

PERANCANGAN PENGENDALIAN BERAT BAHAN PADA PROSES MIXING MESIN PEMBUAT PUPUK KOMPOS DENGAN MENGGUNAKAN LOAD CELL BERBASIS PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL)

Eva Damayanti
Jurusan Teknik Otomasi – Politeknik TEDC Bandung
E-mail: vaddel_eva@yahoo.com

Abstrak

Dalam dunia industri alat ukur selalu dibutuhkan untuk menjalankan segala aktifitas pekerjaan, salah satunya alat ukur berat. Dengan adanya alat ukur berat ini maka berat beban dari bahan atau material yang nantinya diproses bisa diketahui beratnya. Namun selama ini alat ukur berat yang telah ada dan digunakan harganya relatif mahal. Sehingga dalam penelitian ini dibuat rancang bangun alat ukur berat menggunakan *Load Cell* kapasitas 250 kg, yang mempunyai nilai ekonomis lebih rendah. *Load Cell* merupakan peralatan elektro-mekanik yang biasanya disebut *transducer*, yaitu gaya yang bekerja berdasarkan prinsip *deformasi* sebuah material akibat adanya tegangan mekanik yang bekerja, kemudian merubah gaya mekanik menjadi sinyal listrik. Sinyal listrik tersebut kemudian diolah oleh mikrokontroler menggunakan rangkaian DAC (*Digital To Analog Converter*) sehingga menghasilkan tegangan analog. Tegangan analog yang dihasilkan digunakan oleh PLC CP1E-NA20DR-A untuk mengolah data dan membaca berat dari bahan pupuk kompos. Untuk memonitoring dan *interface control* pada sistem ini digunakan CX-Supervisor, sehingga semua kejadian yang terjadi pada sistem dapat langsung terkontrol dan termonitoring secara *realtime*. Pada perancangan pengendalian miniatur berat bahan pupuk kompos ini, bahan dari pupuk yang digunakan adalah sampah-sampah organik dengan berat bahan yang dibutuhkan adalah maksimum 1 kg.

Kata kunci : *Load Cell*, Berat bahan, PLC

Abstract

In the world of industrial measuring tools are always required to execute all work activities, one of them measuring tools heavy. With the measuring instrument is the heavy weight of the material or material that can be processed later known weight. But this time the weight measuring instrument that has been around and used relatively expensive. So in this study is made of heavy gauge design tool using load cell capacity of 250kg, which has a lower economic value. Load cell is an electro-mechanical equipment which is usually called a transducer, the force acting on the principle of deformation of a material due to the mechanical stress that is working, then change the mechanical force into electrical signals. The electrical signal is then processed by a microcontroller using a DAC (Digital To Analog Converter) circuit that produces an analog voltage. The resulting analog voltage used by PLC CP1E-NA20DR-A to process data and to read the weight of the fertilizer compost. To monitor and control the system interface is used CX-Supervisor, so that all the events that occur in the system can be directly controlled and termonitoring in realtime. In designing a miniature control the weight of compost, the material of fertilizer used is organic waste to the weight of the material needed is a maximum of 1 kg.

Key words: Load Cell, Heavy materials, PLC

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pada era sekarang ini, kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang sangat pesat terutama pada perkembangan sistem otomasi. Akan tetapi sebagian produksi masih menggunakan sistem manual pada prosesnya.

Kemajuan teknologi ini membawa perubahan pada peralatan-peralatan yang dulunya bekerja secara *analog* mulai dikembangkan dengan teknik *digital*, dan bahkan yang bekerja secara *manual* mulai banyak dikembangkan secara *otomatis*.

Alat dan mesin pembuatan pupuk kompos secara *otomatis* jarang didapatkan. Karena keterbatasan alat, sehingga masyarakat masih menggunakan sistem *manual* dimana dalam proses ini membutuhkan waktu cukup lama yaitu antara 2-4 minggu. Ini diakibatkan karena kurangnya pemahaman tentang pengolahan dan kriteria pupuk yang baik, salah satunya adalah kesesuaian antara bahan adiktif yang ditambahkan dengan banyaknya bahan pupuk kompos yang digunakan. Oleh karena itu, kami mencoba membuat suatu alat dengan kemampuan memproses pupuk jadi, yaitu antara 5-7 hari dengan cara mengatur semua parameter yang menunjang percepatan dalam pembuatan pupuk kompos, salah satunya adalah pengendalian berat bahan pupuk kompos. Ini dikarenakan jumlah takaran untuk bahan adiktif mengikuti berapa berat bahan pupuk yang ada. Oleh karena itu digunakan sensor berat yaitu *Load Cell* untuk mempermudah pengukuran dan pengendalian berat bahan pupuk kompos.

