

## ANALISIS MENENTUKAN SATUAN STANDAR PADA HASIL RANCANG BANGUN ALAT *POSTUROGRAPH*

Diah Arum Audini, Andy Noortjahja

Jurusan Fisika, FMIPA, UNESA, email : [diaharum18@gmail.com](mailto:diaharum18@gmail.com)

### Abstrak

Rancang bangun alat *Posturograph* adalah penelitian dalam bidang instrumentasi kedokteran yang bertujuan untuk mendapatkan alat *Posturograph* yang bernilai jual murah. Penelitian tersebut telah diuji coba secara laboratorium dan didapatkan hasil berupa sinyal keluaran dari masing – masing sensor yang terdapat pada telapak kaki. Grafik tersebut merupakan gambaran dari respon pasien terhadap sensor yang terdapat pada alat. Tujuan dari penelitian ini adalah mampu memberikan satuan standar pada sumbu vertikal dan sumbu horizontal dari grafik. Berdasarkan prinsip kerja dari sensor maka analisa menentukan satuan standar mengacu pada gaya dan luas penampang, dimana sensor tersebut bekerja berdasarkan tekanan. Data penelitian didapatkan dari pasien dengan 2 keadaan yang berbeda, yaitu pasien dengan keadaan normal atau sehat dan pasien yang mengalami gangguan keseimbangan. Data tersebut menghasilkan bentuk grafik yang berbeda – beda, tergantung dari bagaimana respon pasien terhadap sensor selama berdiri diatas alat. Dari data dan pembahasan didapatkan satuan yang tepat untuk sumbu vertikal dan sumbu horizontal dari grafik keluaran sensor pada *Posturograph*. Sumbu vertikal grafik yaitu besar tekanan yang diberikan pasien terhadap sensor, sedangkan sumbu horizontal adalah rentan waktu pasien ketika berdiri di atas alat. Dapat disimpulkan satuan standar yang dihasilkan berdasarkan prinsip kerja dari sensor yang terdapat pada alat *Posturograph*.

**Kata kunci :** *Posturograph*, keseimbangan, vertigo, tekanan

### Abstract

Construction design of *Posturograph* tool is a research in medical instrumentation field which aim to get low cost value of *Posturograph* tool. This research had tested in laboratory and obtained result as output signal from each sensor positioned on the bottom of leg. This graph represent an illustration of patient's response toward tool sensor. The aim of this research are able to give standard unit in vertical and horizontal axis of the graph. Base on work principle of sensor then analysis determine standard unit referred to force and longitudinal width, where sensor work grounded on pressure. Research data gained from patient with two different condition, that is patient with normal condition or healthy and patient who develop equilibrium disturbance. Those data produce vary graphs, depend from how patient's response toward sensory during standing over the tool. From data and discussion gained precise unit for vertical and horizontal axis of sensor output in *Posturograph*. Graph vertical axis that is big pressure that given by patient against the sensor, while horizontal axis is time vulnerability of patient when standing over the tool. Can be concluded standard unit that resulted in based on work principle of sensor in *Posturograph* tool.

**Keywords :** *Posturograph*, equilibrium, vertigo, pressure

### PENDAHULUAN

Gangguan keseimbangan atau yang lebih sering disebut vertigo merupakan gejala dari penyakit yang disebabkan terganggunya salah satu atau lebih sistem keseimbangan tubuh. Sistem keseimbangan dipengaruhi oleh telinga dalam, mata, otot inti (*core*) dan sendi jaringan lunak untuk menyampaikan informasi yang dapat dipercaya tentang pergerakan dan orientasi tubuh saat perubahan posisi. Jika telinga dalam atau elemen sistem keseimbangan lainnya seperti sistem visual atau sistem *proprioseptif* mengalami gangguan, maka akan mengalami gangguan keseimbangan atau vertigo. Vertigo bukan suatu penyakit tersendiri, melainkan gejala dari penyakit yang letak lesi dan penyebabnya berbeda-beda. Oleh karena itu, pada setiap penderita vertigo harus dilakukan anamnesis dan pemeriksaan yang cermat dan

terarah untuk menentukan bentuk vertigo, letak lesi dan penyebabnya. Salah satunya adalah alat pemeriksaan keseimbangan dengan menggunakan *Posturograph*. *Posturograph* atau Posturografi adalah alat untuk memeriksa gangguan keseimbangan yg menampilkan data sinyal secara obyektif dan bernilai kuantitatif. Untuk mendapatkan gambaran yang benar tentang gangguan keseimbangan karena gangguan vestibuler, maka *input* visual dihalangi dengan cara menutup mata dan *input proprioseptif* diganggu dengan berdiri di atas alas tumpuan yang tidak stabil. Hasil dari alat tersebut dapat menunjukkan adanya gangguan keseimbangan yang ditandai dengan ayunan tubuh berlebihan yang lebih dominan dibandingkan dengan ayunan tubuh normal.

