

## Rancang Bangun Neraca Digital Untuk Mengetahui Massa Material Penyusun Alloy

Wilson Jefriyanto<sup>1,a)</sup>, Utiya Hikmah<sup>2,b)</sup>, Moch. Wisnu Arif Sektiono<sup>2,c)</sup>, Restu Lestari<sup>3,d)</sup>, Zainul Anwar<sup>1,e)</sup> dan Hendro<sup>1,f)</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Elektronika,  
Kelompok Keilmuan Fisika Teoretik Energi Tinggi dan Instrumentasi,  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,  
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

<sup>2</sup>Laboratorium Fisika Material Elektronik,  
Kelompok Keilmuan Fisika Material Elektronik,  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,  
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

<sup>3</sup>Laboratorium Biofisika,  
Kelompok Keilmuan Fisika Nuklir dan Biofisika,  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,  
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

<sup>a)</sup>wilsonjefriyanto@gmail.com

<sup>b)</sup>utiyahikmah@yahoo.com

<sup>c)</sup>moch.afandy@gmail.com

<sup>d)</sup>restu.lestari.919@gmail.com

<sup>e)</sup>zainulanwar34@student.itb.ac.id

<sup>f)</sup>hendro@fi.itb.ac.id

### Abstrak

*Telah dibuat neraca digital untuk mengukur massa material penyusun alloy menggunakan load cell berbasis strain gauge yang memiliki jangkauan ukur maksimal 1 kg. Jenis load cell yang digunakan adalah uxcell weighing load bar cell sensor yang bekerja dengan nilai output 1.0946 mV/V. Karena sinyal keluaran load cell sangat kecil, maka digunakan penguat differensial IC HX711. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa timbangan digital yang dihasilkan mampu memberikan hasil pembacaan yang baik terhadap variasi massa yang diterapkan. Kelebihan dari timbangan ini adalah kemampuannya untuk menyimpan data hasil pengukuran pada komputer, karena alat ini terintegrasi dengan sistem komputasi.*

*Kata-kata kunci: strain gauge, massa, massa jenis alloy*

### PENDAHULUAN

Pengukuran nilai massa suatu alloy (logam campuran atau paduan) penting untuk dilakukan terutama untuk mengetahui persentase massa material penyusun alloy tersebut. Neraca konvensional baik neraca analog maupun digital yang banyak beredar di pasaran belum terintegrasi dengan sistem komputasi sehingga data yang didapatkan dari hasil pengukuran harus disimpan secara manual ketika akan dilakukan perhitungan. Oleh karena itu, diperlukan adanya alat ukur yang dapat terintegrasi dengan sistem komputasi.

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan neraca digital yang terintegrasi dengan sistem komputasi sehingga data hasil pengukuran dapat ditampilkan serta disimpan pada komputer. Data hasil pengukuran neraca digital ini berupa massa benda di air dan di udara yang kemudian dapat dikaitkan dengan hukum fisika yaitu pendekatan hukum Archimedes dengan metode gaya angkat fluida (*Buoyancy method*). Hukum Archimedes dan metode gaya angkat merupakan pendekatan yang sederhana dan dapat digunakan untuk menentukan massa jenis material penyusun suatu logam paduan secara baik. Selain itu, dalam perhitungannya juga mempertimbangkan faktor koreksi yang memengaruhi sistem sehingga dihasilkan nilai yang akurat.

Sistem timbangan digital dirancang menggunakan *load cell* atau yang sering disebut *strain gauge* (pengukur gaya) sebagai sensor, penguat IC HX711 yang selanjutnya dihubungkan ke mikrokontroler Arduino tipe Uno R3. Mikrokontroler Arduino berfungsi untuk mengelola data dimana sinyal analog akan dikonversi ke digital. Mikrokontroler Arduino bekerja dengan tegangan 5V. Nilai digital dari keluaran mikrokontroler ditampilkan di komputer (*interface system*) menggunakan *software* LabVIEW.

