

Pemanfaatan *Load Cell* CZL601 untuk Pengukuran Derajat Layu Pada Pengolahan Teh Hitam

Iwan Sugriwan¹⁾, Melania Suweni Muntini²⁾ dan Yono Hadi Pramono²⁾

Abstract: This paper describes result of research about measurement of degree of wilting in black tea processing. Degree of wilting was observed by measuring of tea leaves mass loss because the loss of water content. Mass sensor used is single point load cell type CZL 601 that can measure up to 20 kg. Results of calibration of load cell gives the characteristic equation $V = 0.0001 m + 0.2014$ volts. Output of sensor is connected with instrumentation amplifier which with applying three IC OP-07 which subsequently became data process for mikrokontroler ATmega8. Data measurement result interfaced on the LCD. Instrumentation system was implemented in mini process factory at Indonesian Research for Tea and Cinchona Gambung, Bandung. Results of measurement of mass loss in a trough of 48.39%, whereas in the sample basket was 49.33%. Measuring the degree of wilting during the withering of the production process is 37.00%.

Keywords: *load cell, withering, black tea, mass sensor*

PENDAHULUAN

Pelayuan merupakan langkah pertama dan terpenting dalam pengolahan teh hitam (Muthumani et.al., 2006). Pelayuan adalah proses menguapnya air yang terkandung dalam daun teh karena perbedaan tekanan antara air dalam daun dan bagian permukaan daun teh (Santoso dkk, 2008). Proses pelayuan di Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK) Gambung, Bandung, dilakukan dengan menggunakan mesin palung pelayuan (*withering trough*) sebagai tempat daun teh dihamparkan. Daun teh segar dihamparkan pada mesin *withering trough* dengan ketebalan 30 cm untuk dilayukan oleh udara kering atau

dengan aliran udara panas selama sekitar 20 jam (Ningrat, 2006). Untuk menentukan apakah daun teh telah cukup layu, diperiksa oleh para pekerja teknis di pelayuan dengan cara meraba. Segenggam daun teh dikepal sambil digulung lalu dilemparkan, jika kepalan tidak terhambur maka daun teh dianggap telah layu. Masalahnya penentuan kelayuan teh dengan menggunakan peraba tidak konsisten dan bersifat subyektif yang berakibat pada ketidakkonsistenan terhadap mutu teh hitam (Sugriwan, 2010).

Petunjuk teknis pengolahan teh hitam menyatakan bahwa pada proses pelayuan daun teh kehilangan kadar air sebanyak 47 s.d. 50%. Kehilangan

¹⁾ Staf Pengajar Program Studi Fisika FMIPA, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.

²⁾ Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

masa yang disebabkan oleh kehilangan kadar air ini dapat digunakan untuk menentukan kelayuan daun teh yang secara kuantitatif dinyatakan dalam persentase layu dan derajat layu. Persentase layu didefinisikan sebagai perbandingan antara bobot pucuk teh segar dengan bobot layu. Derajat layu didefinisikan sebagai perbandingan berat hasil teh kering dengan pucuk layu (Santoso, 2008).

Pada penelitian ini kehilangan massa pada proses pelayuan diindera dengan sensor massa menggunakan *load cell* CZL601 yang mampu mengukur beban sampai dengan 20 kg. Rangkaian sensor massa berikutnya akan dihubungkan dengan pengkondisi sinyal dengan mengaplikasikan penguat instrumentasi sebagai data proses untuk blok rangkaian berikutnya yaitu mikrokontroler AVR Atmega8.

Kehilangan massa yang diindera oleh *load cell* diantarmuka (*interfaced*) ke komputer pribadi dan peraga menggunakan *liquid crystal display* (LCD). Pengembangan sistem instrumentasi seperti ini memungkinkan supervisor pelayuan (mandor atau kepala pabrik) dapat menentukan kelayuan daun teh lebih terukur dan dapat menghindari faktor inkonsistensi dan subyektivitas (Sugriwan, 2010).