Kelebihan dari *Posturograph* dalam hal pemeriksaan gangguan keseimbangan, membuat *Posturograph* bernilai cukup mahal, sehingga tidak

semua rumah sakit memiliki *Posturograph*. Mahalnya harga *Posturograph* yang membuat tidak semua rumah sakit memiliki alat tersebut, mendorong tim peneliti sebelumnya yaitu dr. Nyillo dkk dan beranggotakan mahasiswa dari beberapa universitas yaitu UNAIR, ITS dan UNESA melakukan penelitian yang berjudul “*Rancang Bangun alat Posturograph*”. Penelitian tersebut bertujuan untuk mendapatkan alat *Posturograph* yang bernilai jual murah, sehingga diharapkan banyak rumah sakit memiliki alat *Posturograph* ini. Penelitian telah selesai di uji coba secara laboratorium dan didapatkan hasil berupa data numerik yang kemudian data tersebut diubah menjadi data sinyal dari masing – masing sensor yang terdapat pada alat *Posturograph*. Sinyal output mewakili efek tekanan pada sensor tekanan atau transduser. Sinyal output tersebut menunjukkan beberapa warna yang disesuaikan dengan letak tekanan sensor pada kaki. Tetapi terdapat kelemahan dari penelitian “*Rancang Bangun alat Posturograph*” ini, yaitu tidak adanya satuan standart yang tampak pada sinyal keluaran. Kelemahan hasil rancang bangun di atas belum memenuhi standarisasi karena belum mempunyai satuan untuk *output* sinyal, baik untuk sinyal vertikal atau horizontal.

Permasalahan tersebut di atas, yang akan ditindaklanjuti dalam penelitian ini yaitu analisis satuan standart pada “*Rancang alat Posturograph*”. Sehingga diharapkan “*Rancang Bangun alat Posturograph*” yang sudah ada, memiliki satuan yang signifikan untuk di jadikan satuan dalam alat *Posturograph*.

### TEORI DASAR

*Posturograph* adalah alat untuk memeriksa keseimbangan pasien yang mengalami gangguan keseimbangan atau vertigo. Prinsip kerja dari *Posturograph* adalah dengan mendeteksi perubahan grafik yang tampak pada komputer, perubahan grafik tersebut diakibatkan dari pasien yang menggunakan alat *Posturograph* memberikan respon terhadap sensor yang terdapat pada alat. Berikut merupakan Gambar pasien yang menggunakan *Posturograph*



**Gambar 1.** *Equitest Posturograph*  
(sumber : Hasil Rancang Bangun Posturograph)

Prinsip kerja dari *Posturograph* adalah dengan menempatkan pasien dalam posisi berdiri diatas *force platform* yang terdapat sensor didalamnya. Sensor yang terdapat pada *force platform* merupakan sensor tekanan, dimana sensor tersebut bekerja berdasarkan respon tekanan yang diberikan pasien. Perubahan tekanan yang terjadi selama pasien berdiri diatas alat akan muncul pada komputer yang telah terhubung pada alat. Perubahan tekanan tersebut digambarkan dalam bentuk grafik, dimana dari graifk tersebut dapat diketahui pasien mengalami gangguan keseimbangan atau tidak.

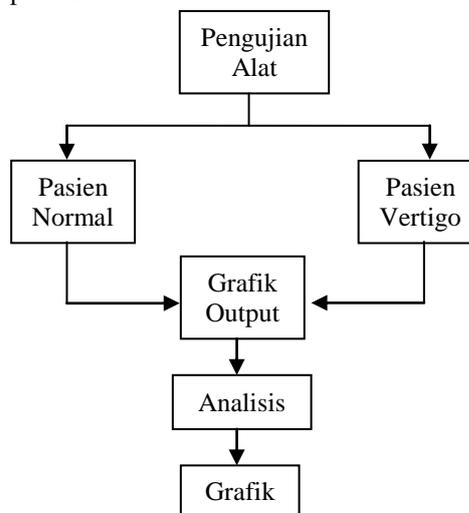
Dari prinsip kerja sensor yang terdapat pada alat *Posturograph*, sensor bekerja berdasarkan tekanan sehingga analisis yang dilakukan untuk mendapatkan sistem satuan yang tepat adalah dengan menggunakan tekanan dan gaya. Tekanan merupakan besarnya gaya yang bekerja per satuan luas. Jika tekanan dilambangkan dengan  $p$ , gaya tekan  $F$ , dan luas bidang tekan  $A$ , maka hubungan antara tekanan, gaya dan luas