## DASAR TEORI

Menurut hukum Archimedes, “Sebuah benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya ke dalam zat cair akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkannya”. Pada benda yang tercelup tersebut, gaya gravitasi bekerja dengan arah menuju pusat bumi (ke bawah), sedangkan gaya apung (*buoyancy*) bekerja berlawanan arah dengan arah gaya gravitasi (ke atas). Besarnya gaya keatas menurut Hukum Archimedes ditulis dalam persamaan :

$$F_a = W_a - W_i \tag{1}$$

$$F_a = (m_a - m_i) g \tag{2}$$

Diketahui bahwa  $m = \rho v$ , maka :

$$F_a = \rho v g \tag{3}$$

Keterangan :

$F_a$ = gaya ke atas (N)	$\rho$ = massa jenis zat cair (kg/m <sup>3</sup> )
$W_a$ = Berat benda di udara (kg.m/s <sup>2</sup> )	$V$ = volume benda yang tercelup(m <sup>3</sup> )
$W_i$ = Berat benda dalam zat cair (kg.m/s <sup>2</sup> )	$g$ = percepatan gravitasi (N/kg)
$m_a$ = massa benda di udara (kg)	$m_i$ = massa benda dalam zat cair (kg)

Ketika benda tersebut dicelupkan kedalam air, maka massa jenisnya dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$\rho = \left( \frac{m_a}{m_a - m_i} \right) \rho_{\text{zat cair}} \tag{4}$$

Adapun massa jenis paduan yaitu :

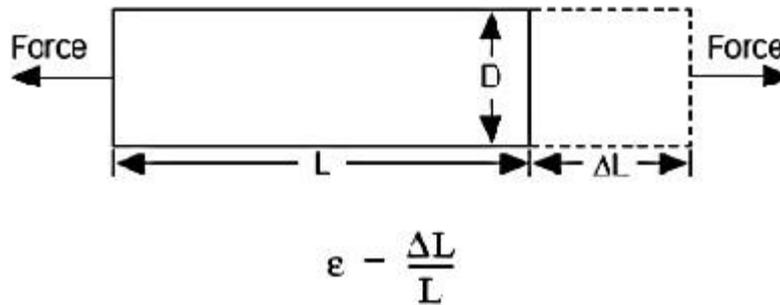
$$\rho_{\text{alloy}} = \frac{m_x + m_y}{\rho_x + \rho_y} \tag{5}$$

Persamaan diatas dapat perbandingan massa material penyusunnya :

$$\frac{m_x}{m_y} = \left[ \frac{1 - \rho_{\text{alloy}}/\rho_y}{1 - \rho_{\text{alloy}}/\rho_x} \right] \tag{6}$$

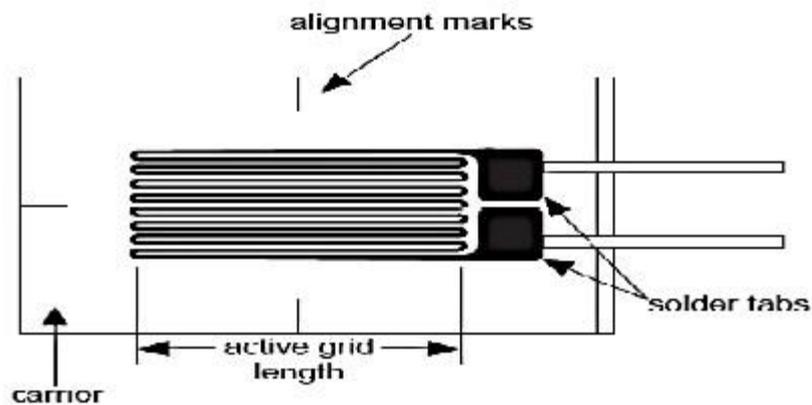
Sensor yang digunakan pada alat ini yaitu sensor massa *strain gauge load cell*. Setiap *cell* yang berada di dalam *load cell* merupakan elemen yang elastik. Elemen elastik ini mudah berubah panjangnya atau meregang ketika dikenai gaya. Perubahan panjang ini merubah nilai resistansi yang terdapat dalam *load cell*. Bentuk geometris dan modulus elastisitas elemen menentukan besarnya medan regangan yang dihasilkan

oleh gaya. Lebih spesifik, *strain* ( $\epsilon$ ) atau regangan didefinisikan sebagai perbandingan perubahan panjangnya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini :



Gambar 1. Definisi Strain

*Strain gauge* merupakan sebuah alat ukur dengan nilai resistansi bervariasi yang proporsional dengan sejumlah regangan dalam alat ini. Sebagai contoh, *piezoresistive strain gauge* yang merupakan alat semikonduktor dengan resistansi berubah tak linier dengan regangan. *Strain gauge*, yang paling banyak digunakan adalah *bonded metallic strain gauge*, berisi beberapa *fine wire* atau *metallic foil* yang disusun dalam pola garis (*grid*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pola garis dimaksimasi dengan sejumlah kawat metalik dalam arah paralel.