Loadcell merupakan *transduser* yang digunakan untuk mengubah *deformasi* tekanan menjadi sinyal listrik, yang biasanya terdiri dari empat buah *strain gauge* dengan variasi resistansi dalam konfigurasi jembatan *wheatstone*. *Loadcell* ini memiliki kelebihan dengan *output* berupa sinyal listrik dan memiliki daya akurasi yang cukup tinggi sehingga mempermudah pengolahan data. Selain itu dapat digunakan dalam pengukuran beban-beban yang ringan. Agar sistem ini dapat bekerja sesuai dengan apa yang diharapkan, maka diperlukan pengontrolan yang lebih baik, terutama harus mempunyai keandalan yang tinggi. Sistem pengontrolan yang banyak diterapkan saat ini menggunakan sistem pengendalian berbasis *Programmable Logic Controller (PLC)* dan *Mikrokontroler*. Kedua sistem ini memberikan kemudahan dalam melakukan pengontrolan. Cara kerja setiap *Input/Output Interface* dihubungkan pada *Sensor/Actuator* dan dikontrol dengan program kontrol yang ditransfer kedalam PLC.

Berdasarkan latar belakang masalah dalam penulisan ini, maka penulis berkeinginan untuk mengkaji permasalahan pada sistem kendali mesin pembuat pupuk kompos melalui penulisan penelitian dengan judul "PERANCANGAN PENGENDALIAN BERAT BEBAN PADA PROSES *MIXING* MESIN PEMBUAT PUPUK KOMPOS DENGAN MENGGUNAKAN *LOAD CELL* BERBASIS PLC (*PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL*)".

1.2 Tujuan

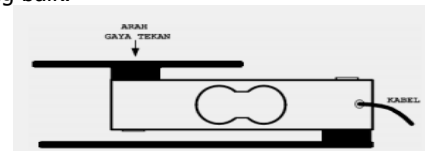
Perumusan permasalahan dalam perancangan penelitian ini adalah:

- Merancang dan membuat sistem kendali *otomatis* mesin pembuat pupuk kompos menggunakan PLC
- Mempercepat proses pembuatan pupuk kompos dengan waktu 5-7 hari, agar dapat membantu mengurangi penumpukan sampah organik dan agar sampah tersebut memiliki nilai lebih
- Mengendalikan semua sub sistem yang terdapat pada mesin pembuat pupuk kompos agar dapat menghasilkan pupuk kompos yang baik dan cepat, dan disini penulis hanya mengendalikan pada sub sistem proses *mixing* yaitu pengendalian berat bahan pupuk kompos.
- Untuk memenuhi salah satu syarat akademik dalam peningkatan Dosen dalam pengurusan Jabatan Fungsional Program Studi Teknik Otomasi Industri di Politeknik TEDC Bandung

2. Landasan teori

2.1 Load cell

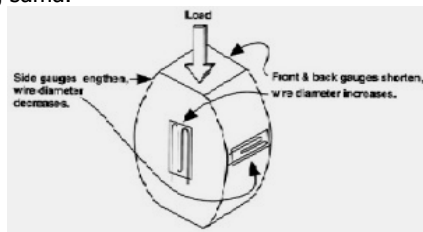
Load cell adalah sebuah alat uji perangkat listrik yang dapat mengubah suatu energi menjadi energi lainnya yang biasa digunakan untuk mengubah suatu gaya menjadi sinyal listrik. Perubahan dari satu sistem ke sistem lainnya ini tidak langsung terjadi dalam dua tahap saja tetapi harus melalui tahap-tahap pengaturan mekanikal, kekuatan dan energi dapat merasakan perubahan kondisi dari baik menjadi kurang baik.



Gambar 1. Load cell tampak samping

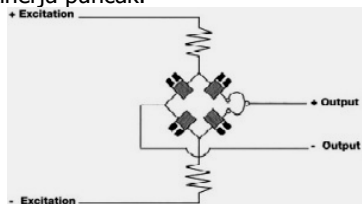
Kita bisa mengambil strain gauge dan teori-teori jembatan *wheatstone* dan menggunakannya untuk membangun sebuah *load cell*. Seperti berat ditempatkan diatas garis, panjang garis akan menurun. Garis ini juga akan menjadi "gemuk" atau menonjol keluar. Dua strain pengukur ditempatkan berlawanan satu sama lain untuk menanggapi secara

proporsional terhadap perubahan panjang tersebut. Dua alat pengukur lainnya ditempatkan pada sisi berlawanan dari garis dan merespon perubahan tonjolan garis itu. Sejak sepasang alat ukur regangan dipasang maka kawat menjadi lebih pendek, diameter kawat menjadi lebih besar dan mengurangi resistansi mereka. Yang lainnya sepasang pengukur regangan diposisikan yang akan memperpanjang kabel tersebut, sehingga akan menurunkan diameter dan meningkatkan resistansi kawat tersebut. Jika kita menggantungkan berat yang sama dari bagian bawah garis, bukan menekan garis, kita akan menempatkan ketegangan/stress di atasnya. Alat pengukur garis dan regangan akan bertindak dalam arah yang berlawanan tapi masih dalam peregangan dan penekanan kabel dengan jumlah yang sama.



Gambar 2. Ilustrasi kerja Load cell

Kita bisa ukur regangan kawat tersebut kekonfigurasi jembatan wheatstone. Kita juga bisa mengkalibrasi am-meter untuk membaca dalam kilogram bukannya ampere. Akibatnya, kita bisa benar-benar memiliki timbangan/skala. Tentu saja ini adalah kasar, timbangan/skala yang sangat tidak akurat. Hal ini dimaksudkan untuk menunjukkan prinsip dasar Load cell. Load cell dibuat dalam berbagai bentuk dan konfigurasi. Ukuran alat strain ditempatkan secara strategis untuk kinerja puncak.



Gambar 3. Ilustrasi kerja jembatan wheatstone

2.2 Kompos

Kompos adalah hasil penguraian parsial/tidak lengkap dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembap, dan aerobik atau enaerobik (Modifikasi dari J.H. Crawford, 2003).

Sedangkan pengomposan adalah proses dimana bahan organik mengalami penguraian secara biologis, khususnya oleh mikroba-mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Membuat kompos adalah mengatur dan mengontrol proses alami tersebut agar kompos dapat terbentuk lebih cepat. Proses ini meliputi membuat campuran bahan yang seimbang, pemberian air yang cukup, pengaturan aerasi, dan penambahan aktivator pengomposan. Tabel kondisi yang optimal untuk mempercepat proses pengomposan (Ryak, 1992)

Tabel 1. Kondisi pupuk yang baik

Kondisi	Kondisi yang bisa diterima	Ideal
Rasio C/N	(20-40) : 1	(25-35) : 1
Kelembapan	(40-65)%	(45-62)% berat
Konsentrasi oksigen tersedia	>5%	>10%
Ukuran partikel	1 inchi	Bervariasi
Bulk Density	1000 lbs/cu yd	1000 lbs/cu yd
pH	5.5-9.0	6.5-8.0
Suhu	(43-60) °C	(54-60) °C

2.3 PLC

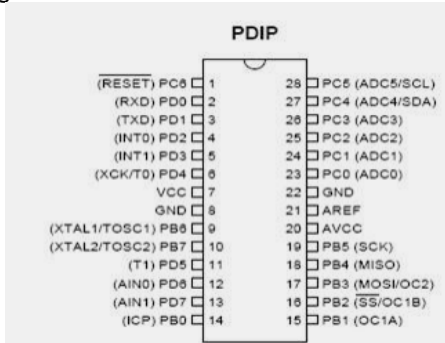
PLC berdasarkan dari kata *Programmable Logic Controller*. *Programmable* merupakan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat dan dengan mudah diubah-ubah fungsi atau kegunaannya. *Logic* merupakan kemampuan dalam memproses *input* secara aritmatik dan logic (ALU), yaitu melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi, negasi, AND, OR, dan lain sebagainya. *Controller* merupakan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan output yang diinginkan.

2.4 Mikrokontroler ATMEGA 8

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 register *general-purpose, timer/counter* fleksibel dengan *mode compare, interrupt internal* dan *eksternal, serial USART, Programmable Watchdog Timer, dan mode power saving*. Beberapa diantaranya mempunyai ADC dan PWM *internal*. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang mengijinkan memori program untuk deprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI. ATMEGA 8 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit daya rendah berbasis arsitektur RISC yang ditingkatkan. Kebanyakan instruksi dikerjakan pada satu siklus *clock*, ATMEGA 8 mempunyai *throughput* mendekati 1 MPS per MHz membuat disain dari

sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses.

Susunan pin-pin dari IC mikrokontroler ATMEGA 8 diperlihatkan pada gambar dibawah ini. IC ini tersusun dari 28 pin yang memiliki beberapa fungsi tertentu.



Gambar 4. Susunan Pin Mikrokontroler ATMEGA 8

2.5 Motor DC

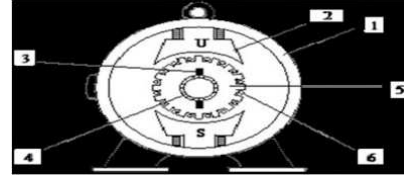
Motor arus searah (motor DC) telah ada selama lebih dari seabad. Keberadaan motor DC telah membawa perubahan besar sejak dikenalkan motor induksi, atau terkadang disebut AC Shunt Motor.

Motor DC telah memunculkan kembali *Silicon Controller Rectifier* yang digunakan untuk memfasilitasi kontrol kecepatan pada motor.

Mesin listrik dapat berfungsi sebagai motor listrik apabila didalam motor listrik tersebut terjadi proses konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik.

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakkan kompresor dan mengangkat bahan.

Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, *fan* angin) dan di industri. Motor listrik terkadang disebut "kuda kerja" nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri. Sedangkan untuk motor DC itu sendiri memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan jangkar dan kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Pada motor DC kumparan medan disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Bagian-bagian motor DC :



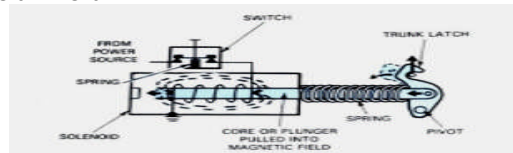
Gambar 5. Bagian-bagian motor DC

Keterangan :

1. badan mesin
2. inti kutub magnet dan belitan penguat magnet
3. sikat-sikat
4. komutator
5. jangkar
6. belitan jangkar

2.6 Solenoid

Solenoid adalah peralatan yang dipakai untuk mengkonversi sinyal elektrik atau arus listrik menjadi gerak mekanik.



Gambar 6. Contoh penggunaan solenoid

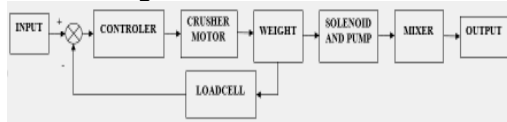
Gambar 6, menunjukkan contoh salah satu kegunaan solenoid. Arus elektrik akan mengalir melalui belitan solenoid dan menghasilkan medan magnet. Medan magnet ini akan menolak teras kedalam belitan menyebabkan teras akan bersentuhan dengan titik sesentuh solenoid menjadikan litar tertutup dan arus boleh mengalir. Apabila arus diputuskan dari pada belitan solenoid, tindakan spring akan membolehkan teras kembali pada kedudukan asalnya.

3. Perancangan sistem

3.1 Tinjauan umum

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai perancangan sistem pengendalian berat bahan pada proses *mixing* mesin pembuat pupuk kompos. Dalam perancangan dan pembuatan sistem ini, komponen utama yang digunakan adalah *Load Cell*, PLC, cairan EM4, kotoran hewan (kambing), dan gula. Dimana *Load Cell* berfungsi sebagai pendeteksi perubahan berat, PLC berfungsi sebagai pengendali utama dalam sistem, cairan EM4 berfungsi mengaktifkan bakteri pelarut dan meningkatkan kandungan humus tanah sehingga mampu memfermentasikan bahan organik, kotoran hewan (kambing) berfungsi meningkatkan kandungan unsur hara yang dibutuhkan tanaman, dan gula untuk menghidupkan bakteri.

3.2 Blok Diagram Sistem



Gambar 7. Blok diagram sistem proses *mixing*

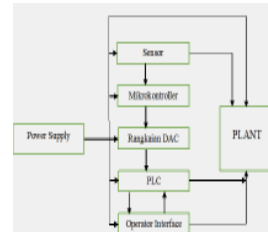
Berikut penjelasan dari blok diagram diatas :

1. *Input*, kondisi awal dari alat
2. *Controller*, suatu sistem yang mengatur dan mengontrol kerja dari *actuator*
3. *Crusher motor*, suatu *actuator* yang berfungsi untuk memotong dan menghancurkan bahan organik
4. *Solenoid and pump*, berfungsi untuk mengeluarkan bahan adiktif yaitu gula dan cairan kimia EM4
5. *Load cell*, berfungsi sebagai sensor yang membaca berat sampah yang ada pada tangki *mixing*
6. *Mixer*, sebagai *actuator* yang berfungsi untuk mengaduk dan mencampur bahan adiktif yang telah dicampurkan hingga merata
7. *Output*, kondisi kerja sistem pada proses *mixing*

3.3 Perancangan sistem kendali berat bahan pada proses *mixing*

Dalam perancangan sistem ini, bertujuan untuk dapat menghasilkan tegangan *analog* yang dihasilkan oleh *load cell* sehingga sesuai dengan kebutuhan *analog* PLC. Untuk itu, tegangan *supply* harus benar-benar sesuai dengan kebutuhan *hardware* yang digunakan, baik itu *power supply*, *Load Cell*, mikrokontroler maupun PLC. Untuk mendapatkan tegangan *analog* yang kita inginkan, yang harus dilakukan adalah :

1. Semua inputan tegangan sudah terhubung pada komponen *hardware* seperti mikrokontroler, *transducer Load cell*, dan PLC
2. Agar *Load Cell* dapat bekerja, *supply* tegangan *input* diambil dari *transducer Load Cell* dan *output Load Cell* ke mikrokontroler agar data berat bahan pupuk kompos dapat diolah oleh mikrokontroler sehingga nilai berat dapat ditampilkan ke 7-segment dan output mikrokontroler dalam bentuk digital diolah oleh rangkaian R2R
3. Rangkaian R2R berfungsi untuk mengubah nilai dalam bentuk *digital* menjadi *analog*
4. Karena tegangan *analog* dari rangkaian R2R masih kecil, sehingga dibutuhkan rangkaian *Op-amp* dan *buffer* agar tegangan dan arusnya dikuatkan demi memenuhi kebutuhan tegangan *analog* PLC

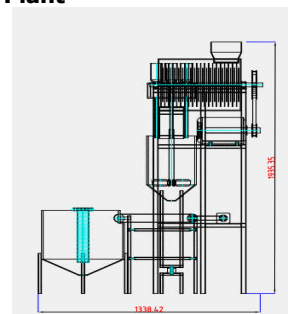


Gambar 8. Perancangan pengendalian berat bahan pupuk kompos

Berikut adalah penjelasan tentang blok diagram diatas:

1. Setiap blok rangkaian akan bekerja apabila mendapat sumber tegangan dari *power supply*
2. Sensor digunakan untuk mendeteksi setiap perubahan yang berada di lingkungan. Pada sistem ini *Load Cell* digunakan untuk membaca berat bahan pupuk kompos yang terdapat pada tangki *mixing*
3. Mikrokontroler digunakan untuk memproses sinyal yang dihasilkan *Load Cell* dan mengolahnya dalam program. Selain itu, *output* dari mikrokontroler akan menjadi *display* yang ditampilkan oleh 7-segment
4. Rangkaian DAC (*Digital To Analog Converter*) digunakan untuk mengolah data yang dihasilkan oleh 8 *port output* mikrokontroler, karena yang digunakan adalah DAC 8 bit. Dari rangkaian DAC ini akan dihasilkan *output* berupa tegangan *analog*.
5. *Input Analog* PLC digunakan untuk mengolah sinyal tegangan *analog* yang dihasilkan sensor. *Output* PLC digunakan untuk mengontrol komponen *output* sesungguhnya seperti motor, dan solenoid.
6. *Operator Interface* digunakan untuk mengontrol dan memonitoring semua kegiatan yang terdapat pada sistem. Mulai dari mengaktifkan kontrol, menjalankan sistem, dan memonitoring sistem

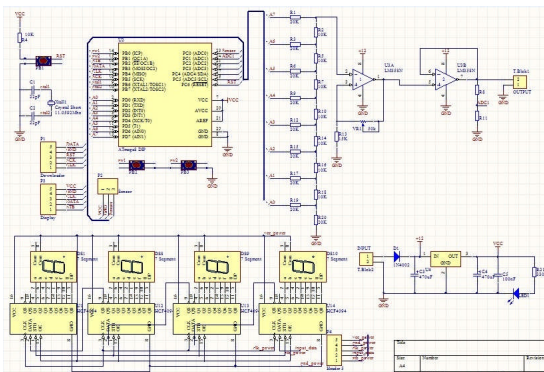
3.4 Sketsa Plant



Gambar 9. Tampak mekanis mesin

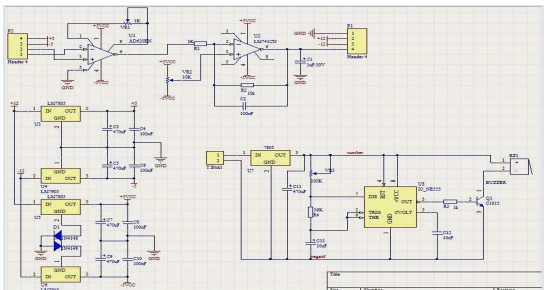
3.5 Rangkaian Transmitter dan Transducer Load Cell

Rangkaian *transmitter* digunakan untuk mengubah *Load Cell* yang mengeluarkan sinyal dalam besaran waktu menjadi sinyal *analog* berupa tegangan yang diolah melalui program mikrokontroler dan rangkaian DAC (*Digital To Analog Converter*). Dengan menggunakan pengolahan data pada mikrokontroler dan rangkaian DAC 8 bit diharapkan hasil tegangan dapat akurat dan linier dari setiap perubahan berat bahan pupuk kompos.



Gambar 10. Rangkaian transmitter *load cell*

Berikut adalah rangkaian transducer dari *load cell*



Gambar 11. Rangkaian Transducer *Load cell*

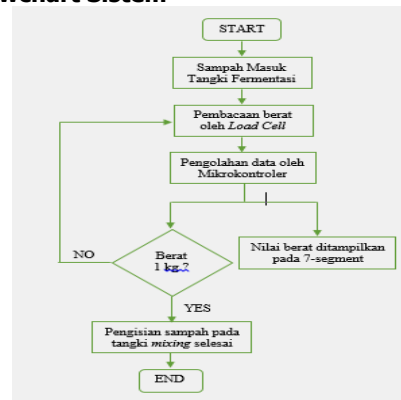
3.6 Cara kerja alat

Pada sistem pembuatan pupuk kompos yang secara otomatis, terdapat 3 sub sistem yang memiliki parameter masing-masing dan setiap sub sistem memiliki peran dan fungsi masing-masing, dimana semuanya terintegrasi satu sama lain dengan suatu algoritma kontrol. Namun penulis hanya akan membahas sub sistem yang kedua mengenai pengendalian berat bahan pupuk kompos pada tangki *mixing* yang diperoleh dari berat yang disensing oleh *Load Cell*.

Step operasi dari sub sistem pengendalian berat bahan pupuk kompos pada tangki *mixing* adalah sebagai berikut:

1. Pada kondisi awal *pin* mikrokontroler yang digunakan sebagai jalur data sensor dijadikan *output*. Kemudian Mikrokontroler memberikan pulsa *trigger*. Setelah memberikan *trigger*, *pin* tersebut dijadikan *input*.
2. Setelah data diterima oleh mikrokontroler, maka data tersebut akan diolah dalam mikrokontroler melalui pin ADC PC1
3. Output sensor yang awalnya berbentuk tegangan *analog*, saat masuk ke mikrokontroler diubah menjadi *digital*, perubahan disini bertujuan agar nilai berat bahan pupuk kompos pada tangki *mixing* dapat diketahui dengan cara ditampilkan pada *7-Segment*
4. Setelah data selesai diolah, data dikeluarkan melalui pin mikrokontroler (PD0-PD7) lalu masuk ke rangkaian DAC R2R untuk diubah yang awalnya digital menjadi analog, perubahan disini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan *analog* PLC karena data yang masuk ke PLC hanya berupa tegangan *analog* bukan *digital*.
5. Karena berhubung tegangan output yang dihasilkan masih kecil (mV), maka digunakan rangkaian Op Amp untuk diaktifkan tegangannya dan sekaligus dikuatkan tegangannya selanjutnya masuk kerangkaian buffer untuk dikuatkan arusnya tanpa menguatkan tegangan.
6. Setelah melewati rangkaian Op Amp dan buffer, maka langsung dikoneksikan pada analog PLC (CIO90) dengan range tegangan 0-5V.

3.7 Flowchart Sistem



Gambar 12. Flowchart sistem

4. Implementasi dan pengujian

4.1 Implementasi Bentuk Alat

Implementasi sistem kendali pada perancangan plant proses pengendalian berat beban pada tangki *mixing* menggunakan *load cell* berbasis PLC dilakukan untuk merealisasikan desain perancangan bentuk alat

Penelitian plant proses *mixing* yang dikontrol secara otomatis beserta dengan pengujiannya.



Gambar 13. Implementasi Bentuk Alat

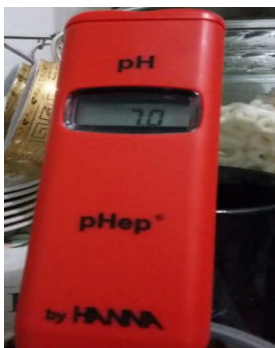
4.2 Pengujian pembuatan pupuk kompos pada kadar pH

Berikut komposisi pembuatan pupuk kompos secara otomatis

Tabel 2. Komposisi pembuatan pupuk kompos

No	Komposisi	Jumlah Takaran
1	Sampah organic	1 kg
2	Kotoran hewan (kambing)	250 gram
3	Cairan EM4 + air	(100+1000) ml
4	Gula pasir	200 gram

Dengan komposisi yang tertera diatas, kami melakukan analisis selama 5-7 hari terhadap kadar pH. Nilai pH yang telah dianalisis sebesar 7.0, sementara nilai ideal pH dari pupuk yang baik berkisar antara 6.5-8.0. Ini menunjukkan bahwa besarnya pH yang dihasilkan sudah cukup baik, namun pupuk yang dihasilkan belum bisa dikatakan baik ataupun digunakan oleh para petani karena kriteria pupuk yang baik belum terpenuhi semuanya.



Gambar 14. Hasil analisis kadar pH

4.3 Pengujian rangkaian *transmitter load cell* dan nilai data yang terbaca pada PLC

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui korelasi dan tingkat presisi rangkaian *transmitter Load Cell*. Pengujian ini meliputi pengukuran tegangan keluaran *transmitter load cell*, pengukuran berat bahan pupuk kompos, dan nilai data yang terbaca oleh PLC. Berikut adalah hasil pengukuran rangkaian *transmitter load cell* dan nilai data yang terbaca oleh PLC.

Tabel 3. Pengujian rangkaian *transmitter load cell* dan nilai data yang terbaca pada PLC

Level Actual (gram)	Vout (VDC)	Nilai Data
0	0	0
100-150	0,26	312
	0,30	360
200-250	0,5	678
	0,46	624
300-350	0,7	998
	0,76	1083
400-450	1,02	1279
	1,04	1304
500-550	1,39	1589
	1,3	1486
600-650	1,62	1942
	1,56	1870
700-750	1,88	2246
	1,86	2222
800-850	2,01	2605
	2,15	2746
900-950	2,30	2760
	2,28	2736
1000-1050	2,48	2976
	2,51	3012

Keterangan :

- Level actual = berat bahan pupuk kompos pada tangki *mixing*
- Vout = Output tegangan *transmitter*
- Nilai data = nilai hasil konversi hexa ke decimal yang terbaca oleh PLC

Analisis data :

Dari percobaan tersebut, nilai data yang dihasilkan berat bahan pupuk kompos pada tangki *mixing* adalah berkisar 0-1000 gram. Nilai desimal untuk range tegangan *analog* pada PLC yang kami *setting* antara 0-5 volt adalah 0-6000. Namun terdapat beberapa titik jarak yang tegangannya tidak stabil, hal itu dapat dilihat dari nilai data dan nilai tegangan yang dihasilkan berubah-ubah. Ini disebabkan karena sensor berat yang kami gunakan memiliki kapasitas 250 kg, sementara kami hanya menggunakan 1 kg saja dalam proyek penelitian kami ini.

Berikut adalah hasil perhitungan *manual* yang kami buat dalam program PLC menggunakan *software* CX Programmer antara berat bahan pupuk kompos pada tangki *mixing* yang didapat dengan menggunakan

Load Cell, besar tegangan output transmitter, dan nilai data yang terbaca pada PLC.

Tabel 4. Perhitungan manual program pada PLC

Level actual	Vout (VDC)	Nilai data
100	0,25	300
200	0,5	600
300	0,75	900
400	1	1200
500	1,25	1500
600	1,5	1800
700	1,75	2100
800	2	2400
900	2,25	2700
1000	2,5	3000

Dari hasil perhitungan diatas, setiap perubahan berat sebanyak 100 kg menghasilkan tegangan sebesar 0,25 volt. Nilai desimal untuk range tegangan analog antara 0-5 volt adalah 0-6000, yang berarti untuk setiap kenaikan 1volt adalah 300.

4.4 Pengujian rangkaian penguat tegangan output load cell dan nilai yang terbaca pada 7-segment

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui korelasi dan tingkat presisi rangkaian penguat tegangan output load cell. Pengujian ini meliputi pengukuran tegangan keluaran input dan output op amp, nilai yang tampil pada 7-segment. Berikut adalah hasil pengukuran rangkaian penguat tegangan output load cell

Tabel 5. Pengujian rangkaian penguat tegangan load cell

Level actual	In-	In+	Vin	Vout
100	0,002	0,001	0,001	0,1
200	0,004	0,002	0,002	0,2
300	0,006	0,003	0,003	0,3
400	0,0085	0,005	0,0035	0,35
500	0,010	0,006	0,0043	0,44
600	0,013	0,0075	0,0052	0,52
700	0,014	0,008	0,0061	0,61
800	0,017	0,010	0,007	0,7
900	0,019	0,011	0,0078	0,78
1000	0,021	0,012	0,0087	0,87

Keterangan :

Level actual = berat yang terbaca pada 7-segment (gram)

In- = inverting input (volt)

In+ = noninverting input (volt)

Vin = tegangan input op amp (volt)

Vout = tegangan output op amp (volt)

Dari hasil pengukuran diatas, output load cell pada berat 100 gram adalah 0,001V dan setelah dikuatkan menggunakan op amp, tegangan load cell menjadi 0,1 volt. Dan pada berat 1000 gram, output load cell menghasilkan tegangan sebesar 0,0087V dan setelah dikuatkan menggunakan op

amp, tegangan load cell menjadi 0,877V. Untuk kenaikan berat sebesar 100 gram, tegangan output load cell yang dihasilkan sebesar ±0,001V.

Berikut rumus mencari tegangan input op amp :

$$V_{in} = (In-) - (In+)$$

Berikut rumus mencari tegangan output op amp :

$$V_{out} = (V_{in}) \times (R_f)$$

Sebagai contoh, pada hasil pengukuran diatas, nilai ((in-) = (-0,002V)) dan ((In+) = (-0,001V)), tahanan referensi yang digunakan (Rf = -100), maka :

$$V_{in} = (In-) - (In+) \\ = (-0,002V) - (-0,001V) = (-0,001V)$$

Sehingga :

$$V_{out} = (V_{in}) \times (R_f) \\ = (-0,001) \times (-100) = 0,1V$$

4.5 Pengujian program kontrol (software) pada PLC

Pengujian PLC bertujuan untuk mengetahui kondisi program kontrol yang telah dibuat pada CX Programmer, apakah masih ada error atau tidak, selain itu juga pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah kondisi PLC dalam keadaan baik atau tidak, jika kondisi PLC dalam keadaan baik maka kita dapat langsung mendownload program kontrol yang telah kita buat.

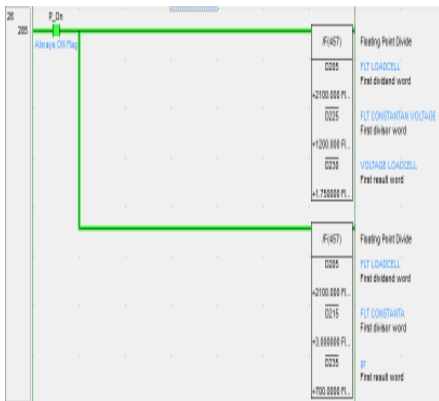
Selain itu, pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah hasil program yang telah dibuat sesuai dengan hasil pengukuran atau tidak. Berikut adalah salah satu contoh hasil analisis program dengan hasil pembacaan tegangan dan berat yang dihasilkan oleh Load Cell.



Gambar 15. Hasil pengujian program kontrol (software) pada PLC

Pada hasil pengujian diatas, didapatkan nilai berat sebesar 754 gram dengan besar tegangan output transmitter adalah 1,885 VDC. Ini menunjukkan bahwa program yang kami buat sudah sesuai, antara output

tegangan *transmitter* dan berat bahan pupuk kompos yang ada pada tangki *mixing*. Berikut adalah salah satu contoh hasil perhitungan manual dengan menggunakan *software CX Programmer*

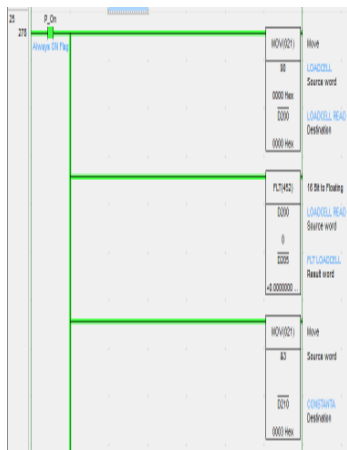


Gambar 16. pengujian dengan perhitungan manual pada PLC

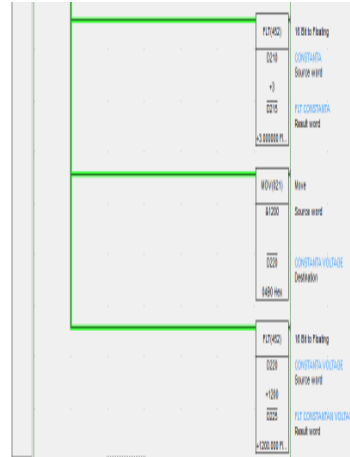
Pada hasil pengujian diatas, didapatkan nilai berat sebesar 700 gram dengan besar tegangan *output transmitter* adalah 1,75 VDC. Ini menunjukkan bahwa, program yang dibuat sudah sesuai dengan perhitungan yang telah kami hitung sendiri.

4.6 Pengujian program setting parameter ADC Load cell

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, tegangan dari *transmitter load cell* yang masuk ke *analog input channel 1* dengan alamat CIO90. Gambar 17. (a), (b), (c), (d) dan (e) berikut menunjukkan program *setting parameter ADC Load Cell*



Gambar 17 (a)



Gambar 17 (b)



Gambar 17 (c)



Gambar 17 (d)