METODOLOGI PENELITIAN

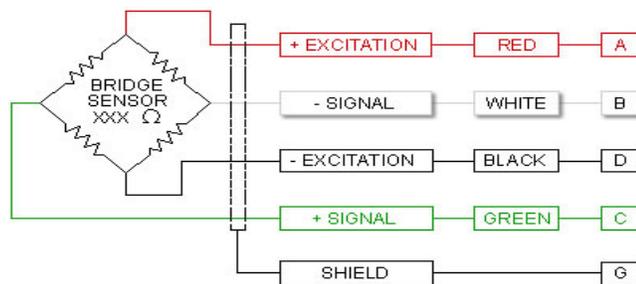
Sensor massa yang digunakan dalam penelitian ini adalah *load cell single point* model CZL601 yang merupakan sensor dengan ukuran yang kecil namun dengan akurasi yang tinggi. Jangkauan beban yang dapat diukur adalah antara 3 sampai dengan 20 kg. Secara fisik *load cell* ini ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. *Load cell single point* (Tadea Inc., 2009)

Load cell model CZL601 dilengkapi dengan empat buah kabel yang masing-masing kabel diberi kode warna (*color code*) tertentu, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Tegangan +10 volt dari catu daya dihubungkan dengan kabel warna merah sebagai eksitasi positif, sedangkan *ground* dihubungkan dengan warna hitam sebagai eksitasi negatif. Sinyal

keluaran melalui dua kabel yang masing-masing berwarna hijau untuk sinyal positif dan putih untuk sinyal negatif. Keluaran dari kabel warna hijau dan putih memiliki selisih tegangan yang akan dihubungkan dengan blok rangkaian berikutnya yaitu penguat instrumentasi. Sedangkan satu kabel lagi yang berwarna hitam, *shield*, tidak dihubungkan.



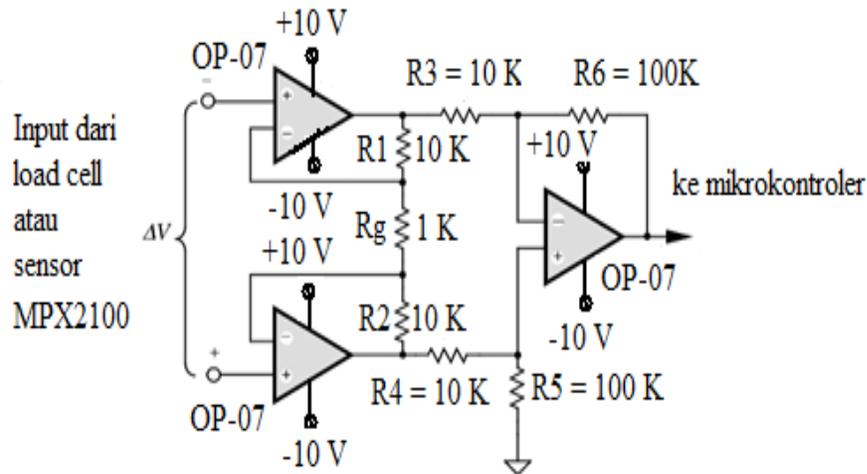
Gambar 2. Kode warna kabel pada *load cell* (Transducer Tech., 2009)

Mengkalibrasi sensor massa dilakukan dengan cara, mula-mula, keluaran dari *load cell* (kabel warna hijau dan putih) dihubungkan dengan masukan selisih tegangan penguat instrumentasi, pada bagian output penguat instrumentasi dihubungkan dengan multimeter digital. Kondisi tanpa beban diset supaya nilai tegangan terbaca oleh multimeter menunjukkan nilai tegangan V_0 . Selanjutnya, *load cell* dibebani dengan penambahan beban sekitar 0.5 kg dan tegangan keluaran dari *load cell* dicatat sebagai V_1 . Proses dilanjutkan dengan

menambahkan pembeban 0.5 kg lagi dan tegangan keluarannya dicatat sebagai V_2 . Proses yang sama dilanjutkan sampai dengan pembebanan seberat sekitar 4 kg hingga dihasilkan tegangan keluaran V_8 . Hasil dari proses kalibrasi diplot ke dalam sebuah grafik. Dari grafik karakteristik ini akan diperoleh persamaan karakteristik yang menyatakan hubungan antara massa dan tegangan pada *load cell*. Pembeban, timbel, dibuat dari bahan logam yang diset memiliki beban 0,5 kg yang dibuat di Laboratorium Fisika

Dasar Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya. Untuk mengetahui beban sebenarnya dari timbel, dikalibrasi dengan alat ukur massa yang bersertifikat tertelusur di Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Depkes Surabaya (Sugriwan, 2010).

Penguat instrumentasi yang akan diimplementasikan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3, tiga buah IC OP-07 yang dikonfigurasi sebagai penguat instrumentasi. Dua op-amp sebagai penguat selisih tegangan dan satu op-amp sebagai penguat non-inverting.



Gambar 3. Rangkaian penguat instrumentasi dengan OP-07 (Sugriwan, 2010)

Rangkaian penguat instrumentasi dapat masukan dari *load cell*. Untuk pengukuran massa, tegangan keluaran dari *load cell*, kabel warna hijau, sinyal positif, dan kabel warna putih, sinyal negatif, dihubungkan dengan kaki masukan non-inverting (kaki 3 OP-07) dari kedua op-amp sebagai penguat selisih tegangan. Hasil penguatan berupa tegangan keluar dari kaki 6 op-amp ketiga. Ketiga OP-07 mendapat catu tegangan +10 volt pada kaki 7 dan -10 volt pada kaki 4.

Data keluaran dari sensor yang dihubungkan dengan penguat instrumentasi, berikutnya menjadi data proses bagi rangkaian mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler AVR jenis ATmega8 yang telah tersedia di pasaran secara luas sebagai minimum sistem. Ketersediaan ini tentu lebih menyederhanakan pekerjaan teknis *lay out* komponen, etsa PCB dan penyolderan. Modul minimum sistem didesain oleh pabrik pembuat

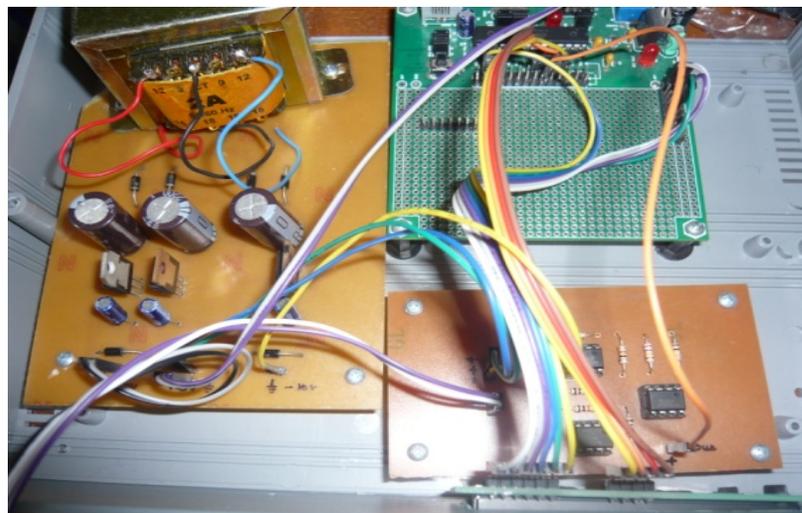
mengakomodasi berbagai konfigurasi yang mungkin untuk dikembangkan dari minimum sistemnya. Port input/output telah disediakan dengan jumper yang lebih memudahkan ketika akan mengantarmuka dengan masukan dari sensor, antarmuka dengan peraga seven segment dan LCD serta komunikasi secara serial dengan PC juga telah disediakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain sistem instrumentasi untuk pengukuran derajat layu diimplementasikan di Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK) Gambung, Bandung. Dalam bagian ini akan dipaparkan realisasi system instrumentasi, kalibrasi load cell sebagai sensor massa, dan pengukuran derajat layu pada pengolahan teh hitam

Realisasi Sistem Instrumentasi

Realisasi sistem instrumentasi untuk pengukuran derajat layu pada pengolahan teh hitam terdiri dari blok sensor massa yang menggunakan *load cell* tipe CZL601, blok catu daya (power supply), blok penguat instrumentasi, blok mikrokontroler dan peraga (display). *Load cell* dipasang pada rangka mekanis dan dirancang untuk ditempatkan pada mesin palung pelayuan. Salah satu ujung dari *load cell* dipasang statis pada rangka mekanis, seperti pada Gambar 5. Pada ujung yang lain digantungkan sebuah rangka besi segi empat sebagai keranjang tempat menyimpan objek sampel yang diukur massanya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Rangkaian elektronik (Sugriwan, 2010)

Sinyal keluaran dari *load cell* dengan kode warna pengkabelan dihubungkan dengan rangkaian penguat instrumentasi melalui sebuah kabel yang pada bagian ujung dilindungi dengan pasangan konektor DB 9 pin *male-female* yang dipasang pada sebuah casing box. Blok-blok rangkaian elektronik yang terdiri dari rangkaian catu daya, penguat instrumentasi dan kit mikrokontroler ditempatkan di dalam casing box yang selanjutnya disimpan di bagian atas dari rangka mekanis, ditunjukkan pada Gambar 5. Pada implementasi di pabrik

mini proses pengolahan teh hitam premium di PPTK Gambung, Bandung, keseluruhan perangkat akuisisi data ditempatkan di atas palung pelayuan. Palung pelayuan di pabrik mini proses berbeda dengan palung pelayuan di pabrik utama pengolahan. Selain kapasitas bebaran pucuk, dapat dikatakan bahwa pabrik mini proses adalah miniatur dari pabrik utama. Gambar 5 berikut menunjukkan palung pelayuan di pabrik mini proses dan penempatan perangkat akuisi di atas palung pelayuan dengan rangka mekanis tempat *load cell*.



Gambar 5. Perangkat keras akuisisi pada palung pelayuan

Kalibrasi *Load cell* sebagai Sensor Massa

Sebelum diimplementasikan di industri pengolahan teh hitam, terlebih dahulu *load cell* harus dikalibrasi untuk mengetahui hubungan karakteristik

antara massa dengan tegangan. Kalibrasi dilakukan dengan non-zero calibration pada tegangan, di mana tegangan keluaran tidak menunjukkan nol ketika belum diberi anak timbangan

sebagai pembeban (tanpa pengaturan offset). Timbal sebagai pembeban dikalibrasi di Laboratorium Gaya dan Massa Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Surabaya pada tanggal 7 April 2010. Anak timbangan bersertifikat yaitu merk sartorius, model/tipe YCW 553-00, nomor seri 15929662, kelas F1 dengan nominal 500 gram. Massa konvensional anak timbangan standar adalah 499,9996 gram dengan ketidakpastian 0,63 gram. Anak timbangan yang dikalibrasi ditunjukkan pada Gambar 4.5 yang dibuat di Laboratorium Fisika Dasar Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya. Pada waktu dilakukan kalibrasi, densitas udara adalah 7390 kg/m³. Timbangan yang digunakan untuk mengkalibrasi timbal yaitu merk sartorius, model/tipe CP12001S, nomor seri 161108413, dengan kapasitas 12,1 kilogram. Metode kerja mengacu ke OIML R111-1 Part-1 & Part-2 Edition 2004 (E). Hasil kalibrasi *load cell* memberikan persamaan karakteristik $V = 0,0001m + 0,2014$ volt (Sugriwan, 2010).

Pengukuran Derajat Layu Pengolahan Teh Hitam

Derajat layu teh pada pengolahan teh hitam diperoleh dengan cara membandingkan berat

daun teh kering dengan daun teh layu. Untuk mendapatkan ukuran derajat layu harus melalui semua tahapan proses pengolahan teh hitam sejak pembeberan pucuk segar pada palung pelayuan hingga pengeringan pada mesin pengering. Tahap terpenting pada proses pelayuan adalah menentukan kelayuan pucuk teh. Dalam bagian ini, sensor massa *load cell* yang telah dirancang untuk mengukur kehilangan massa karena kehilangan kadar air digunakan untuk menentukan kelayuan teh.