Gambar 2.

Parameter fundamental dari *strain gauge* adalah sensitivitas dari regangan, diekspresikan secara kuantitatif sebagai *gauge factor* (GF). *Gauge factor* didefinisikan sebagai rasio dari pembagian perubahan dalam resistansi dengan pembagian perubahan dari panjangnya (*strain*):

$$GF = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} = \frac{\Delta R/R}{\epsilon} \tag{7}$$

Pada umumnya sinyal keluaran dari load cell sangat kecil, sehingga diperlukan sebuah penguat misalnya IC HX711. HX711 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales HX711 adalah sebuah komponen terintegrasi dari perusahaan "AVIA SEMICONDUCTOR" HX711 presisi 24-bit analog-to-digital converter (ADC) yang di desain untuk sensor neraca digital (*weight scales*) dan aplikasi kontrol pada area industri yang terkoneksi dengan sensor jembatan (*bridge sensor*).



Gambar 3. Modul HX711

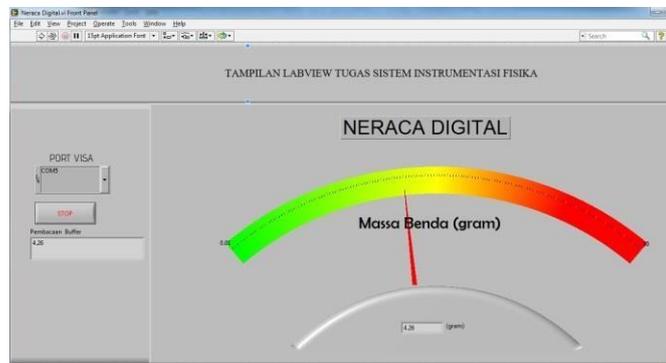
HX711 adalah modul neraca, yang memiliki prinsip kerja mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. IC HX711 memiliki kelebihan seperti struktur yang sederhana, mudah dalam penggunaan, hasil yang stabil dan reliable, memiliki sensitivitas tinggi, dan mampu mengukur perubahan dengan cepat.

Sinyal keluaran dari IC HX711 diproses pada mikrokontroler arduino uno. Arduino Uno adalah arduino board yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah header ICSP, dan sebuah tombol reset. Arduino Uno memuat segala hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler. Hanya dengan menghubungkannya ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC sudah dapat membuanya bekerja. Arduino Uno menggunakan ATmega16U2 yang diprogram sebagai USB-to-serial converter untuk komunikasi serial ke computer melalui port USB.



Gambar 4. Arduino tipe Uno

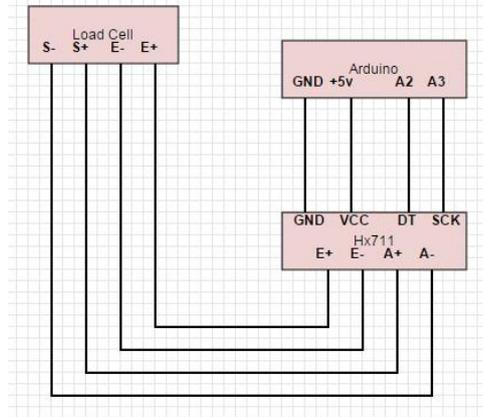
Agar sinyal keluaran dari arduino uno mudah dibaca dan dioperasikan maka diperlukan sistim antar muka pada computer dengan menggunakan program labVIEW. LabVIEW merupakan bagian integral dari instrumentasi virtual karena memberikan sebuah lingkungan pengembangan aplikasi yang mudah digunakan dan dirancang khusus dengan kebutuhan insinyur dan ilmuwan. LabVIEW menawarkan fitur canggih yang membuatnya mudah untuk terhubung ke berbagai perangkat keras dan software lainnya. Pemrograman grafis adalah salah satu fitur paling bagus yang LabVIEW tawarkan kepada insinyur dan ilmuwan.