$$P = \frac{F}{A}$$

### METODE

#### A. Rancangan Penelitian

Penelitian skripsi ini merupakan penelitian pengembangan, dimana sudah terdapat alat *Posturograph* yang telah dirancang oleh peneliti sebelumnya belum maksimal dikarenakan hasil keluaran dari alat, yaitu berupa grafik belum memiliki satuan standar. Dalam penelitian ini alur dari rancangan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Diagram Alir Penelitian

Gambar 2 merupakan skema dari rancangan dari penelitian yang akan dilakukan. Pengujian alat dilakukan untuk mendapatkan data berupa grafik dari alat *Posturograph* yang berasal dari pasien. sinyal keluaran dari alat yang berupa grafik didapatkan dari pasien dengan

2 keadaan berbeda, yaitu pasien normal atau tidak mengalami gangguan keseimbangan dan pasien yang mengalami gangguan keseimbangan. Dari grafik kemudian melakukan analisis untuk menentukan satuan yang tepat untuk sumbu vertikal dan sumbu horizontal pada grafik

**B. Variabel Operasional Penelitian**

Definisi operasional merupakan definisi yang digunakan dalam penelitian. Terdapat tiga variabel operasional penelitian, yaitu variabel kontrol, variabel manipulasi, dan variabel respon. Variabel kontrol adalah sesuatu yang tidak berubah dalam penelitian ini, yaitu sumbu vertikal mewakili beban dan sumbu horizontal mewakili waktu. Variabel manipulasi (faktor yang mempengaruhi) pada penelitian skripsi ini adalah pasien yang menggunakan alat *Posturograph*, yaitu pasien normal dan pasien yang mengalami gangguan keseimbangan. Variabel respons dalam penelitian ini berupa hasil grafik yang telah diketahui satuan standar.

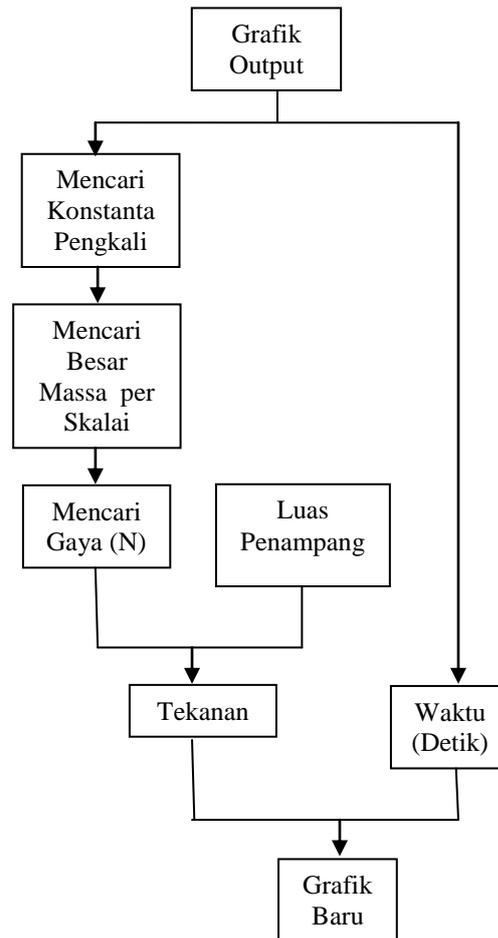
**C. Analisis Data**

Prinsip kerja dari Alat *Posturograph* adalah dengan mendeteksi bagaimana respon tekanan yang diberikan pasien pada sensor yang terdapat pada alat, kemudian respon yang diterima oleh sensor disampaikan dalam bentuk sinyal output pada monitor berupa grafik. Grafik terdiri dari sumbu vertikal yang merupakan besar tekanan pasien dan sumbu horizontal merupakan rentan waktu pasien berdiri diatas alat.