Tabel 1 merupakan data pengolahan teh hitam di pabrik mini proses PPTK Gambung, Bandung, pada tanggal 5-6 Mei 2010. Jenis pengolahan yang dilakukan adalah sistem orthodox murni yaitu pengolahan teh dengan ukuran bubuk lebih besar dari sistem *orthodox-rotorvane*. Yang membedakan pengolahan sistem orthodox murni dengan *orthodox-rotorvane* adalah setelah pucuk layu teh digulung dan digiling pada mesin *rolling* tanpa melalui penggilingan pada mesin *rotorvane*. Pada pengolahan teh hitam premium dengan pucuk segar disortasi hanya P+2, pengolahan dengan sistem *orthodox* murni dimungkinkan memperoleh hasil giling dengan ukuran bubuk yang mirip dengan *orthodox-*

rotorvane dengan pucuk kasar (P+5). Kelebihan sistem orthodox murni adalah produk teh kering memiliki aroma yang kuat. Kekurangannya

adalah ukuran bubuk lebih besar sehingga sifat cepat seduh (quick brewing) tidak lebih baik dari hasil orthodox-rotorvane.

Tabel 1. Data pengolahan teh hitam di pabrik mini proses PPTK Gambung, Bandung

Informasi Umum						
Jenis Pengolahan		: Premium tea dengan orthodox murni				
Tanggal Pengolahan		: 5-6 Mei 2010				
Tempat Pengolahan		: Pabrik mini proses PPTK Gambung, Bandung				
Data Pucuk Segar						
Berat pucuk segar dalam trough		: 31 kg				
Jenis Pucuk		: Pucuk kasar				
Berat sample pucuk segar pada keranjang		: 4100 gr				
Kadar air pucuk segar	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sample 4	Sampel 5	Rata-rata
	76.99 %	74.99 %	75.29 %	75.69 %	76.29 %	75.85 %
Proses Pelayuan						
Nama Proses	Waktu					
	Mulai (jam)			Selesai (jam)		
Pembeberan daun segar pada trough	12.30			12.45		
Pelayuan dengan Udara ruang	12.45			18.00		
Pelayuan dengan udara kering (panas)	18.00			03.45		
Pembalikan 1	19.00			19.10		
Pembalikan 2	23.00			23.10		
Turun layu	03.45			04.25		
Data Pucuk Layu						
Berat layu dari trough		: 16 kg				
Berat pucuk layu dalam keranjang		: 2100 gr				
Berat pucuk layu yang diolah		: 10 kg (yang 6 kg dikembalikan ke pabrik utama)				
Kadar air Pucuk Layu	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sample 4	Sampel 5	Rata-rata
	66.65 %	66.60 %	66.70 %	-	-	66.65 %
Penggulungan dan penggilingan						
Nama proses	Waktu					
	Mulai (jam)			Selesai (jam)		
Penggulungan dan penggilingan	04.25			05.00		
Press	05.00			05.15		
Kirab	05.15			05.20		
Press	05.20			05.30		
Kadar Air setelah penggilingan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sample 4	Sampel 5	Rata-rata
	59.28 %	59.18 %	59.177 %	-	-	59.21 %
Oksidasi Enzimatis						
Nama proses	Waktu					
	Mulai (jam)			Selesai (jam)		
Masuk ruang Oksidasi Enzimatis	(04.25) 05.30			06.25		
Pengeringan						
Nama Proses	Waktu					
	Mulai (jam)			Selesai (jam)		
Pengeringan di mesin pengering (oven)	06.25			07.50		
Kadar Air bubuk kering	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sample 4	Sampel 5	Rata-rata
	1.80 %	2.00 %	1.99 %	-	-	1.93 %
Berat kering	: 3.7 kg					
Derajat Layu	: 3.7 kg/10 kg					
	: 0.37					

Namun demikian, karena sortasi basah pada pengolahan teh premium hanya pucuk segar P+2, maka hasil teh kering diharapkan memiliki sifat *quick brewing* dan aroma yang kuat.

Pelayuan dilakukan pada mulai pukul 12.45 dan berakhir pada pukul 04.45 atau dilayukan selama 14 jam. Untuk mendapatkan kuantitas derajat layu, maka diperlukan berat pucuk kering dibandingkan dengan berat pucuk layu. Mendapatkan berat kering berarti harus melalui tahapan pengolahan secara benar dan tepat, karena muara akhir dari semua proses pengolahan adalah meningkatkan kualitas mutu teh hitam yang diuji sensoris (indrawi) oleh tester. Proses pengolahan setelah turun layu adalah penggilingan, oksidasi enzimatis dan pengeringan. Proses penggilingan dan penggilingan dilakukan sekitar 1 jam 15 menit. Selama proses ini dilakukan dua kali press dan kirab masing-masing sekitar 10 – 15 menit untuk press dan 5 menit untuk kirab. Proses penggilingan dan penggilingan ini perlu memperhatikan waktu giling karena akan berpengaruh pada proses berikutnya yaitu oksidasi enzimatis. Proses oksidasi enzimatis sendiri adalah proses eksotermal dengan mengeluarkan (perubahan) enzim-enzim dari bubuk teh dalam ruang

dengan kelembaban sekurang-kurang 75% dan optimum pada kelembaban 90%. Lama waktu oksidasi enzimatis adalah selama 2 jam setelah turun layu. Jadi waktu pengkabutan bubuk teh di ruang humidifier adalah dua jam dikurangi lama proses penggilingan. Untuk menghentikan proses oksidasi enzimatis, maka dikeringkan dengan oven pada temperatur 90 - 110°C (Sugriwan, 2010).

Kehilangan kadar air yang diindera oleh sensor *load cell* dengan mengukur pengurangan massa didasarkan pada kehilangan kadar air selama proses pelayuan yaitu antara 47 sampai dengan 50%. Dari Tabel 9 (data produksi tanggal 5-6 Mei 2010) diketahui bahwa pada saat pembeberan pucuk segar, berat dalam keranjang sampel adalah 4145 gr. Setelah dilayukan selama 14 jam, berat dalam sampel keranjang menjadi 2045 gr. Berarti selama proses pelayuan ini telah kehilangan kadar air sebanyak 49,33%. Jika dibandingkan dengan kehilangan massa dalam pucuk segar dalam satu *trough*, di mana diketahui berat pucuk segar total 31 kg dan berat layu adalah 16 kg, berarti telah kehilangan massa 48,39%. Hasil sensor massa *load cell* telah menunjukkan kinerja yang baik untuk menentukan kelayuan daun teh.

KESIMPULAN

Sensor *load cell* CZL601 dapat menentukan kelayuan dengan lebih terukur dan konsisten dalam pengolahan teh hitam premium. Proses pelayuan telah dilakukan dengan baik sehingga sensor *load cell* telah berhasil menentukan kelayuan daun teh. Hasil pengukuran kehilangan massa dalam satu *trough* sebanyak sebesar 48,39%, sedangkan dalam keranjang sampel adalah 49,33%. Pengukuran derajat layu selama proses pelayuan dari ketiga proses produksi adalah 37,00%.

DAFTAR PUSTAKA

- Danoë Ningrat, R.G.S Soeria. 2006. *Teknologi Pengolahan Teh Hitam*. Penerbit ITB. Bandung.
- Muthumani, Thomas., Kumar, R.S. Senthil. 2006. *Studies on Freeze-withering in Black Tea Manufacturing*. Journal of Food Chemistry. ScienceDirect. Elsevier: 103 – 106
- Santoso J, Suprihatini R, Abas T, Rohdiana D, Shabri. 2008. *Petunjuk Teknis Pengolahan Teh*. Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK) Gambung. Bandung.
- Soedrajat, Rulan R. 2010. *Pelayuan Pucuk Teh*. Balai Penelitian Teh Kina, Bandung.
- Sugriwan I., Muntini MS, Pramono YH. 2010. *Desain dan Karakterisasi Load Cell Tipe CZL601 sebagai Sensor Massa untuk Mengukur Derajat Layu pada Pengolahan The Hitam*. Seminar Nasional Fisika II. Surabaya: D55 – D57.
- Sugriwan I., Muntini,MS., Pramono, YH. 2010. *Perancangan Sistem Instrumentasi untuk Pengukuran Derajat Layu pada Pengolahan Teh Hitam*. Tesis. Surabaya: Pasca Sarjana ITS.
- Tadea Inc. 2009. *Single Point Load Cell*. Data Sheet: 1 – 4
- Transducer Techniques, Inc. 2009. *Data Sheet*: 1 – 5