Gambar 5. Interface LabVIEW 2011

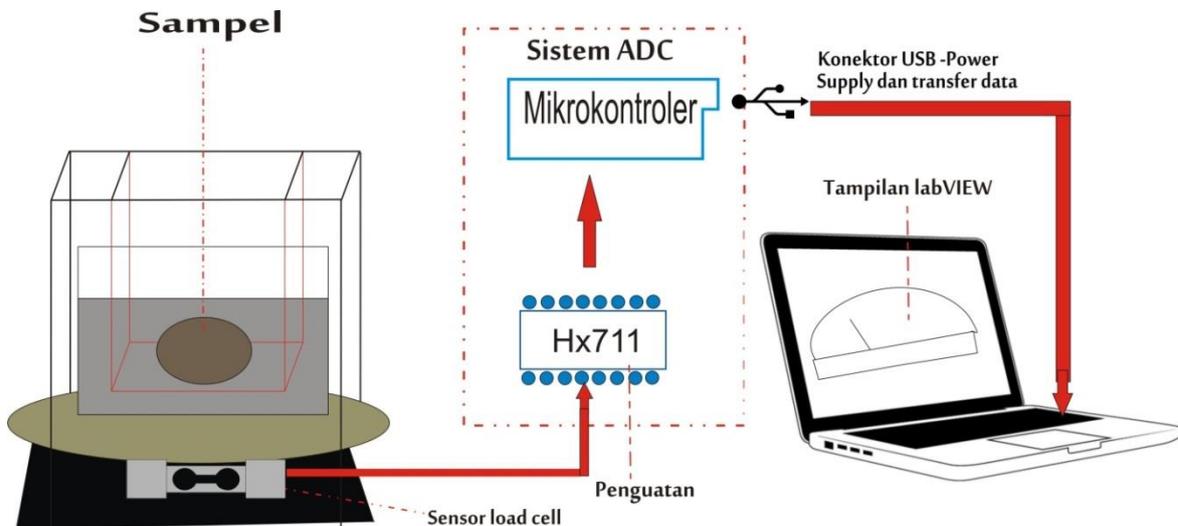
**METODOLOGI**

Tahap awal untuk merancang bangun alat atau *prototipe* berupa timbangan digital pengukur massa penyusun paduan adalah menggambarkan skema rangkaian alat yang akan dibuat. Berikut skema rangkaian yang digunakan untuk merancang timbangan digital pengukur massa penyusun paduan.



Gambar 6. Skema perancangan timbangan digital pengukur massa penyusun paduan

Hasil keluaran sinyal dari rangkaian diatas selanjutnya akan dimasukkan ke pin analog Arduino untuk selanjutnya diproses menjadi keluaran digital. Agar hasil penguatan dapat ditampilkan, diperlukan media untuk menampilkan hasil pembacaan oleh Arduino. Pada penelitian ini, digunakan perangkat lunak LabVIEW yang dapat membaca keluaran Arduino dan menampilkannya dalam sistem antarmuka yang dibuat. Secara keseluruhan, digram blok perancangan timbangan digital pengukur massa penyusun paduan ditampilkan sebagai skema berikut.



Gambar 7. Skema neraca digital pengukur massa penyusun paduan

Interface dari labVIEW seperti Gambar 5 memberikan informasi pengukuran massa dari sebuah benda dengan menggunakan persamaan.

Pada penelitian ini digunakan tiga sampel paduan logam, yaitu sebagai berikut.

