

SISTEM TAKAR OBAT SERBUK (*PUYER*)

Eko Arianto

Dosen Program Studi D3 Instrumentasi Medis, Politeknik Mekatronika Sanata Dharma
Alamat korespondensi: Kampus Paingan Maguwoharjo Depok Sleman Yogyakarta 55282
Email: *eko.arianto@pmsd.ac.id*

ABSTRACT

Drugs-powder is still mostly used in Indonesia. Currently, doctors also recommend to use drugs-powder for those who have difficulty swallowing tablets or capsules, such as pediatric patients and elderly patients. To get drugs-powder sometimes patients have to wait a long time because manually dosing. Even now, the drugs-powder also decreased quality because the dosing problems such as accuracy, efficiency, and human errors. Automatic drug dosing system is an idea that is expected to help the problems. The system will automatically divide the drugs-powder with the help of computers, controllers, and mechanical devices.

The system composed of two main parts: hardware and software. Hardware part consists of mechanical devices and electronic circuits as drivers and controllers. The software part consists of the control system such as Visual Basic and PLC (Programmable Logic Controller) used to give orders to the hardware. All input commands can be done through the computer (Visual Basic) then forward it to the PLC, and PLC ordered information from the computer to be implemented by the hardware. The main component in this system is a weight sensor commonly known as load cell.

This drugs-powder dosing system was successfully created. All hardware systems can work well. The system can measure according to the input entered with gram precision scale.

Keyword: *automatic powder drug dose, the scales Loadcell, and signal conditioning..*

1. LATAR BELAKANG

Penggunaan obat serbuk, atau puyer, masih banyak diminati oleh masyarakat Indonesia karena beberapa faktor yaitu:

- 1) Dosis obat dapat disesuaikan dengan berat badan anak secara lebih tepat.
- 2) Biayanya bisa ditekan menjadi lebih murah.
- 3) Obat yang diserahkan kepada pasien hanya satu macam, walaupun mengandung banyak komponen.

Sampai saat ini obat serbuk (*puyer*) masih disarankan oleh dokter dan apoteker bagi para pasien yang mengalami kesulitan dalam mengkonsumsi obat tablet atau kapsul, seperti pasien anak-anak atau pasien yang sudah lanjut usia. Sayangnya pasien harus lebih lama menunggu di apotik untuk mendapatkan obatnya, karena pembuatan *puyer* membutuhkan waktu dalam proses penggerusan, pembagian/penakaran ke dalam dosis-dosis sekali minum, maupun pada proses pengemasannya.

Dalam proses pembuatan obat serbuk (*puyer*), proses yang banyak memakan waktu adalah proses pembagian takaran dosis agar dapat langsung dikonsumsi. Dalam proses pembagian dosis dari hasil gerusan obat tersebut, masih banyak apotik maupun

rumah sakit yang menggunakan metode manual yaitu dengan sendok takar dan timbangan manual. Hal ini tentu kurang *efektif* jika dilihat dari segi waktu, selain itu menggunakan metode manual dapat menghasilkan takaran obat yg tidak akurat, ini bisa menjadi dampak yang sangat berbahaya mengingat ini adalah ukuran obat, sedikit saja kelebihan takaran/dosis bisa berakibat fatal pada pengguna (Sugijanto, Lulut: 2009)

Karena masalah tersebut maka dibutuhkan suatu alat yang dapat membagi/menakar hasil gerusan obat tersebut dengan bobot seragam dan lebih presisi. Pembuatan sistem takar ini merupakan salah satu ide sistem otomasi yang diharapkan dapat membantu pekerjaan pembagian obat serbuk baik di rumah sakit maupun di apotek. Tujuan pembuatan sistem takar obat serbuk ini adalah membuat alat takar untuk mempermudah dalam pekerjaan pembagian obat serbuk dengan lebih cepat dan akurat.

2. RUMUSAN MASALAH

Peresepan obat serbuk atau *puyer* mengalami penurunan kualitas karena beberapa masalah. Masalah pertama adalah tentang keseragaman dosis,

karena proses pembagian dosis dilakukan manual menggunakan sendok takar maka resiko takaran tidak seragam masih besar.

Masalah kedua adalah berhubungan dengan waktu yang dibutuhkan untuk membagi obat. Pembagian dengan timbangan yang dilakukan memakan waktu yang lama, apalagi jika pembagian butuh ketelitian tinggi seperti pada obat dosis tinggi.

Masalah ketiga adalah *human error*. Pada metode manual semua prosesnya dilakukan oleh manusia sehingga memiliki prosentase *human error* yang tinggi. Dengan sistem takar ini diharapkan dapat mengurangi atau bahkan menghilangkan ketiga masalah yang timbul tersebut.

3. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk menciptakan prototipe alat penakar dosis obat serbuk (*puyer*) otomatis yang bisa digunakan sebagai referensi dalam pengembangan sistem takar obat secara otomatis.

4. DASAR TEORI

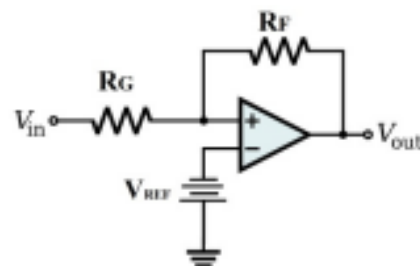
4.1 PLC (*Programmable Logic Control*)

PLC merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis *mikroprosesor* yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi seperti logika, sekuensial, timer, counter, dan aritmatika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses dengan bahasa pemrograman yang mudah dipahami oleh mereka yang bukan programmer komputer. Oleh karena para perancang PLC telah menempatkan sebuah program awal didalam alat ini yang memungkinkan program-program kontrol dimasukkan dengan menggunakan suatu logika bahasa pemrograman sederhana. Logika disini dipergunakan karena pemrograman dilakukan berkaitan dengan implementasi operasi-operasi logika dan penyambungan (*switching*) perangkat *input* yaitu sensor-sensor/saklar, katup, dsb disambungkan ke PLC. Operator kemudian memasukkan serangkaian instruksi/program ke dalam memori PLC. Perangkat pengontrol tersebut kemudian memantau input-input *output-output* sesuai dengan instruksi-instruksi didalam program dan melaksanakan aturan-aturan kontrol yang telah diprogramkan.

PLC memiliki keunggulan yaitu dengan perangkat pengontrol yang sama dapat digunakan beragam sistem kontrol. Untuk memodifikasi sistem kontrol dan aturan pengontrolan yang dibutuhkan, yang harus dilakukan hanyalah memasukkan instruksi/program yang baru sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. PLC serupa dengan komputer, namun bedanya komputer digunakan untuk tugas-tugas perhitungan dan penyajian data, sedangkan PLC untuk tugas-tugas pengontrolan dan pengoperasian di lingkungan industri yang tahan terhadap getaran, suhu, kelembaban, dan kebisingan. Antarmuka (*interface*) input/output telah tersedia *built-in* dan mudah diprogram dengan bahasa yang mudah dipahami (LA. Bryan & EA, Bryan).

4.2 *Inverting Amplifier*

Inverting amplifier adalah sebuah rangkaian pembalik. Jika tegangan inputnya adalah positif maka tegangan outputnya adalah negatif. Dari rangkaian *inverting amplifier* bisa didapatkan penguatan (*gain*) dari pengaturan nilai resistor yang digunakan. Rangkaian *inverting amplifier* bisa dilihat pada Gambar 1.



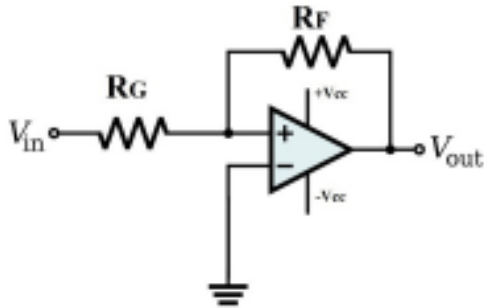
Gambar 1. *Inverting Amplifier with Non-inverting Positive Reference*

Persamaan ideal dari rangkaian pada Gambar 1 adalah

$$V_{ol} = -V_{in} \frac{R_F}{R_G} + V_{ref} \frac{R_F + R_G}{R_G} \quad (1)$$

R_F dan R_G adalah bagian penting dari persamaan (1), sangat sulit untuk mendapatkan tegangan output sesuai dengan keinginan tanpa modifikasi nilai V_{REF} . Jika V_{REF} dibuat 0 maka jika V_{IN} adalah positif hasilnya V_{OUT} akan saturasi pada *ground* (Mancini, Ron: 2002).

Agar *output* dari rangkaian *inverting amplifier* dapat mencapai nilai negatif maka harus diberi tegangan eksitasi $+V_{cc}$ dan $-V_{cc}$. Sehingga *output range* dari *inverting amplifier* adalah dari $-V_{cc}$ sampai dengan $+V_{cc}$ (saturasi). Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 2.



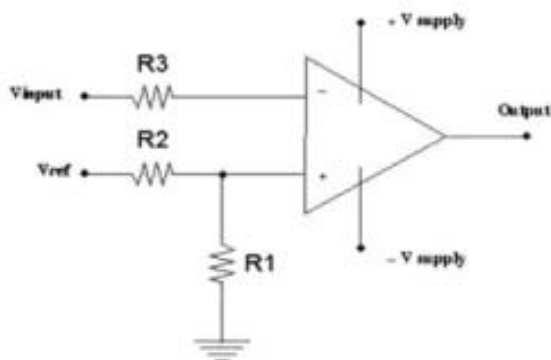
Gambar 2. Inverting amplifier

Untuk penguatannya (*gain*) bisa dihitung menggunakan persamaan (2).

$$Gain = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_F}{R_G} \times V_{in} \quad (2)$$

4.3 Komparator Tegangan

Komparator tegangan digunakan untuk membandingkan dua tegangan yang berbeda yang masuk ke sebuah *op-amp*. Prinsip kerja komparator tegangan adalah dengan membandingkan tegangan input negatif (*inverting*) dan tegangan input positif (*non-inverting*) pada sebuah *op-amp*.



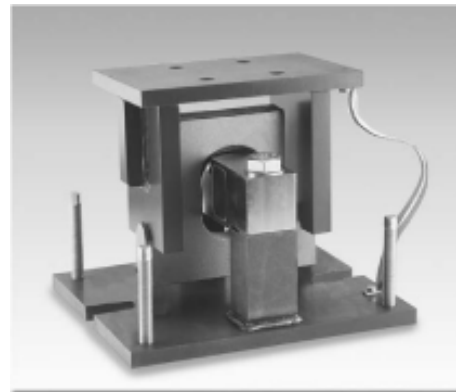
Gambar 3. Rangkaian Komparator Tegangan (Mancini, Ron: 2002)

Tegangan *output op-amp* pada rangkaian komparator tegangan dipengaruhi oleh besarnya tegangan *input-input*-nya. Jika tegangan *input inverting* lebih besar di bandingkan tegangan *input non-inverting* maka *output*-nya adalah saturasi negatif tegangan suplai ($-V_{supply}$). Kebalikannya jika *input non-inverting* lebih besar dari *input inverting* maka *output*-nya adalah saturasi positif tegangan suplai ($+V_{supply}$).

4.4 Loadcell

Loadcell adalah sebuah *sensor* yang berfungsi untuk merubah gaya tekan atau gaya tarik menjadi besaran tegangan listrik. Sebenarnya *loadcell* ini dibentuk dari

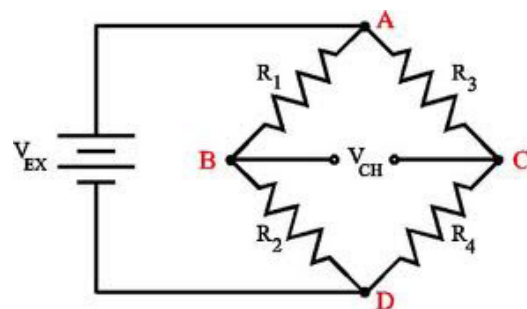
tranduser atau *sensor* tekan yang biasa disebut *strain gage*. Dibentuk dengan konfigurasi *bridge* (jembatan resistansi), untuk lebih jelasnya lihat Gambar 4.



Gambar 4. Loadcell (RICE LAKE Weighing System)

Kedua ujung yang pertama diberi tegangan atau di *eksitasi*, sedangkan kedua ujung lainnya sebagai keluaran. Karena *loadcell* ini dibentuk dari empat buah *straingage* dimana tiap *straingage* akan mengalami perubahan *resistansi* bila diberi gaya tekan. Maka sesuai dengan teori *bridge* maka akan terjadi perubahan atau beda tegangan pada tiap ujung *bridge* tadi. Tapi karena perubahan tegangan *output* yang terjadi akibat tekanan sangat kecil, maka untuk digunakan dalam sebuah sistem kontrol harus dimasukkan ke dalam *signal amplifier* untuk dikuatkan (RICE LAKE Weighing System).

Rangkaian jembatan *Wheatstone* dapat dilihat pada Gambar 5, dari rangkaian itu diaplikasi menjadi sebuah *Loadcell*. Dari Gambar 5 tersebut terdapat beberapa persamaan yang menjadi dasar dari aplikasi jembatan *Wheatstone*.



Gambar 5. Rangkaian Jembatan *Wheatstone*

Pada Gambar 5 obyek dengan tanda V_{ch} adalah detektor setimbang yang digunakan untuk membandingkan potensial titik B dan C dari rangkaian. Jika detektor setimbang dianggap tidak terhingga nilainya maka:

$$\Delta V = V_B - V_C \quad (3)$$

VB adalah potensial titik B terhadap titik D dan VC potensial titik C terhadap titik D, maka:

$$VB = \frac{VR2}{R1 + R2} \tag{4}$$

$$VC = \frac{VR4}{R3 + R4} \tag{5}$$

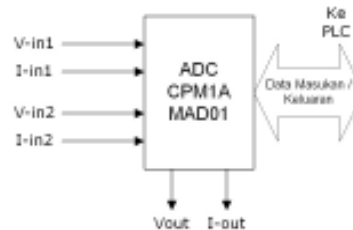
Dari kombinasi persamaan (3), (4), dan (5) didapat persamaan (6) yaitu:

$$R2 \times R3 = R1 \times R4 \tag{6}$$

4.5 Modul Analog Digital (Omron CPM 1A-MAD01)

MAD01 mempunyai dua fungsi, yaitu mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital dan sebaliknya, mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog. Dalam MAD01 terdapat empat masukan analog, masing-masing dua masukan arus dan dua masukan tegangan, kemudian juga terdapat dua keluaran analog, yaitu tegangan dan arus. Data masukan atau keluaran

delapan bit yang dihubungkan dengan PLC dapat diatur sebagai masukan atau keluaran, tergantung apakah MAD01 difungsikan sebagai pengubah analog ke digital atau sebaliknya. Gambar 6 memperlihatkan ilustrasi masukan/keluaran pada MAD01.



Gambar 6 Ilustrasi Masukan/Keluaran pada MAD01

Tabel 1 memperlihatkan spesifikasi masukan pada MAD01 dan Tabel 2 memperlihatkan spesifikasi keluarannya.

Setelah diketahui spesifikasi masukan atau keluaran juga hal-hal yang berkaitan dengan instalasi, perlu juga mengetahui alokasi bit *Internal Relay* (IR). Tabel 3 memperlihatkan alokasi *Internal Relay* (IR) pada MAD01.

Tabel 1: Spesifikasi Masukan MAD01

Range sinyal masukan	Tegangan masukan	0V s/d 10V atau +1V s/d +5V
	Arus masukan	4mA s/d 20mA
Resolusi	Tegangan masukan	1/256
	Arus masukan	1/256
Akurasi	Tegangan masukan	1.0 % max (skala maksimum)
	Arus masukan	1.0 % max (skala maksimum)
Sinyal masukan maksimal	Tegangan masukan	± 15V kontinyu
	Arus masukan	30mA kontinyu

Tabel 2: Spesifikasi Keluaran MAD01 (www.omron.com.au)

Range sinyal keluaran	Tegangan keluaran	0V s/d 10V atau -10V s/d +10V
	Arus keluaran	4mA s/d 20mA
Resolusi	Tegangan keluaran	1/256 (0V s/d 10V)
	Tegangan keluaran	1/512 (-10V s/d 10V)
	Arus keluaran	1/256
Akurasi	Tegangan keluaran	1.0 % max (skala maksimum)
	Arus keluaran	1.0 % max (skala maksimum)

Tabel 3: Alokasi IR pada MAD01 (www.omron.com.au)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
s/b	x	x	x	x	x	x	x	d	d	d	d	d	d	d	d

Keterangan Table 3:

- Bit 0 s/d 7 : bit data
- Bit 8 s/d 14 : bit tidak digunakan
- Bit 15 : s adalah *sign bit*; jika 0 tegangan keluaran positif, kalau 1 keluaran negatif
: b adalah *broken wire bit*; jika 0 maka tidak ada kerusakan, kalau 1 ada kerusakan.

Untuk dapat membaca tegangan masukan, maka pada MAD01 perlu diketahui alokasi *channel* yang akan digunakan. Alokasi *channel* MAD01 yang diberikan tergantung dengan jumlah I/O pada PLC yang digunakan, seperti yang ditunjukkan Tabel 4 di bawah ini.

Langkah selanjutnya menempatkan MAD01 tersebut pada *range* yang di kehendaki. *Setting range* diberikan saat inisialisasi MAD01. *Setting range* MAD01 ditunjukkan pada Tabel 5.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Implementasi Alat

Timbangan dibuat dengan sistem pengungkit dengan beban akan menumpu langsung pada *loadcell*.

Pada titik berat pengukit digunakan sepasang *bearing* untuk memperkecil gesekan sehingga pengukuran lebih baik. Hal ini dilakukan karena menyesuaikan bentuk dan ukuran *loadcell*.

Pada bagian tampungan obat, obat dikeluarkan dengan menggunakan katup yang digerakkan oleh sebuah motor DC. Katup akan membuka dan obat akan mengalir ke dalam gelas ukur sampai berat yang di diinginkan (diprogram) terpenuhi, kemudian katup akan menutup. Putaran motor bolak-balik untuk mengontrol katup tampungan obat diatur menggunakan relay. Obat yang sudah ditakar akan berputar mengikuti gerak meja dan akan diisi gelas takar baru dari tampungan gelas takar untuk takaran selanjutnya.

Ada empat posisi pada meja putar yang dilalui gelas takar, dan tiga diantaranya terpasang sensor LDR yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan gelas takar. Hasil implementasi sensor LDR bisa dilihat pada Gambar 10 yaitu dengan cara dibenamkan pada alas meja putar.

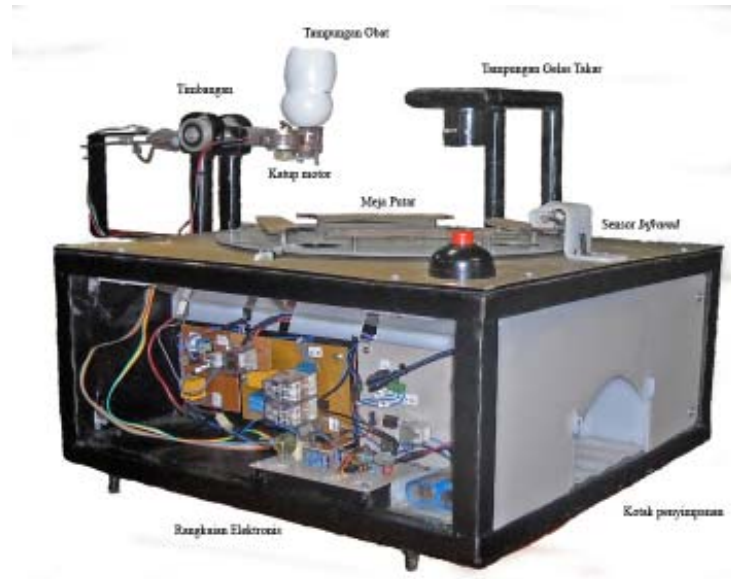
Gelas takar yang sudah terisi serbuk obat akan terus berputar sampai melalui lubang penyimpanan. Saat melewati lubang penyimpanan gelas takar akan masuk ke kotak penyimpanan.

Tabel 4: Alokasi *Channel*/MAD01[5]

CPU	<i>Channel</i> Keluaran MAD01	<i>Channel</i> Masukan 1 MAD01	<i>Channel</i> Masukan 2 MAD01
10CDx	11	1	2
20CDx	11	1	2
30CDx	12	2	3
40CDx	12	2	3

Tabel 5: *Setting Range* MAD01[5]

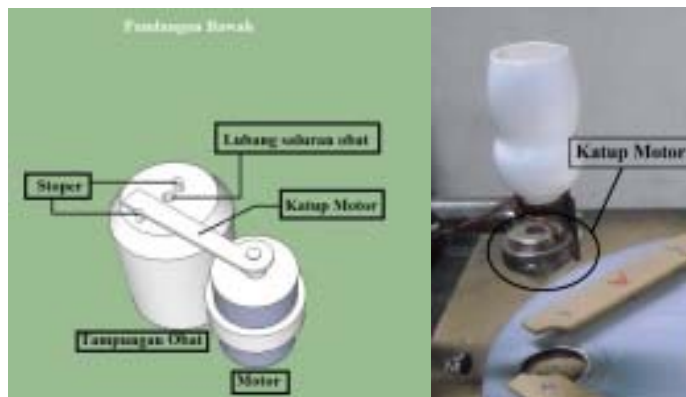
Kode <i>Set Range</i>	Keluaran	Masukan 1	Masukan 2
FF00	0-10V/4-20mA	0-10V	0-10V
FF01	-10-10V/4-20mA	0-10V	0-10V
FF02	0-10V/4-20mA	1-5V/4-20mA	0-10V
FF03	-10-10V/4-20mA	1-5V/4-20mA	0-10V
FF04	0-10V/4-20mA	0-10V	1-5V/4-20mA
FF05	-10-10V/4-20mA	0-10V	1-5V/4-20mA
FF06	0-10V/4-20mA	1-5V/4-20mA	1-5V/4-20mA
FF07	-10-10V/4-20mA	1-5V/4-20mA	1-5V/4-20mA



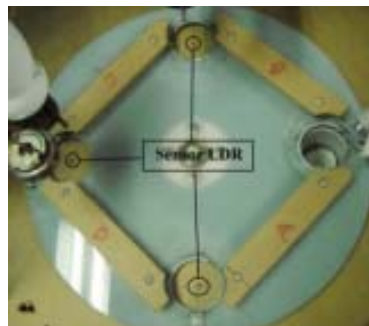
Gambar 7. Hasil Implementasi Alat



Gambar 8. Diagram Kerja Sistem Takar Obat Serbuk



Gambar 9. Desain dan Hasil Implementasi Katup Menggunakan Motor DC



Gambar 10. Posisi Penempatan Sensor Cahaya Menggunakan LDR



Gambar 11. Kotak Penyimpanan

5.2 Hasil Pengujian

5.2.1 Pengujian Loadcell

Output tegangan dari *loadcell* tanpa rangkaian penguat sangat kecil. Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian *loadcell* dengan menggunakan beberapa beban tanpa rangkaian penguat. *Loadcell* menggunakan sumber tegangan 5V.

mencoba dengan beban 160,5 gram dan hasilnya output rangkaian penguat adalah saturasi.

5.2.3 Pengukuran Linearitas

Pengukuran linearitas digunakan grafik dan dihitung persamaan beban terhadap output dan bisa langsung dilihat *koefisien korelasi* yang menunjukkan

Tabel 6: Data Pengujian Awal *Loadcell*

Beban uji (gram)	Output <i>loadcell</i> (mV)
Tanpa beban	0,20
10,2 (obat)	0,23
20,4 (obat)	0,26
30,6 (obat)	0,29
40,8 (obat)	0,32
51 (obat)	0,35
99,2(<i>Handphone</i>)	0,47
150,1(<i>Gula</i>)	0,65



Gambar 12. Diagram Blok Rangkaian Penguat *Loadcell*

5.2.2 Pengujian *loadcell* yang Sudah Dikuatkan dengan Rangkaian Penguat

Karena output *loadcell* sangat kecil sehingga ditambahkan rangkaian penguat agar outputnya cukup untuk digunakan sebagai input pada kontroler. Gambar 12 merupakan diagram blok kerja rangkaian pengkondisi sinyal *loadcell*.

Hasil pengujian rangkaian penguat *loadcell* dapat dilihat pada Tabel 7.

Dari data pengujian Tabel 7 beban maksimal yang masih dapat dibaca adalah 150,1 gram, penulis

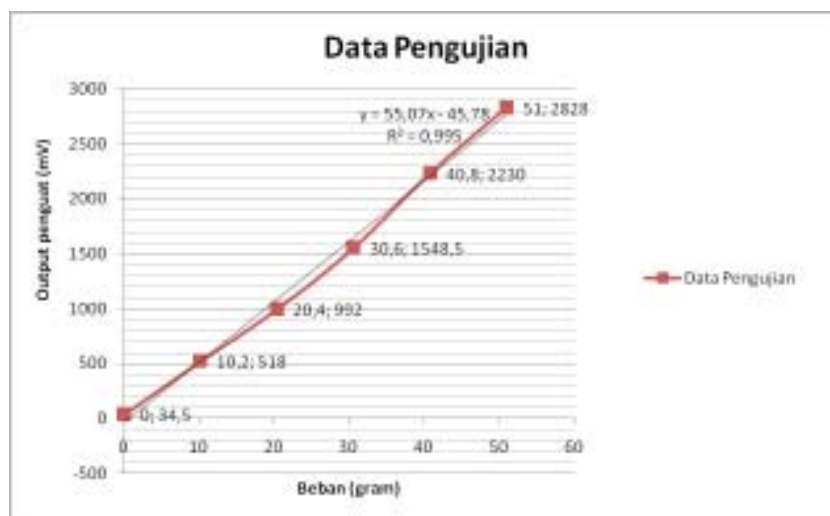
linearitas output *loadcell*. Grafiknya dapat dilihat pada Gambar 13.

Dari Gambar 13 dapat dilihat dua hasil yaitu persamaan garis data pengujian dan nilai *koefisien korelasi*. Semua data input grafik mengacu pada tabel pengujian output penguat pada Tabel 7. Persamaan yang dihasilkan pada gambar grafik adalah seperti pada persamaan (7).

$$Y = 55,07 X - 45,786 \quad (7)$$

Tabel 7: Hasil Pengujian Rangkaian Penguat *Loadcell*

Beban (gram)	Output <i>Loadcell</i> (mV)	Output Penguat (mV)	Rata-rata Output (mV)	Output Tanpa <i>Offset</i> (mV)
Tanpa beban	0,20	23 s/d 46	34,5(<i>offset</i>)	0
10,2	0,23	512 s/d 524	518	483,5
20,4	0,26	986 s/d 998	992	957,5
30,6	0,29	1546 s/d 1551	1548,5	1514
40,8	0,32	2219 s/d 2241	2230	2195,5
51	0,35	2822 s/d 2834	2828	2793,5
99,2	0,47	5481 s/d 5504	5492,5	5458
150,1	0,65	8207 s/d 8223	8215	8180,5
160,5	0,69	8521 (Saturasi)		

Gambar 13. Grafik *Linearita Output Penguat Loadcell*

Sumbu Y adalah output tegangan rangkaian penguat dan sumbu X adalah beban. Kemudian nilai *koefisien korelasi* adalah 0,9951 atau kalau diubah menjadi persen menjadi 99,51%.

5.2.4 Pengujian Ketelitian

Dari pengujian Tabel 8 dapat dilihat pada beban 521 mg s/d 761 mg *output* penguat tidak mengalami

perubahan yang berarti dan lebih dikarenakan pengaruh dari osilasi. Jika melihat pada tabel 2.2 maka resolusi input MAD01 hanya sebesar 1/256 dari tegangan maksimum penguat (saturasi) yaitu seperti Tabel 7 sebesar 8521 mV. Perhitungannya resolusi input MAD01 adalah 8521/256 yaitu sebesar 33,28 mV. Dengan begitu MAD01 akan membaca kenaikan input setiap 33,28 mV dan itu berarti jika melihat hasil

Tabel 8: Data Pengujian Ketelitian dengan Beban Kecil

Beban (mg)	<i>Output Penguat</i> (mV)	Rata-rata <i>Output</i> (mV)	Kenaikan <i>Output</i>
Tanpa beban	34 s/d 78	56,0	Tidak ada
251	37 s/d 76	56,5	0,5
521	36 s/d 79	57,5	1,5
761	45 s/d 91	68,0	12,0
1052	78 s/d 119	98,5	42,5
2580	153 s/d 197	175,0	119,0

pada Tabel 8 maka timbangan tidak berhasil mencapai ketelitian *milligram*.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil implementasi dan analisa sistem takar obat serbuk yang digunakan sebagai sistem konstruksi *hardware* dan timbangan ini dapat disimpulkan beberapa hal, diantaranya adalah:

- 1) *Loadcell* dan rangkaian penguat sebagai timbangan sudah bekerja dengan ketelitian sampai satuan gram dengan tingkat *linearitas* 99,51%.
- 2) Semua *output* sensor seperti sensor LDR, sensor *infrared* dan juga *limitswitch* bekerja dengan baik sebagai input PLC.
- 3) Mekanisme lain seperti meja putar dan kotak penyimpanan berfungsi dengan baik.

- 4) Tampungan obat dan katup motor berfungsi kurang baik, hal itu terjadi bila sebuk terlalu lembut karena banyak yang melekat pada dinding tampungan dan menyebabkan macet. Pada pengujian dengan serbuk kristal tampungan beserta katup bekerja dengan baik.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian banyak sekali bagian yang perlu perbaikan dan pengembangan lebih lanjut. Saran untuk pengembangan:

- 1) Gunakan *loadcell* yang lebih teliti dan sensitif.
- 2) Penelitian lanjutan untuk rangkaian pengkondisi sinyal dan osilasi.
- 3) Sistem timbangan dibuat lebih bagus dan presisi, juga membuat penutup pada bagian timbangan khususnya *loadcell* untuk menghindari pengaruh beban dari luar seperti hembusan angin atau semacamnya.
- 4) Gunakan bahan dan rancangan sudut yang lebih baik untuk desain tampungan obat.

DAFTAR PUSTAKA

Sugijanto, Lulut. 2009. *Uji Keseragaman Bobot dan Keseragaman Kadar Sediaan Pulveres yang Dibuat Apotek di Yogyakarta*.

L.A. Bryan, EA, Bryan. *Programmable Controller: Theory and Implementation 2nd*. Industrial Text Company Publication. Atlanta-Georgia, USA.

Mancini, Ron. 2002. *Op Amps for Everyone 2nd Edition*. Texas Instrument. Dallas, Texas, USA.

RICE LAKE Weighing System. *Loadcell Handbook: A Comprehensive Guide to Loadcell Theory, Construction, and Use*. Wiscosin, USA.

www.omron.com.au, diakses Desember 2015