Tahap awal untuk mencari besar tekanan pasien adalah mencari konstanta pengkali per skala untuk sumbu vertikal. Setelah konstanta pengkali ditentukan, maka bisa mencari besar massa pasien pada setiap sensor. Massa yang telah diketahui digunakan untuk mencari besar gaya pasien terhadap sensor. Sementara gaya yang bekerja pada sumbu vertikal dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \\ N - w &= 0 \\ N &= w \\ N &= m \cdot g \end{aligned}$$

Sehingga gaya normal tubuh sama dengan beban tubuh seseorang yaitu sebesar massa dikalikan gravitasi ( $m \cdot g$ ). Dan semakin besar gaya yang diberikan pada alat *Posturograph*, maka semakin besar tekanan yang diberikan pada alat *Posturograph* ( $P \propto F$ ). Berikut merupakan alur analisis data untuk mendapatkan grafik baru dengan satuan standart pada sumbu vertikal dan horizontal.



**Gambar 3** Alur Analisis Data

Besar tekanan didapatkan dari gaya dan luas penampang yang telah diketahui. Luas penampang adalah luas kaki pasien yang mengenai sensor. Dari analisis sumbu vertikal dan sumbu horizontal akan didapatkan grafik baru dengan satuan yang telah dianalisis.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

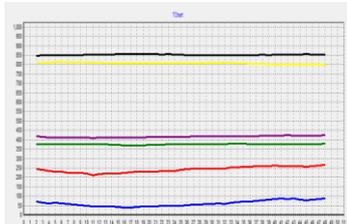
**A. Hasil Penelitian**

Pengambilan data berupa grafik yang merupakan sinyal keluaran dari alat *Posturograph*. Alat *Posturograph* memiliki 6 buah sensor, yaitu 3 buah sensor pada kaki kiri dan 3 buah sensor pada kaki kanan. Setiap sinyal keluaran dari sensor memiliki warna yang berbeda pada grafik. Letak sensor dan warna yang mewakilinya dapat dilihat pada Gambar 5



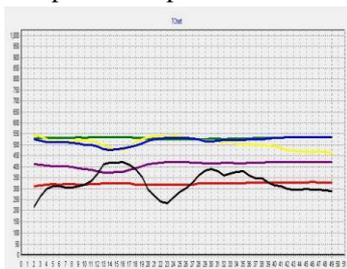
**Gambar 5** Posisi Sensor pada Masing-Masing Telapak Kaki dan Warna yang Mewakili Sensor

Data yang didapatkan dari penelitian ini adalah grafik yang muncul pada komputer, grafik tersebut merupakan sinyal keluaran dari alat *Posturograph*. Grafik didapatkan dari pasien yang memberikan respon tekanan terhadap sensor yang terdapat pada alat. Dari grafik dapat dilihat bagaimana pasien mengalami gangguan keseimbangan. Berikut merupakan data grafik dari pasien yang tidak mengalami gangguan keseimbangan.



**Gambar 6** Gambar Grafik Pasien yang Tidak Mengalami Gangguan Keseimbangan

Gambar 6 menunjukkan grafik dari pasien yang tidak mengalami gangguan keseimbangan, pada gambar grafik terlihat nilai yang konstan menunjukkan bahwa pasien memberikan tekanan yang sama besar selama berdiri di atas sensor. Tekanan yang sama besar menunjukkan bahwa pasien berdiri dengan seimbang selama berdiri di atas sensor pada alat *Posturograph*. Gambar grafik untuk pasien yang mengalami gangguan keseimbangan dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7** Gambar Grafik Pasien yang Mengalami Gangguan Keseimbangan.

Gambar 7 menunjukkan bahwa beberapa grafik mengalami perubahan nilai yang cukup signifikan, khususnya pada grafik berwarna hitam. Grafik berwarna hitam merupakan grafik yang mewakili sensor yang berada pada tumit kaki kiri. Grafik tersebut mengalami perubahan nilai yang cukup signifikan dikarenakan pasien memberikan tekanan yang berubah – ubah pada tumit kaki kiri selama berdiri di atas sensor. Dari gambar grafik dapat dilihat bahwa pasien tidak berdiri dengan seimbang di atas alat, hal ini dikarenakan pasien mengalami gangguan keseimbangan pada tumit kaki kiri.

### B. Pembahasan

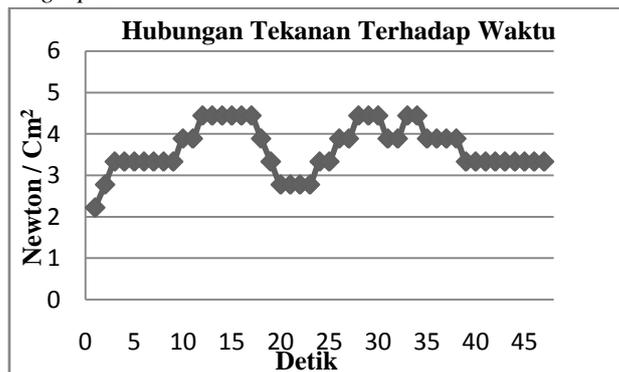
Grafik yang tampak hanya merupakan indikasi bagaimana alat *Posturograph* dapat bekerja dengan baik, tidak menjadi acuan dalam menganalisa sistem satuan

untuk grafik tersebut. Dalam menganalisa sistem satuan untuk grafik, hanya memakai grafik yang mengalami perubahan nilai yang cukup signifikan, dimana grafik tersebut menunjukkan bahwa pasien mengalami gangguan keseimbangan.

Analisis satuan sumbu vertikal pada alat *Posturograph* adalah dengan mengasumsikan bahwa nilai pada gambar grafik pasien merupakan massa (m) pasien yang diberikan pasien terhadap alat, dimana setiap kenaikan 1 skala pada sumbu vertikal bernilai 1,11 Kg. Hal ini dikarenakan menurut perhitungan untuk 1 skala pada sumbu vertikal bernilai 1,11 Kg telah mendekati massa pasien yang berdiri di atas sensor tersebut.

Massa dari pasien dapat diketahui dengan cara melihat letak grafik pada sumbu vertical yang kemudian dikalikan dengan 1,11 Kg setiap kenaikan 1 skala. Grafik yang dianalisis adalah grafik yang mengalami perubahan nilai yang cukup signifikan, yaitu grafik yang memiliki perubahan nilai yang banyak. Massa pasien yang telah diketahui dapat digunakan untuk perhitungan besar gaya yang diberikan pasien terhadap sensor. Besar gaya diberikan pasien terhadap luas penampang sensor, yaitu luas kaki pasien yang mengenai sensor. Dari gaya yang diberikan pasien terhadap luas penampang, maka dapat diketahui besar tekanan yang diberikan pasien. Berikut merupakan Tabel besar gaya yang diberikan pasien terhadap luas penampang.

Pada sumbu horizontal grafik merupakan nilai yang menunjukkan lama pasien berdiri di atas alat *Posturograph*. Dalam mendiagnosis pasien, alat membutuhkan waktu untuk melihat bagaimana perubahan tekanan yang diberikan pasien terhadap alat. Waktu yang dibutuhkan alat untuk mendiagnosis pasien tidak lama, hal ini dikarenakan sensor pada alat yang memiliki tingkat sensitifitas cukup tinggi. Satuan yang tepat untuk digunakan pada sumbu horizontal alat adalah detik (s), karena pada pasien yang mengalami gangguan keseimbangan akan dengan cepat terlihat perubahan nilai tekanan ketika berdiri di atas alat *Posturograph*. Berikut adalah grafik baru dari sinyal keluaran sensor pada alat *Posturograph*.



**Grafik 4.4** Hubungan Tekanan terhadap Waktu Pasien dengan Gangguan Keseimbangan pada tumit kaki kiri

Merupakan grafik hubungan tekanan yang diberikan pada sensor pada tumit kaki kiri pasien terhadap sensor selama 48 detik berdiri diatas alat *Posturograph*. Grafik menunjukkan perubahan nilai tekanan yang cukup signifikan, hal ini menunjukkan pasien memberikan tekanan yang cenderung tidak konstan selama berdiri diatas sensor. Perubahan nilai tekanan pada grafik tersebut mengindikasikan bahwa pasien mengalami gangguan keseimbangan, tepatnya di tumit kaki kiri.

Data dan pembahasan di atas berdasarkan dari prinsip kerja sensor yang terdapat pada alat *Posturograph*, yaitu sensor yang bekerja terhadap tekanan. Dimana ketika terjadi tekanan pada sensor, maka sensor akan meneruskan pada monitor dalam bentuk sinyal keluaran berupa grafik. Tekanan merupakan besar gaya yang diberikan pada luas penampang, dalam penelitian ini besar gaya yang diberikan pasien terhadap sensor, sedangkan luas penampang adalah luas kaki pasien yang mengenai sensor tersebut.

## **PENUTUP**

### **Simpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka peneliti dapat mengambil kesimpulan bahwa satuan standar yang dihasilkan dari penelitian berdasarkan dari prinsip kerja sensor yang terdapat pada alat *Posturograph*. Dimana sensor tersebut bekerja berdasarkan respon tekanan. Pasien yang berdiri diatas alat *Posturograph* memberikan tekanan terhadap sensor, kemudian akan tampak pada grafik yang merupakan sinyal keluaran dari sensor. Satuan standar yang dihasilkan yaitu  $\text{newton/cm}^2$  untuk sumbu vertikal, karena sumbu vertikal mewakili besar tekanan yang diberikan pasien terhadap sensor. Sedangkan untuk sumbu horizontal yaitu detik (s), hal ini dikarenakan sumbu horizontal merupakan rentan waktu pasien ketika berdiri di atas alat *Posturograph*.

### **Saran**

Setelah melakukan penelitian ini diperoleh sistem satuan yang signifikan untuk sinyal keluaran dari sensor yang terdapat pada alat *Posturograph*, maka peneliti dapat memberikan saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Mencari data dengan rentan massa pasien yang berurutan.
2. Mencari data output grafik (ADC), yang kemudian dihubungkan dengan massa pasien yang berurutan untuk mendapatkan grafik.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Baloh RW, Jacobson KM, Beykirch K, Honrubia V. Static and dynamic posturography in patients with vestibular and cerebellar lesions. *Arch.Neurol.* 55(5):649-654, 1998.
- Baloh RW, Spain S, Socotch TM, Jacobson KM, Bell A. 1995. Posturography and Balance Problem in Older People. (mirring) *J AM Geriatr Soc.* |1995;43:638-644
- Bronstein M Adolfo.1995. Visual vertigo syndrome: clinical and posturography findings. *journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry.*
- Caron O, Faure B., Brenière Y. (1997) Estimating the centre of gravity of the body on the basis of the centre of pressure in standing posture. *J. Biomechanics* 30, 1169-1171.
- Di Fabio RP. 1995. Sensitivity and specificity of platform posturography for identifying patients with vestibular dysfunction. *Phys Ther* 1995 Apr;75(4):290-305.
- Fishbane, P.M., et.al. 2005. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*, 3rd Edition. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Giancoli ,C. Douglas, 2005, *Physics: Principles with applications*, 6th edition, USA:Pearson Prentice Hall.
- Hirnoven Melli. 2009. EVALUATION OF VESTIBULAR FUNCTION WITH VISUAL FEEDBACK POSTUROGRAPHY MOTORIZED HEAD IMPULSE TEST. Medical Faculty of the University of Helsinki, Helsinki 2009.
- Israr A yayan. 2008. *Vertigo*. Faculty of Medicine – University of Riau
- Khairudin M. SENSOR & TRANSDUCER. Control Engineering Laboratory Electrical Engineering Dept. Jogjakarta State University.
- Kurniawati Ana, ST. 2002. *Sistem Pendeteksi Keseimbangan Tubuh Manusia*. Universitas Gunadarma, Jakarta, 2002.
- Labuguen, RH. 2006. Initial Evaluation of Vertigo ini *Journal American Family Physician* January 15, 2006
- Nashner LM, Peters JF. 2009. Dynamic posturography in the diagnosis and management of dizziness and balance disorders.
- Purnami Nyillo, Ermanta Chunadi, dkk (Perhimpunan Ahli Telinga Hidung Tenggorokan - Bedah Kepala dan Leher ; PERHATI-KL). 2009. *Pendidikan Kedokteran Berkelanjutan (PKB)*. Airlangga University: Surabaya

Purnama Nyillo, Noortjahja Andi, dkk. 2012.  
RANCANG BANGUN POSTUROGRAPH  
UNTUK DETEKSI DINI GANGGUAN  
VESTIBULER PADA PENDERITA VERTIGO.

Ronald Hamidie. 2003. Biomekanika Olahraga.

Setiawan Iwan, S.T.,M.T. 2009. Buku Ajar Sensor dan  
Tranduser. Program Studi Sistem Komputer Fakultas  
Teknik Universitas Diponegoro.

Swartz R, Longwell P. 2009. Treatment of  
Vertigo. Journal of American Family Physician.  
Chicago, 2009.

Utomo Pristiadi, M.Pd. 2007. Hukum newton tentang  
gerak dan gravitasi.

Young, Freedman. 2008. Sears and Zemanky's  
University Physics with Modern Physics, 12th  
Edition. Pearson Education Inc.

Young, Freedman. 2008. Sears and Zemanky's  
University Physics with Modern Physics, 12th  
Edition. Pearson Education In