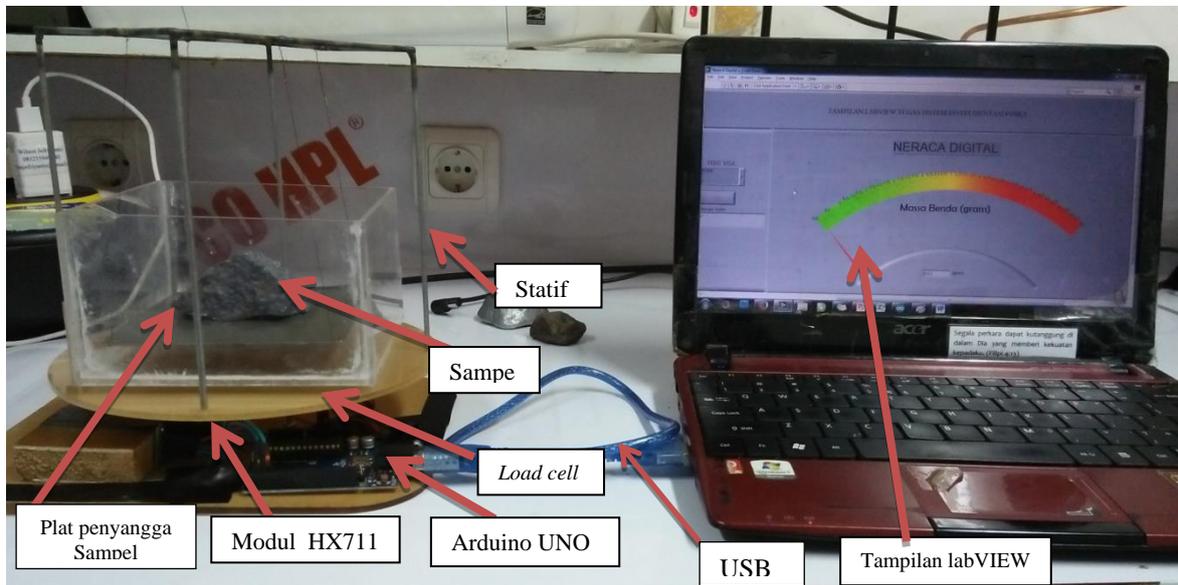
Tabel 1. Sampel Paduan yang digunakan dalam Penelitian

No.	Unsur yang Terkandung dalam Aloy	Presentasi Unsur Pertama (m <sub>x</sub> )	Presentasi Unsur Kedua (m <sub>y</sub> )
1.	AlSi	Al : 88% - 89%	Si : 11% - 12%
2.	FeSi	Fe : 25% - 30%	Si : 70% - 75%

3.	FeMn	Fe : 35% - 40%	Mn : 60% - 65%
----	------	----------------	----------------

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun gambar lengkap neraca digital yang dirancang pada penelitian ini ditampilkan pada gambar berikut ini.



Gambar 8. Pengukuran Massa Sample dengan Neraca Digital

Sebelum neraca digital berbasis mikrokontroler digunakan untuk mengukur sampel, neraca digital dikalibrasi dan diuji coba dengan berbagai nilai massa. Nilai massa ini kemudian dibandingkan dengan nilai massa dari hasil pengukuran dengan neraca konvensional. Hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai error dari neraca digital.

Tabel 2. Data hasil pengukurandenganmenggunakan neraca digital standar

No.	Hasil Pengukuran Neraca Konvensiaonal (g)	Hasil Pengukuran Alat (g)
1.	3.92	3.55
2.	5.84	5.76
3.	6.31	6.17
4.	9.37	9.19
5.	63.64	63.42
6.	81.44	81.72
7.	89.02	88.75
8.	95.81	95.26
9.	130.26	129.85
10.	137.11	137.32

Berikut ini grafik perbandingan hasil pengukuran massa menggunakan neraca digital berbasis mikrokontroler dengan hasil pengukuran massa menggunakan neraca konvensional



Gambar 9. Perbandingan pengukuran neraca digital berbasis mikrokontroler dengan neraca digital konvensional.

Dari tabel dan grafik hubungan hasil pengukuran antara neraca konvensional dengan neraca digital yang telah dibuat, dapat diketahui bahwa hasil pengukuran neraca digital berbasis mikrokontroler mendekati nilai massa yang didapatkan dari neraca konvensional. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa % error dari alat ini yaitu 0,28%. Hal ini menunjukkan bahwa alat ini cukup baik dalam melakukan pengukuran massa

Adapun data massa sampel yang didapatkan dari neraca digital berbasis mikrokontroler dibandingkan dengan nilai massa referensi sample yang didapatkan dari tempat sampel diambil yaitu Politeknik Manufaktur Bandung. Data hasil pengukuran dengan neraca digital berbasis mikrokontroler dibandingkan dengan data referensi dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Data hasil pengukuran dengan menggunakan neraca digital standar

