekat mungkin.
- b. *Probe* harus ditempatkan sedekat mungkin terhadap daerah beban dari *bearing*.
- c. Lintasan sinyal harus terdiri dari satu system mekanis antara *bearing* dengan rumah *bearing*.

4. *Osciloskop*



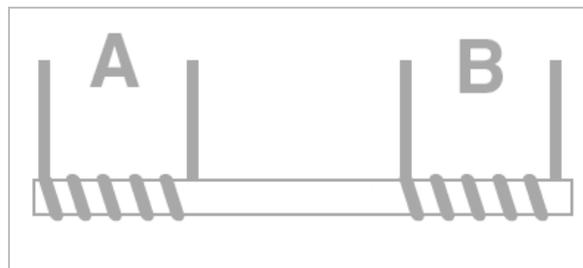
Gambar 6. Osiloskop

Osciloskop adalah salah satu peralatan yang berguna untuk melengkapi data getaran yang akan dianalisa. Sebuah *osciloskop* dapat memberikan sebuah informasi mengenai bentuk gelombang dari getaran suatu mesin. Beberapa kerusakan mesin dapat diidentifikasi dengan melihat bentuk gelombang getaran yang dihasilkan, sebagai contoh, kerusakan akibat *unbalance* atau *misalignment* akan menghasilkan bentuk gelombang yang spesifik, begitu juga apabila terjadi kelonggaran mekanis (*mechanical looseness*), *oil whirl* atau kerusakan pada anti *friction bearing* dapat menghasilkan gelombang dengan bentuk-bentuk tertentu. *Osciloskop* juga dapat memberikan informasi tambahan yaitu: untuk mengevaluasi data yang diperoleh dari *tranduser non- contact (proximitor)*. Data

ini dapat memberikan informasi pada kita mengenai posisi dan getaran *shaft* relatif terhadap rumah bearing, ini biasanya digunakan pada mesin- mesin yang besar dan menggunakan *sleeve bearing* (bantalan luncur). Disamping itu dengan menggunakan *dual osciloscop* (yang memberikan fasilitas pembacaan vertikal maupun horizontal), dan minimal dua tranduser *non-contact* pada posisi vertikal dan horizontal maka kita dapat menganalisa kerusakan suatu mesin ditinjau dari bentuk orbit nya, adapun bentuk dari osiloskop dapat dilihat pada Gambar 6.

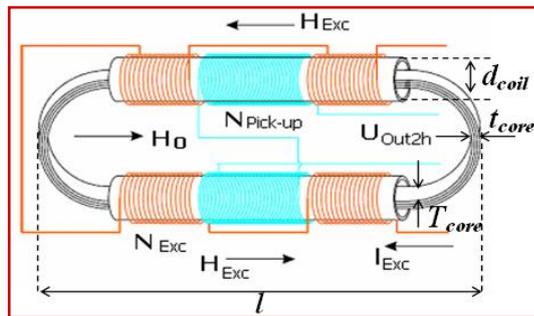
C. Sensor *fluxgate*

Desain elemen sensor *fluxgate* yang digunakan adalah sensor *double pick-up* dengan *multicore* seperti ditunjukkan Gambar 7 (Yulkifli, 2010).



Gambar 7. Ilustrasi sensor magnetik *fluxgate*.

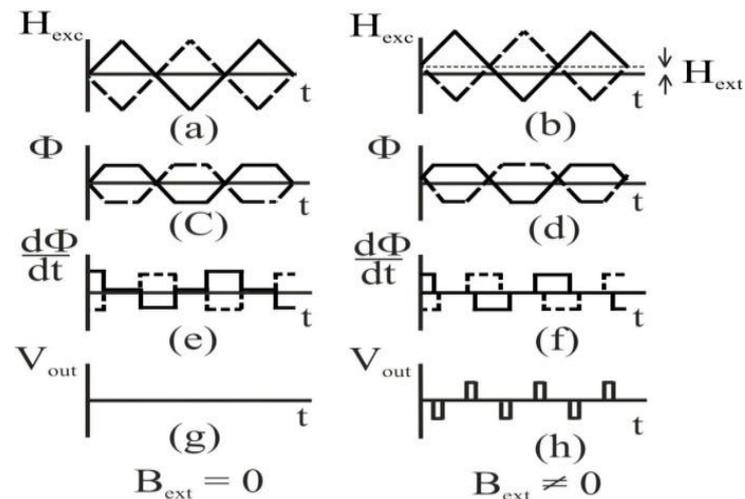
Elemen sensor yang digunakan terdiri dari dua bagian kumparan yaitu kumparan primer 4 x 60 lilitan dan kumparan sekunder 2 x 40 lilitan menggunakan kawat email Cu berdiameter 0,9 mm. Kawat email Cu dililitkan pada tabung dengan diameter 0,23 cm. Sebagai inti *ferromagnetik* digunakan Vitrovac 6025x ([www. Vacuumschmelze.de](http://www.Vacuumschmelze.de)) dengan jumlah inti 10 lapis, inti yang digunakan terbuat dari material $(\text{Co, Fe, Mo})_{73}(\text{Si,B})_{27}$.



Gambar 8. Desain elemen sensor *fluxgate* (Yulkifli, 2010)

Gambar 8 merupakan desain elemen sensor kumparan *pick-up* ganda dengan inti berbentuk oval. Elemen sensor *fluxgate* dengan H_{Exc} adalah medan yang dihasilkan oleh kumparan eksitasi, H_0 medan eksternal, I_{Exc} arus yang dialirkan ke kumparan eksitasi, N_{Exc} jumlah lilitan eksitasi, $N_{Pick-up}$ jumlah lilitan *pick-up*, T_{core} lebar inti feromagnetik, t_{core} tebal inti, d_{coil} diameter kumparan, V_{2m} tegangan keluaran harmonis ke dua dari sensor, dan l panjang sensor.

Sebelum sensor fluxgate digunakan untuk alat deteksi getaran, maka perlu dilakukan proses karakterisasi terhadap keluaran sensor. Karakterisasi sensor diperlukan untuk mengetahui seberapa besar respon sensor terhadap medan magnetik eksternal (*sensitivity*). Peralatan karakterisasi terdiri dari sumber arus DC (*Fluk*), Agilent 34401A *6½ digit multimeter*, *osiloskop dual Channel* dan *solenoid* sebagai sumber medan magnet *eksternal*. Untuk mengurangi pengaruh medan magnet bumi maka saat pengukuran arah sensor dibuat tegak lurus dengan arah medan magnet bumi sedangkan untuk mengurangi medan magnet lingkungan seperti medan elektromagnetik maka pengukuran dilakukan dalam ruang Faraday.

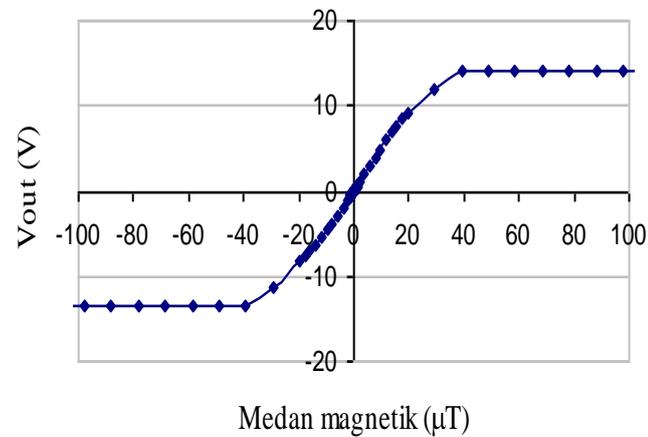


Gambar 9. Prinsip kerja sensor *fluxgate* (Grueger, 2000)

Berdasarkan Gambar 9 dapat diketahui prinsip kerja sensor magnetik *fluxgate*. Dimana, Gambar 9(a) merupakan medan eksitasi sensor *fluxgate* tanpa medan magnet luar $B_{ext}=0$ dan kurva medan eksitasi dengan medan magnet luar $B_{ext}\neq 0$ terlihat pada Gambar 9(b). bentuk isyarat magnetisasi dalam keadaan saturasi pada $B_{ext}=0$ seperti pada Gambar 9(c) serta pada Gambar 9(d) kurva magnetisasi dalam keadaan saturasi pada $B_{ext}\neq 0$. Gambar 9(e) merupakan kurva perubahan *flux* terhadap waktu pada $B_{ext}=0$, Gambar 9(f) bentuk isyarat perubahan *flux* terhadap waktu pada $B_{ext}\neq 0$ dan Gambar 9(g) merupakan kurva tegangan keluaran sensor terhadap waktu pada $B_{ext}=0$ serta Gambar 9(h) merupakan kurva tegangan keluaran sensor terhadap waktu pada $B_{ext}\neq 0$.

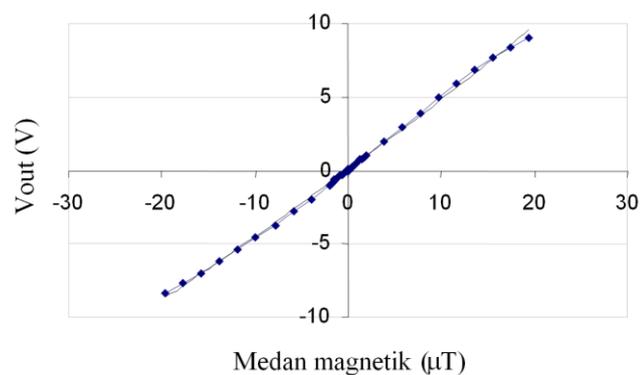
Dari Gambar 9 terlihat bahwa medan magnet eksternal dapat mempengaruhi keluaran dari sensor *fluxgate*, dimana ketika medan eksternalnya tidak sama dengan nol maka keluaran pada medan eksitasi mengalami pertikaian posisi. Untuk mengetahui karakteristik sensor *fluxgate* yang dibuat, dilakukan karakterisasi sensor meliputi daerah kerja sensor, pengaruh jumlah lilitan *pick-up*

dan pengaruh medan magnet terhadap tegangan keluaran sensor. Berdasarkan penelitian sebelumnya (Yulkifli: 2010), karakteristik sensor *fluxgate* diperoleh seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Karakteristik statik sensor *fluxgate*

Sensor *fluxgate* *cut-off* ketika magnetometer sensor kecil dari $-20\mu\text{T}$ dan ketika medan magnet besar dari $20\mu\text{T}$ sensor berada dalam keadaan saturasi. Daerah kerja magnetometer sensor *fluxgate* tampak pada Gambar 11 (Yulkifli: 2010).

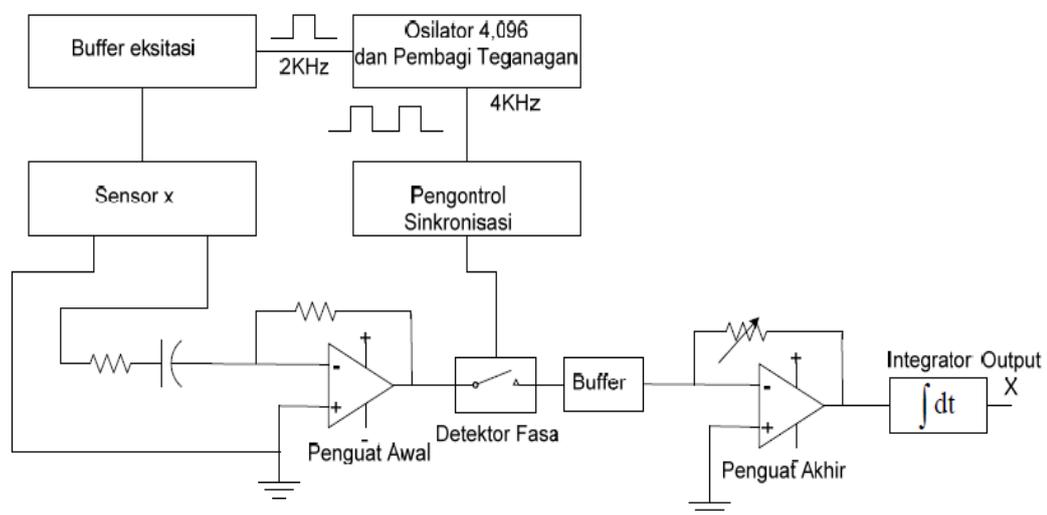


Gambar 11. Daerah kerja magnetometer sensor *fluxgate*

Berdasarkan Gambar 11 terlihat sensor *fluxgate* linear pada medan magnetik antara $-20\mu\text{T}$ hingga $20\mu\text{T}$. Pada daerah ini terlihat perbandingan lurus antara tegangan keluaran sensor dengan medan magnet yang diukur.

D. Pengolah sinyal sensor *fluxgate*

Sensor *fluxgate* membutuhkan rangkaian pengolahan sinyal dan elemen *fluxgate* yang optimum. Untuk mengolah sinyal sensor dapat terdiri dari beberapa bagian rangkaian, yaitu penguat awal, *detektor*, *sinkronisasi fasa*, *integrator*, dan penguat akhir. Skematik diagram pengolah sinyal seperti terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Skema diagram pengolahan sinyal (Yulkifli,2010)

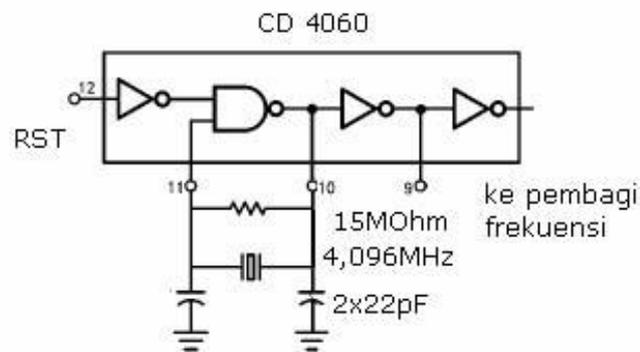
Berdasarkan Gambar 12, bagian-bagian dari diagram pengolah sinyal sensor *fluxgate* adalah sebagai berikut:

1. Rangkaian eksitasi sensor *fluxgate*
 - a. Osilator dan pembagi frekuensi

Osilator merupakan piranti elektronik yang menghasilkan keluaran berupa isyarat tegangan. Osilator digunakan secara luas sebagai sumber isyarat untuk

menguji rangkaian elektronik. Osilator seperti ini disebut pembangkit isyarat, atau pembangkit fungsi jika isyarat keluarannya dapat mempunyai berbagai bentuk (Sutrisno,1987).

Osilator dalam pembuatan sensor magnetik *fluxgate* merupakan rangkaian dasar yang sangat penting. Osilator berfungsi sebagai sinyal eksitasi yang akan diberikan pada lilitan eksitasi. Hal ini disebabkan karena stabilitas dari frekuensi medan yang dihasilkan tergantung kepada stabilitas osilator. Untuk mendapatkan kestabilan maka digunakan kristal. Rangkaian osilator dengan menggunakan kristal dapat dilihat pada Gambar 13.

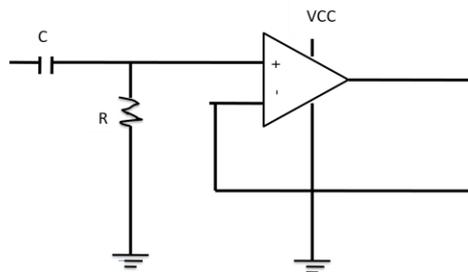


Gambar 13. Rangkaian osilator kristal dan IC CD 4060

b. Rangkaian Penyangga (*Buffer*)

Rangkaian penyangga atau *buffer* berguna untuk menghindari terjadinya jatuh tegangan. Rangkaian *buffer* yang ideal memiliki penguatan satu dengan impedansi masukan yang sangat besar dan impedansi keluaran yang sangat kecil. Hambatan yang terdapat di dalam detektor fasa tidak akan mengurangi besar tegangan sinyal yang keluar dari detektor tersebut. Pada akhirnya, penambahan *buffer* akan menjadikan keluaran sistem sensor menjadi lebih stabil dari yang

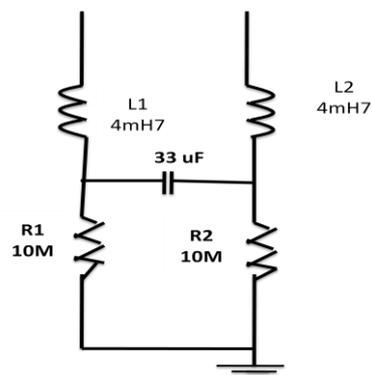
sebelumnya. Sebuah *buffer* sinyal dapat dibangun dari sebuah *op-amp* seperti Gambar 14.



Gambar 14. *Op-amp* sebagai *buffer* sinyal

c. Pembangkit sinyal eksitasi

Pembangkit sinyal eksitasi merupakan pembangkit sinyal pada suatu sistem yang mengalihkannya dari sinyal dasar ke sinyal yang lebih tinggi. Sinyal eksitasi harus memiliki tegangan yang cukup untuk menggerakkan lilitan eksitasi, ini diperlukan agar sinyal dapat mensaturasi inti *Vitrovac 6025*. Bila hal ini tidak dipenuhi maka sensor tidak akan bekerja dengan baik karena memiliki efek memori. Rangkaian generator sinyal eksitasi ini terdiri dari induktor, resistor dan kapasitor, seperti pada Gambar 15,



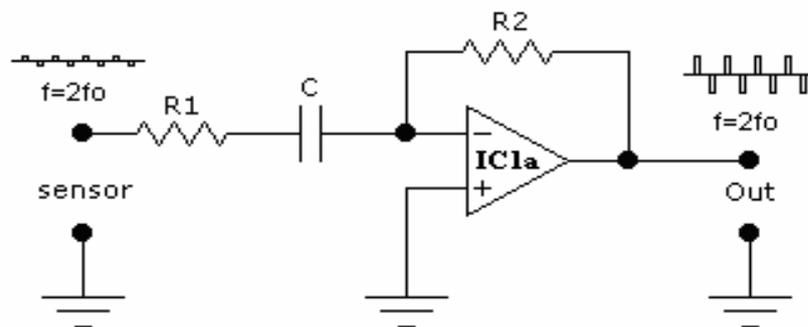
Gambar 15. Rangkaian generator sinyal eksitasi

2. Rangkaian pengolah sinyal

a. Penguat awal

Rangkaian penguat yang digunakan adalah penguat diferensial. Penguat ini berfungsi sebagai pendiferensial sinyal yang keluar dari elemen sensor. Rangkaian ini mempunyai dua masukan. Karena digandeng langsung, sinyal masuknya dapat mempunyai frekuensi sampai nol atau sama dengan DC. Rangkaian ini bersifat simetris, akibatnya tegangan keluaran berharga nol bila kedua masukannya sama (Malvino, 1985).

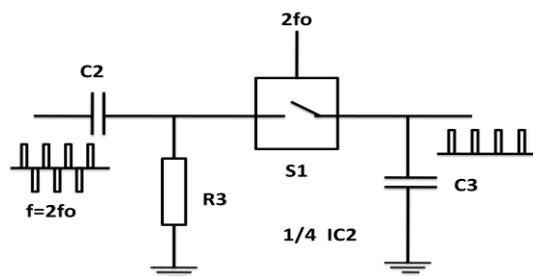
Rangkaian pengolah sinyal sensor *fluxgate* ini terdiri dari penguat awal yang berfungsi untuk memperkuat sinyal yang diterima oleh pick-up (Yulkifli, 2011). Dalam keadaan tanpa adanya medan magnetik luar, penjumlahan arus yang melewati lilitan *pick-up* sensor akan sama dengan nol. Ketika diganggu dengan medan magnetik luar, maka terdapat perbedaan arus diujung lilitan *pick-up*. Selisih arus pada ujung-ujung kumparan *pick-up* dirubah menjadi tegangan oleh penguat awal yang berbentuk integrator dan sekaligus diperkuat. Blok dasar rangkaian penguat awal seperti Gambar 16.



Gambar 16. Rangkaian penguat awal

b. Detektor Sinkronisasi

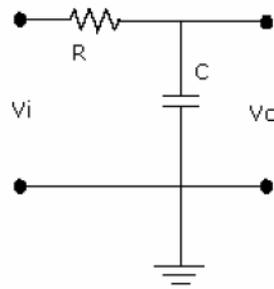
Detektor fasa (sinkronisasi) berfungsi untuk mendeteksi fasa dari sinyal yang masuk dari penguat awal. Detektor ini akan meneruskan sinyal dengan frekuensi harmonisasi ke dua dengan menggunakan frekuensi referensi *osilator* (f_o) sebelum dibagi dua oleh pembagi frekuensi. Sementara itu harmonisasi ganjil dan yang lain tidak diteruskan.



Gambar 17. Rangkaian *detektor fasa* ketika keluaran sensor positif

3. Integrator

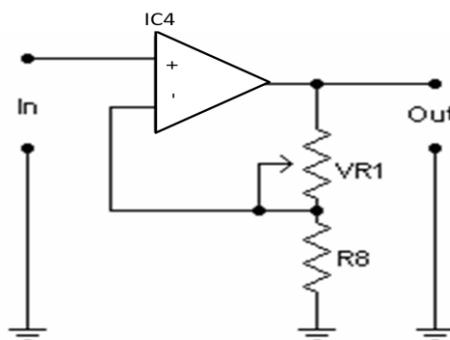
Menurut Malvino (1985), sebuah rangkaian *integrator* adalah rangkaian yang menyelenggarakan operasi integrasi secara matematik karena dapat menghasilkan tegangan keluaran yang sebanding dengan integral masukan. Rangkaian integrator berfungsi sebagai pengintegrasikan keluaran sekaligus sebagai tapis lolos rendah. Jika domain yang digunakan adalah domain frekuensi maka ia berfungsi sebagai tapis, namun bila domain waktu yang digunakan maka rangkaian tersebut sebagai *integrator*. Integrator yang digunakan dalam rangkaian ini adalah integrator pasif, bentuk rancangannya ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Rangkaian integrator

4. Penguat akhir

Sinyal yang keluar dari integrator masih lemah dan perlu diperkuat agar dapat diukur. Ada dua macam penguat yang dapat digunakan yaitu penguat instrumentasi dan penguat *inverting* atau *non-inverting*. Penguat yang digunakan disini adalah penguat *inverting* atau penguat membalik. Penguat *inverting* ini berfungsi mengubah arus ke tegangan yang digerakkan oleh sumber tegangan dan bukan sumber arus (Malvino, 1985), blok rangkaian penguat akhir seperti ditunjukkan pada Gambar 19.



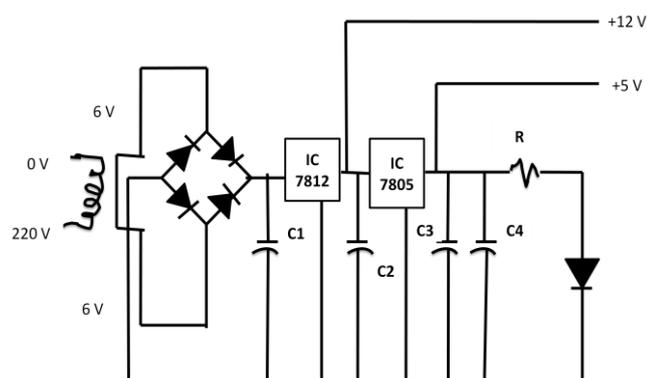
Gambar 19. Blok diagram penguat akhir

Pada penguat akhir, keluaran dari tapis lolos rendah diatur penguatannya. Rangkaian ini diperlukan untuk mengkalibrasi keluaran sensor magnetik agar sesuai dengan medan magnet yang dideteksi oleh sensor. Penguat ini merupakan

penguat tak membalik, dimana penguatannya diatur dengan resistor variabel (VR1). Penguatan minimal dari penguat akhir sama dengan 1. Keseluruhan bagian yang telah dirangkai ini bekerja secara analog. Keluaran yang diperoleh dari rangkaian ini berupa tegangan analog yang merepresentasikan besar medan magnetik yang dideteksi.

5. Power supply

Power supply merupakan suatu peralatan yang sangat penting karena hampir semua peralatan elektronika memerlukan tegangan DC untuk mengoperasikannya. *Power supply* (catu daya) adalah suatu yang mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Catu daya teregulasi dapat dibangun dari IC regulator tegangan. IC regulator tegangan ini diantaranya adalah 78xx dan 79xx. Hal ini juga dinyatakan Sutrisno (1999:80) bahwa regulasi tegangan yang tidak terlalu ketat kita dapat gunakan regulator tegangan IC tiga terminal. Regulator ini dikenal dengan 78xx dan 79xx. Regulator IC 78xx adalah regulator tegangan positif untuk xx volt, sedangkan 79xx adalah regulator tegangan negatif untuk xx volt. Sebagai contoh, untuk mendapatkan tegangan regulasi +12 Volt dan +5 Volt digunakan IC 7812 dan 7805 yang aplikasinya seperti pada Gambar 20.



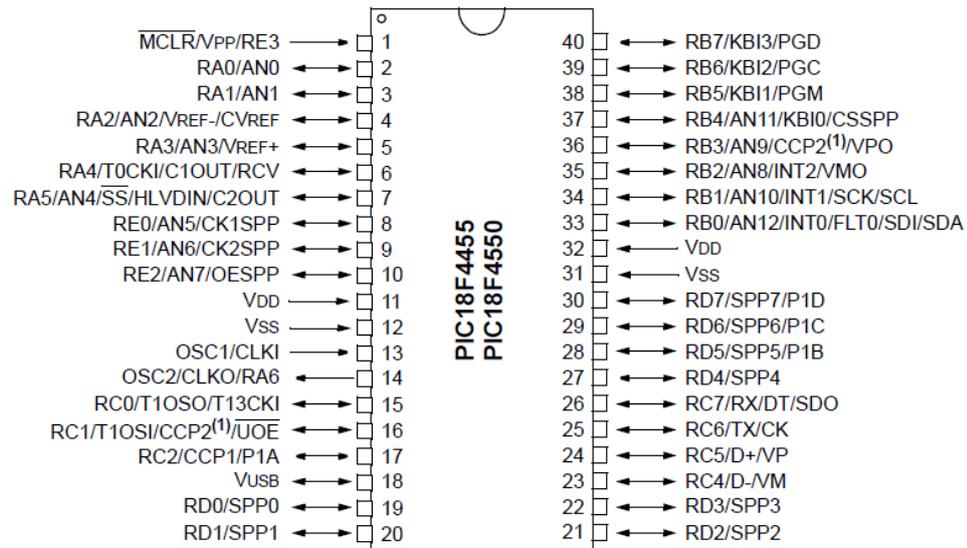
Gambar 20. Rangkaian catu daya teregulasi

Tegangan AC diturunkan dengan menggunakan *transformator* dan disearahkan dengan menggunakan empat dioda yang membentuk penyearah sistem jembatan. Keluaran dari penyearah dihubungkan dengan kapasitor sebagai filter, sehingga dihasilkan tegangan keluaran DC tak teregulasi, kemudian digunakan dua IC regulator 12 volt dan 5 volt.

Tegangan dua IC *regulator* akan digunakan dalam sistem alat deteksi getaran, misalnya tegangan +5 volt untuk mengoperasikan mikrokontroler dan tegangan 12 Volt digunakan untuk pengolahan modul pada sensor *fluxgate*.

E. Mikrokontroler PIC 18F4550

Mikrokontroler PIC 18F4550 merupakan mikrokontroler 8 bit dengan 40 pin dan dirancang dengan teknologi nanowatt artinya *chip* 18F4550 bekerja dengan konsumsi daya sangat rendah. Fitur yang dimiliki juga cukup lengkap terdiri dari *flash* memori 32 Kbyte, memori data 4096 byte, ADC (*analog digital converter*) internal ketelitian 10 bit sebanyak 13 saluran, memiliki PWM (*Pulse Wide Modulation*) internal sebanyak 4 saluran, dan portal komunikasi serial (*USART*) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps, serta fitur USB V2.0 yang mendukung komunikasi data *low speed* (1,5 Mbit/s) dan *full speed* (12 Mbit/s). Konfigurasi pin PIC 18F4550 diperlihatkan pada Gambar 21.



Gambar 21. Pin mikrokontroler PIC 18F4550

Konfigurasi pin mikrokontroler PIC 18F4550 dapat dilihat pada Gambar 21, dimana mikrokontroler ini terdiri dari:

- 1) VDD untuk tegangan pencatu daya positif.
- 2) VSS untuk tegangan pencatu daya negatif.
- 3) *PortA* (RA0 – RA5) sebagai port digital *input/output* dan memiliki kemampuan lain yaitu sebagai input untuk ADC
- 4) *PortB* (RB0 – RB7) sebagai *port input/output* dan juga memiliki kemampuan yang lain.
- 5) *PortC* (RC0 – RC2 dan RC4-RC7) sebagai port digital *input/output*
- 6) *PortD* (RD0 – RD3 dan RD4-RD4) sebagai *port digital input/output* dan juga memiliki kemampuan yang lain.
- 7) *PortE* (RE0 – RE2) sebagai *port digital* dan analog *Input/Output* dan juga memiliki kemampuan yang lain.
- 8) *RESET* untuk melakukan *reset* program dalam mikrokontroler.

9) XTAL1 dan XTAL2 untuk input pembangkit sinyal *clock*, AREF untuk pin tegangan *referensi* ADC.

Mikrokontroler PIC 18F4550 juga sudah dilengkapi fitur ADC dengan resolusi 10/8 bit, 8 chanel input yang terletak di PortA dan PortB, input yang berupa tegangan 0 sampai 5 volt dapat langsung dihubungkan ke mikrokontroler ini melalui salah satu Port ADC.

Sinyal input yang berupa tegangan tersebut kemudian dikonversi menjadi data digital oleh mikrokontroler PIC 18F4550. Konversi digital dilakukan menggunakan internal ADC dengan resolusi 10 bit jadi jika sinyal input berupa tegangan 0 volt maka data digital yang dihasilkan adalah 00 sedangkan jika sinyal input berupa tegangan 5 volt maka data digital yang dihasilkan adalah 3FF Hexa. Ketika menggunakan internal ADC dengan resolusi 10 bit maka internal ADC tersebut mempunyai ketelitian sebesar 0,02 volt atau 20 milivolt. Nilai ketelitian didapat dengan perhitungan berikut ini :

$$Ketelitian = \frac{V_{ref}}{\text{jumlah data digital}} \text{ bit}$$

Dengan mendapatkan nilai ketelitian, maka akan dapat diketahui berapa volt tegangan yang diukur.

$$Tegangan = \text{data ADC} * \text{ketelitian}$$

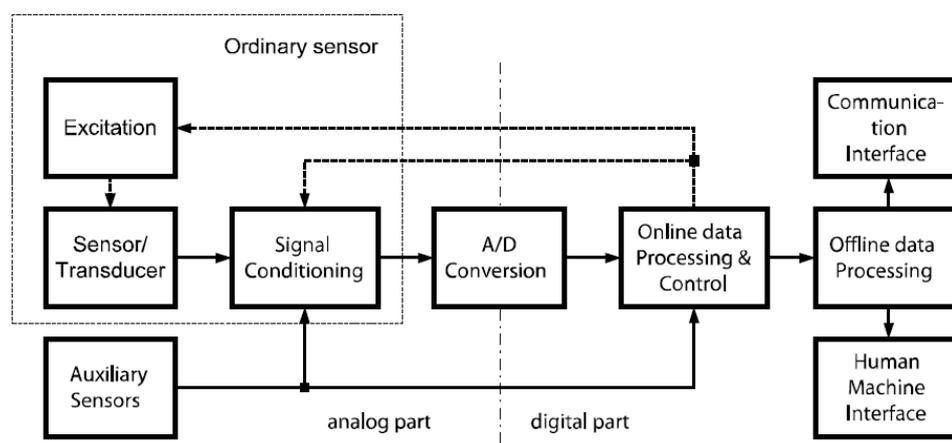
F. Interfacing kontrol

Untuk dapat membuat alat ukur yang bekerja secara optimal dibutuhkan pengontrolan komunikasi antara komponen elektronika maupun operator yang sistematis. Pengontrolan meliputi pengukuran dan sistem akuisisi data secara luas didasarkan pada pembagian tugas sebuah sistem antara sejumlah mode (misalnya

sensor, aktuator, pengontrolan), dengan saling berhubungan menggunakan jaringan komunikasi yang tepat.

1. Sensor *interface*

Sebuah interface adalah sistem yang terdiri dari blok rantai analog dan digital, masing-masing menyediakan fungsi tertentu. Gambar 22 menunjukkan struktur dari sebuah intelligent sensor. Tentu saja, tidak semua intelligent sensor berisi bentuk blok yang sama, itu tergantung pada jenis sensor dan fungsionalnya.



Gambar 22. Struktur *interface intelligent sensor*

Sensor atau transduser biasanya menyediakan beberapa kuantitas output listrik (misalnya tegangan, arus atau impedansi), tergantung pada nilai diukur fisik “kuantitas” (baik listrik atau bukan listrik). Banyak jenis sensor memerlukan eksternal eksitasi, biasanya listrik, tapi kadang-kadang juga magnet atau output mekanik. Sebuah blok pengkondisi sinyal dapat memberikan amplifikasi, penyaringan, *non-linear* koreksi dan fungsi yang sama. Biasanya diimplementasikan menggunakan sirkuit analog, dapat juga berupa *implementasi* digital (terutama fungsi tertentu seperti koreksi *nonlinier* atau kompensasi

pengaruh lingkungan) menjadi lebih sering. Sebuah blok *A/D converter* mengubah sinyal *analog* menjadi nilai digital, cocok untuk diproses oleh *mikroprosesor* atau perangkat digital lainnya. Blok berikut diterapkan baik pada perangkat keras digital atau dalam perangkat lunak (berjalan pada mikrokontroler). Pengolahan data *online* dan blok kontrol menyediakan bagian dari pengkondisian sinyal, dan untuk beberapa jenis sensor ini mengontrol parameter eksitasi atau proses pengkondisian sinyal analog (deteksi sinkron misalnya). Pada data *offline* blok pengolahan menerima nilai-nilai sesaat dari jumlah yang diukur. Hal ini lebih berfokus pada penyimpanan data, pembuatan laporan, evaluasi, dll.

Dua blok yang terakhir dikenal bagi pengguna sebagai HMI (*Human Machine Interface*) yang memungkinkan kontrol sensor lokal, data keluaran, dan blok komunikasi memberikan interkoneksi kepada sistem *controller* yang terdistribusi. Beberapa intelligent biasa juga mengandung sensor tambahan yang mengukur bentuk fisik lain dari perubahan output sensor utama.

2. Sensor dan *transduser*

Listrik pada jumlah output sensor yang digunakan untuk diproses lebih lanjut dalam blok sinyal A/D dapat dibagi menjadi beberapa kelompok, terlepas dari besaran fisik asli yang diukur. Cara sinyal keluaran sensor diproses di blok sinyal A/D seringkali mirip dalam suatu kelompok tertentu.

3. Pengkondisian sinyal

Sebuah blok sinyal A/D terutama digunakan untuk mengekstrak informasi tentang kuantitas yang diukur dari sinyal output sensor dan mencocokkannya

dengan input dari blok – dengan sebuah *A/D converter*. Ini biasanya menerapkan beberapa fungsi - amplifikasi dan konversi sinyal, isolasi sensor, filtrasi, deteksi, *non-linearitas koreksi*, dan koreksi pengaruh lingkungan.

4. A/D konverter

Intelligent sensor biasanya menggunakan salah satu dari tiga jenis A/D konverter. SAR(*Successive Approximation Register*) *converter*, modulasi Sigma/Delta konverter, dan *Flash (pipelined flash) converter*.

5. Pengolahan data

Diagram blok pada Gambar 22, pengolahan data terdiri dari dua bagian. Data *online* lebih dapat dianggap sebagai bagian dari pengolahan sinyal AC, biasanya sebuah fungsi yang dimiliki blok itu dalam domain digital. Kadang-kadang digunakan untuk mengontrol pengkondisian signal sirkuit analog atau eksitasi sensor. Karena bekerja secara *real-time*, pelaksanaannya harus cukup cepat untuk dapat memproses data dan untuk mengontrol proses pengukuran keseluruhan.

Data *offline*, pengolahan data kemudian menyediakan lebih banyak fungsi yang berguna untuk pengguna, seperti penyimpanan data, rata-rata, nilai, batas persimpangan deteksi, evaluasi dan sebagainya. Fungsi-fungsi ini biasanya hanya termasuk dalam sensor dengan *interface* komunikasi baik itu manusia atau digital.

6. *Interface* “Manusia-Machine

Intelligent sensor modern hampir selalu dilengkapi dengan komunikasi *interface* pengguna lokal memungkinkan sensor untuk dibaca bahkan dalam kasus

kerusakan sistem komunikasi dan juga menjamin bahwa operator manusia dapat memonitor *output*.

Biasanya hanya informasi dasar yang tersedia tentang besaran fisik yang diukur pada suatu nilai. Kadang-kadang pengguna dapat memilih nilai yang ingin ditampilkan (misalnya maksimum, minimum, rata-rata) atau mengatur beberapa parameter pengukuran (misalnya batas darurat). Pengaturan kritis sering dilindungi oleh password atau dapat dikunci dan dibuka pada jarak jauh.

7. Komunikasi *interfacing*

Interfacing komunikasi tidak hanya titik (konektor) dimana sistem terdistribusi (misalnya jaringan sensor) terhubung. Hal ini juga terdiri dari kompleks tumpukan *hardware* dan lapisan *software* yang memastikan interoperabilitas dengan seluruh sistem. Ada standar yang berbeda dari jaringan sensor, aplikasi masing-masing setelan kelas tertentu dan berfokus pada cabang tertentu dari industri.

8. Bahasa C# (Dibaca “*See-Sharp*”)

Dalam pembuatan alat ukur getaran PC yang dapat ditampilkan secara *real time* dibutuhkan *interfacing* antara manusia-mesin dengan menggunakan bahasa pemrograman. Bahasa pemrograman yang digunakan pada pembuatan alat ini menggunakan bahasa C#. C# adalah bahasa pemrograman baru yang diciptakan oleh Microsoft seperti halnya bahasa pemrograman yang lain, C# bisa digunakan untuk membangun berbagai macam jenis aplikasi, seperti aplikasi berbasis *windows (desktop)* dan aplikasi berbasis *web* serta aplikasi berbasis *web services*.

9. *Feature* dalam C#

Sebagai bahasa pemrograman baru C# banyak mengadopsi *feature* dari beberapa bahasa pemrograman terkenal dan banyak komunitasnya tetapi yang paling dominan adalah Java adapun komposisinya adalah sebagai berikut 70% Java, 10% C++, 5% *Visual Basic*, 15% baru.

10. Key word C#

C# adalah bahasa pemrograman yang menggunakan jumlah kata-kata yang tidak terlalu banyak. C# hanya berisi kata-kata yang biasa disebut dengan *keywords*. *Keywords* ini digunakan untuk menjelaskan berbagai macam informasi. Berikut daftar *keywords* yang ada dalam bahasa C# : *abstract, as, base, bool, break, byte, case, catch, char, checked, class, const, continue, decimal, default, delegate, do, double, else, enum, event, explicit, extern, false, finally, fixed, float, for, foreach, goto, if, implicit, in, int, interface, internal, is, lock, long, namespace, new, null, object, operator, out, override, params, private, protected, public, readonly, ref, return, sbyte, sealed, short, sizeof, stackalloc, static, string, struct, switch, this, throw, true, try, typeof, uint, ulong, unchecked, unsafe, ushort, using, virtual, void, while*.

11. Langkah-langkah penulisan kode C#

Kode program diawali dengan mendeklarasikan nama *Class* atau *namespace*. Aplikasi dibuka dengan tanda “{” dan pada akhir kode ditutup dengan tanda “}”. Aplikasi C# dibangun oleh satu atau beberapa fungsi yang diletakkan di dalam sebuah *Class* dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Nama suatu fungsi pada C# harus diawali dengan huruf, atau garis bawah “_” yang kemudian bisa diikuti oleh huruf, angka atau garis bawah.

- b. Pada bagian akhir nama fungsi digunakan tanda kurung buka dan kurung tutup “()”.
- c. Penamaan fungsi tidak boleh mengandung spasi. Awal dan akhir suatu fungsi di mulai dengan tanda “{“ dan diakhiri dengan tanda “}”.
- d. Penulisan komentar (tulisan yang tidak di eksekusi) dapat dibuat sebagai berikut
- e. Komentar satu baris dengan menggunakan tanda “//”
- f. Komentar yang lebih dari satu baris dengan diawali tanda “/*” dan diakhiri oleh “*/”

Contoh program yang paling sederhana untuk file Hallo.cs class HelloWorld

```
{  
  
// Bagian utama program C# x ini adalah contoh komentar 1 baris  
  
public static void Main()  
  
{  
  
System.Console.WriteLine(“Hello, World”);  
  
}
```

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis dari pembuatan alat deteksi getaran menggunakan sensor *fluxgate* dengan *display* PC dapat dikemukakan beberapa kesimpulan dari penelitian ini yaitu :

1. Hasil spesifikasi performansi dan desain alat deteksi getaran

Alat deteksi getaran 2D menggunakan sensor *fluxgate* dengan *display* PC ini, terdiri dari sistem yang dibangun oleh sistem mekanik getaran dan sensor *fluxgate*. Modul pengolah sinyal yang didalamnya terdapat blok komponen elektronika meliputi blok *power supply*, pengolahan sinyal sensor *fluxgate*, pengkondisian output tegangan sinyal dan mikrokontroler. *Software* aplikasi untuk menjalankan alat deteksi yakni *tool driver software* 12755. Untuk resolusi sensitifitas sensor *fluxgate* terhadap jarak hingga ukuran :

$$4,28 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$$

2. Cara mengintegrasikan ke PC

Adapun cara mengintegrasikan alat deteksi getaran ke PC yaitu dengan menggunakan program dengan bahasa pemrograman MPLAB X IDE pada mikrokontroler, serta untuk *interfacing* menggunakan bahasa pemrograman C#.

3. Membandingkan pola keluaran sensor dengan alat yang sudah ada

Dalam perbandingan pola gelombang saat jarak usikan 0,5 meter terhadap alat deteksi getaran didapatkan skala pada arah horizontal 300-500 dan skala pada

deteksi vertikal 300-700. Pada seismograf didapatkan untuk arah horizontal - 200 M sampai +200 M serta arah vertikal -400 M sampai 400 M.

B. Saran

Berdasarkan pembahasan yang telah dibahas maka sebagai saran untuk tindak lanjut dan pengembangan penelitian ini yaitu :

1. Perlu dilakukan pengembangan terhadap penelitian ini untuk mendapatkan resolusi sensitifitas yang lebih baik serta desain mekanik dan elektronik alat ukur agar alat ukur ini mampu merespon getaran yang lebih baik lagi.
2. Perlu dilakukan pengembangan program aplikasi untuk menjalankan alat ukur getaran ini agar dalam proses analisa grafik getaran dapat dilakukan dengan lebih mudah.