Sampel	Massa di Udara (g)	Massa di Air (g)	Massa Jenis Alloy (g/cm <sup>3</sup> )	Hasil		Referensi	
				m <sub>1</sub> (g)	m <sub>2</sub> (g)	m <sub>1</sub> (g)	m <sub>2</sub> (g)
Al+Si	95.83	59.43	2.63	80.43	15.40	84.33	11.50
Fe+Si	81.54	53.16	2.87	21.82	59.52	22.83	58.71
Fe+Mn	88.98	76.97	7.41	27.33	61.65	32.92	56.06

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa hasil pengukuran dan perhitungan kedua bahan penyusun masing-masing paduan dapat diketahui. Data yang diambil dari neraca digital adalah massa paduan di udara dan massa paduan di dalam air. Dari kedua data ini dapat ditentukan massa jenis paduan logam. Dari data massa jenis

paduan logam dapat dihitung perbandingan kedua massa penyusun logam tersebut. Sehingga massa masing-masing penyusun logam didapatkan. Apabila dibandingkan dengan data referensi sampel, data hasil pengukuran ini memiliki perbedaan. Hal ini dikarenakan data referensi dari penyedia sampel tidak berupa data nilai pasti massa setiap penyusun, namun hanya berupa rentang nilai. Akurasi neraca digital ini perlu ditingkatkan dengan perbaikan alat, sehingga nilai massa penyusun paduan tetap ada direntang yang telah diberitahukan oleh penyedia sampel.

## KESIMPULAN

Setelah melakukan pengambilan data, didapatkan kesimpulan :

- a. Neraca digital untuk perhitungan massa material penyusun suatu paduan (*alloy*) dengan sistem neraca digital berbasis pendekatan hukum Archimedes dengan metode gaya angkat fluida (*Buoyancy method*) telah berhasil dibuat dengan persentase error 0.28%.
- b. Masih terdapat perbedaan antara data hasil pengukuran dengan neraca digital berbasis mikrokontroler dengan neraca digital konvensional.
- c. Akurasi neraca digital ini perlu ditingkatkan dengan perbaikan alat, sehingga nilai massa penyusun paduan tetap ada direntang yang telah diberitahukan oleh penyedia sampel.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu khususnya kepada FMIPA yang telah membantu dalam pembiayaan seminar serta Jurusan Teknik Pengecoran Politeknik Manufaktur Bandung yang telah memberikan sampel *alloy*.

## REFERENSI

1. Dian Artanto, *Interaksi Arduino dan LabVIEW*. PT Elex Media Komputindo, Jakarta (2012)
2. Eirik Kaarsad. *Theory and Application of Bouyancy in Wells*. University of Stavanger : Norway. (2011)
3. Hendro. *Diktat Kuliah Sstem Instrumentasi Analisis*. Bandung : Institut Teknologi Bandung. (*e-book*). (2014)
4. Andy Hunt, etall. *Guide to The Measurement Force*. The Institute of Measurement and Control : London. (1998)
5. M. Bangun Agung, *Arduino for beginners*. E-book (2014)
6. R. Magga, *Penggunaan Strain Gage (Load Cell) Untuk Analisa Tegangan Pada Pembebanan Statik Batang Aluminium*. Jurnal Mekanikal Vol. 2 No. 1: Januari 2011: 53 – 61 ISSN 2086 – 34032011, (2011)
7. Iwan Sugriwan, Melania Suweni Muntini, Yono Hadi Pramono. *Desain karakterisasi load cell tipe CZL601 sebagai sensor massa untuk mengukur derajat layu pada pengolahan the hitam*. Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya
8. Muhammad Syahwil,. *Panduan Mudah Simulasi & Praktek Mikrokontroler Arduino*, Penerbit Andi, Yogyakarta (2013)
9. Taufiq Hidayat. *Penggunaan labVIEW untuk simulasi system control keamanan rumah*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muria Kudu
10. Wiwik Handajadi, Ahmad Sholeh. *Pembacaan output timbangan digital jarak jauh dengan menggunakan pemrograman visual basic 6.0*. Jurusan Teknik Elektro FTI Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta