

KONTROL KECEPATAN WEIGH FEEDER PADA SISTEM KONVEYOR MENGUNAKAN METODE PID

Isac Ilham Akbar Habibi, Siswoko, Ratna Ika Putri

Weigh Feeder merupakan timbangan elektrik mekanis yang berbentuk konveyor yang mempunyai peranan penting dalam menentukan kualitas produk dalam sebuah industri. Dalam sistem weigh feeder ini terdapat load cell yang berperan sebagai alat penimbang, dan juga motor sebagai penggerak konveyor. Dalam penelitian kali ini saya menggunakan metode PID untuk menyelesaikan masalah pengaturan set point pada motor serta pengaturan kecepatan motor terhadap perubahan beban pada weigh feeder ini. Diharapkan pada metode ini dapat berjalan dengan baik sesuai dengan setpoint yang diberikan. Pada alat ini menggunakan mikrokontroler berupa Arduino. Prinsip kerja alat ini adalah dengan cara mengatur kecepatan motor pada set tertentu sehingga loadcell dapat membaca beban yang berada di atas konveyor dengan tepat, sehingga dihasilkan output yang sesuai. Dalam menentukan nilai PID yang tepat, dilakukan berulang kali percobaan try and error serta melakukan perhitungan. Akhirnya ditemukan nilai PID yang tepat sehingga motor dapat berputar dengan kecepatan yang sesuai setpoint. Nilai PID itu adalah $K_p=0,822$ $K_i=0,698$ $K_d=0,17$. Dalam prosesnya Loadcell akan membaca berat yang ada di atas konveyor sehingga dapat dihitung hasil total dari penjumlahan berat setiap sensing.

Kata Kunci : PID, Weighfeeder, Loadcell

I. PENDAHULUAN

Dalam industri semen, weigh feeder memegang peranan yang penting dalam menentukan kualitas produk yang dihasilkan. Pada prinsipnya weight feeder dapat dianggap sebagai suatu timbangan elektrik-mekanis berbentuk

konveyor yang secara otomatis menentukan berat material penyusun yang akan diumpangkan ke proses selanjutnya.[8] Sebagai contoh pada bagian pengolahan bahan mentah dalam industri semen, weigh feeder bertugas mencampur komponen penyusun semen seperti: batu kapur/limestone (80%), pasir silica (3%), pasir besi (1%), dan tanah liat/clay(16%), sebelum bahan-bahan itu diumpangkan ke kiln dan preheater untuk proses pemanasan lanjut. Sedangkan pada bagian finish mill, weight feeder bertugas mencampur material setengah jadi (clinker) (80%), tras (17%), gypsum (3%), sebelum material tersebut digiling di finish mill (tube mill). [10]

Karenanya maka kesalahan (ketidakakuratan) kerja weigh feeder dapat mengakibatkan mutu produk yang dihasilkan kurang baik, atau rusak. Sebaliknya respon weigh feeder yang akurat akan menghasilkan suatu komposisi bahan baku penyusun produk yang mendekati desain yang diinginkan, sehingga akan dihasilkan produk yang berkualitas baik pula.[6] ~!~ Oleh karena itu, kami akan merancang sebuah konveyor yang digerakkan oleh sebuah motor DC dimana kecepatan dari konveyor tersebut tergantung dari beban material yang ada di atas konveyor serta berapa berat total material yang diinginkan dalam satuan berat per waktu. Dan untuk proses monitoring akan ditampilkan dengan LCD serta pemberian set point dengan menggunakan keypad tapi kami juga akan menggunakan PC sebagai monitoring dan pemberian set point menggunakan visual basic sebagai programnya sehingga akan mengefisiensikan waktu. Dalam kasus ini kami menggunakan jagung sebagai media contoh dalam menjalankan system konveyor ini.

AI. TINJAUAN PUSTAKA

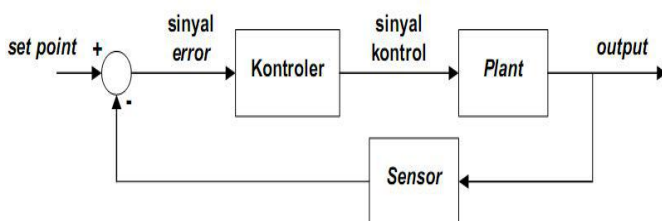
2.1 Weigh Feeder

Weigh Feeder adalah equipment yang digunakan untuk pengukuran jumlah massa total material yang mengalir (flow rate) pada sebuah Belt Conveyor. Tapi biasanya pada belt scale/weigher hanya menggunakan sistem open loop artinya hanya digunakan untuk pengukuran, karena biasanya material belt conveyor menuju ke penyimpanan sementara baik bin/silo sedangkan pada weigh feeder mengaplikasikan sistem closed loop karena biasanya weigh feeder digunakan untuk feeding/umpan sehingga diperlukan akurasi yang tinggi ke misal: kalau dipabrik semen raw mill feed, cement mill feed. Di mana data berat yang di dapat dari load cell dan kecepatan dari speed sensor/ Tachometer, dengan adanya umpan balik (feedback), data dari tersebut maka akan diproses menjadi error yang merupakan selisih antara kuantitas material yg diinginkan (settling point) dengan besaran yang terukur aktual .[10]

Error yang didapat akan menjadi masukan pada pengendali PID. Dimana PID akan mengendalikan VSD/Inverter yang akan mengatur kecepatan Belt. Vendor Controller yang digunakan seperti SCHENK dari Jerman atau Hasler dan masih banyak yang lainnya.[3]

2.2 Metode PID

PID (dari singkatan bahasa Inggris : Proportional-Integral-Derivative controller) merupakan sistem kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan adanya umpan balik pada sistem tersebut. Secara umum sistem umpan balik dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Sistem Umpan Balik

Set point merupakan keadaan tertentu yang ingin dicapai. Sensor berfungsi mendeteksi keluaran plant dan mengkonversikannya menjadi besaran dengan satuan yang sama seperti satuan set point. Keluaran sensor merupakan sinyal umpan balik (feedback)

yang akan dikurangkan dengan set point menghasilkan sinyal error. Jika satuan dari keluaran sudah sama dengan set point maka blok sensor dapat dihilangkan sehingga sinyal umpan balik (feedback) adalah keluaran plant. Sinyal error diproses oleh kontroler lalu menghasilkan sinyal kontrol yang diumpangkan ke plant, dengan tujuan agar keluaran dari plant sama dengan set point, yang berarti sinyal error bernilai (atau mendekati) nol. Dalam metode kontrol PID, sinyal kontrol dihasilkan dengan cara memperkuat sinyal error (*proportional*), mengintegrasikan sinyal error (*integral*), dan membuatnya sebanding dengan laju perubahan sinyal error itu sendiri (*derivative*). Kontroler yang melakukan mekanisme tersebut disebut dengan PID controller. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D supaya tanggapan sinyal keluaran pada sistem terhadap masukan tertentu sesuai seperti yang diinginkan.[5]

Karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi nilai dari ketiga parameter P, I dan D. Penyetelan konstanta K_p , T_i , dan T_d akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat disetel lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan.

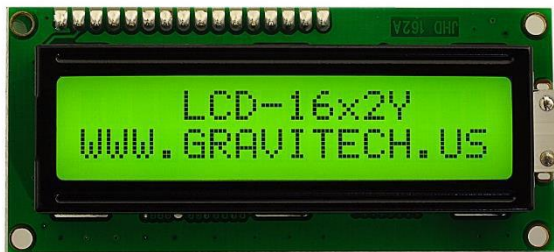
2.3 Load Cell

Load Cell merupakan komponen utama pada sistem timbangan digital. Bahkan tingkat keakurasian suatu timbangan digital tergantung dari jenis dan tipe Load Cell yang dipakai.

Setiap timbangan harus lulus legalisasi oleh badan Direktorat Metrologi, yaitu suatu badan yang berwenang untuk melegalisasikan atau men-sahkan timbangan melalui sistem TERA. Setiap timbangan diharuskan melakukan TERA maksimal satu tahun sekali, karena semua timbangan dalam proses pemakaiannya pada jangka waktu tertentu akan mengalami deformasi mekanis pada frame timbangan, ini akan berpengaruh terhadap tingkat ke-akurasian dari **loadcell** pada timbangan. Load Cell merupakan sensor berat, apabila Load cell diberi beban pada inti besinya maka nilai resitansi di strain gauge akan berubah. Umumnya Load cell terdiri dari 4 buah kabel, dimana dua kabel sebagai eksitasi dan dua kabel lainnya sebagai sinyal keluaran.

2.5 Display LCD

Liquid Cristal Display (LCD) adalah sebuah alat yang berfungsi sebagai display. Tipe LCD yang digunakan yaitu M1632 yang mempunyai 2 baris tampilan dan masing-masing baris terdiri dari 16 karakter. LCD tipe M1632 dilengkapi dengan back light berwarna hijau. LCD ini mempunyai 16 pin. Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul ini berupa bus data yang berhubungan dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol. Berikut ini adalah gambar dari modul LCD;



Gambar 2. 2 LCD 16x2

*) Sumber : <http://www.gravitech.us/>

2.6 Motor DC

Motor DC merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (mixer, bor listrik, fan angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Keuntungan utama motor DC adalah sebagai pengendali kecepatan, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur:

- Tegangan dinamo – meningkatkan tegangan dinamo akan meningkatkan kecepatan
- Arus medan – menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.



Gambar 2. 3 Motor DC

*) Sumber : <http://www.superdroidrobots.com/>

2.7 Embedded System

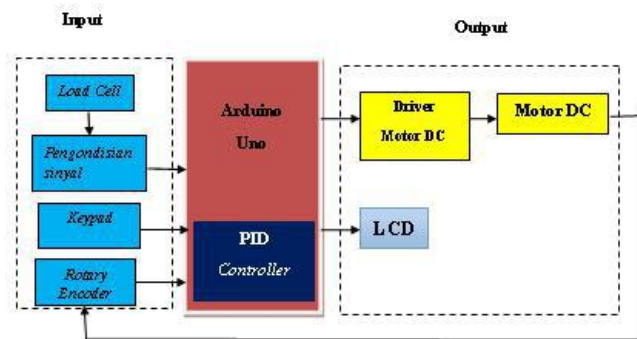
Embedded system adalah sistem yang ditanamkan atau yang tertanam didalam system lain. Umumnya untuk mengatur kerja dari system lain yang menjadi satu bagian utuh. Embedded system dibagi dua jenis, yaitu platform adalah embedded system yang menggunakan hardware dan software yang telah tersedia. Dan non platform adalah embedded system yang hardware dan software dibuat mulai dari awal. Dalam pembuatan kontrol driver dan steering pada Weight Feeder ini jenis embedded system yang digunakan adalah jenis platform, salah satunya embedded system berplatform yaitu Arduino.

Arduino adalah sebuah kit mikrokontroler open source dengan basis AVR. Misalkan Arduino 2560 menggunakan IC ATmega2560 sebagai prosesor. Arduino 2560 bekerja dengan tegangan 5V, memiliki digital I/O sebanyak 54 buah dengan 15 diantaranya menyediakan pwm output, juga mempunyai 16 analog input pin. Clock yang dimiliki 16MHz.

BI. METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan keseluruhan sistem yang terdiri dari tiga tahapan yaitu perancangan mekanik, elektrik dan perancangan kontrol.

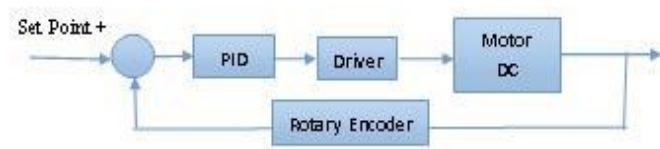
3.1 Diagram Block Sistem



Gambar 3. 1 Diagram Block Sistem *Weigh Feeder* Berikut adalah penjelasan dari diagram block tersebut:

- 1) Sensor Load Cell digunakan untuk menghitung beban yang terdapat dalam konveyor.
- 2) Pengkondisian sinyal adalah merubah sinyal analog menjadi sinyal digital agar lebih mudah diproses pada tahap selanjutnya.
- 3) LCD digunakan untuk menampilkan informasi dari alat.
- 4) Sensor Rotary Encoder digunakan untuk memonitor kecepatan putar motor DC.
- 5) Keypad digunakan sebagai pemberi perintah dari user ke alat.
- 6) Motor DC berfungsi sebagai actuator konveyor agar dapat berputar sesuai dengan set point yang diinginkan.
- 7) Driver Motor DC digunakan sebagai *bridge* dari output *controller* ke motor DC.

Selain membuat blok diagram secara elektronik, juga membuat blok diagram sistem kontrol menggunakan metode kontrol PID. Adapun secara blok diagram sistem kontrol yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 3.2.2



Gambar 3. 2 Blok Diagram Kontrol

Berikut ini adalah keterangan blok diagram sistem kontrol PID:

1) Controller

Controller yang digunakan yaitu PID, untuk mengatur kecepatan motor DC sesuai dengan *feedback* masukan dari sensor kecepatan yaitu *Rotary Encoder*.

2) Driver

Digunakan untuk input sensor analog yang membutuhkan driver.

3) Aktuator

Motor DC sebagai aktuator yang digunakan untuk menggerakkan konveyor.

4) Sensor

Sensor digunakan untuk mendeteksi suatu keadaan sesuai dengan yang diinginkan dalam menjalankan suatu proses.

3.3 Prinsip Kerja

Alat *Weight Feeder* ini berjalan sesuai dengan set point yang dibutuhkan. Yaitu motor pada konveyor berputar sesuai dengan kecepatan yang diinginkan yang apabila dibandingkan dengan berat pada benda diatas konveyor. Apabila berat benda kurang dari berat yang diperhitungkan maka konveyor akan berjalan lebih cepat sehingga dapat memenuhi kekurangan. Apabila berat sesuai dengan standart yang ditentukan maka konveyor kembali ke kecepatan normal.

Prinsip ini didukung dengan adanya sensor berat Load cell pada bawah konveyor yang berfungsi untuk mengetahui berat beban yang ada pada konveyor. Load cell sendiri perlu dilakukan pengkalibrasian berkala untuk menyeting ulang error ayng terjadi.

Dengan menentukan Kp Kd dan Ki pada program, maka kita dapat mengetahui nilai setpoint yang tepat terhadap perubahan beban motor. Dalam proses menentukan nilai yang tepat kita harus melakukan percobaan secara terus menerus, sehingga didapatkan nilai PID yang terbaik.

3.4 Spesifikasi Alat yang Direncanakan

1. Spesifikasi Elektronik

➤ Motor DC

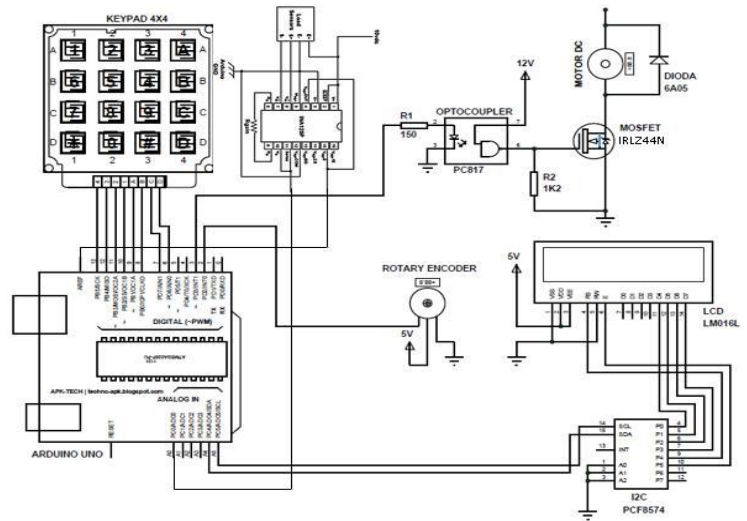
Tegangan =

12/19V Arus = 6A

Torsi = 50kg.cm

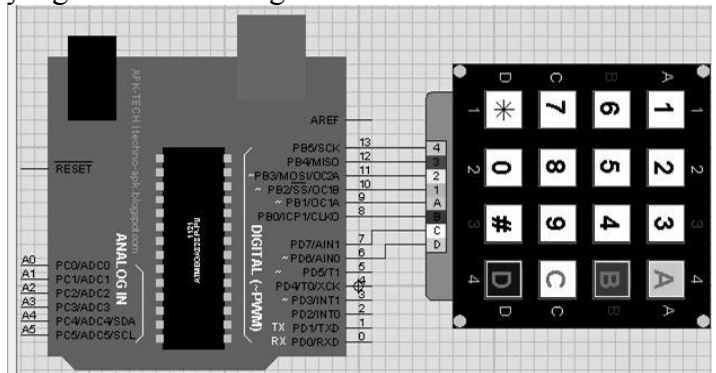
- Speed = 200 rpm
- Load Cell
 - Capacity = 20kg
 - Accuracy class = C2
 - Rated output(MV/V) = $2.0c2 \pm 0.15$
- Driver Motor
 - Vsuplai kontrolller = DC 12V (battery not included)
 - Vsuplai beban = DC 12V – DC 100V
 - Arus = max 50A

digunakan untuk menunjang sistem ini yaitu berupa pengondisian sinyal load cell, driver motor DC, rangkaian Keypad dan juga rangkaian LCD.



Gambar 3. 3 Rangkaian seluruh sistem
3.5.1 Perancangan Rangkaian Keypad

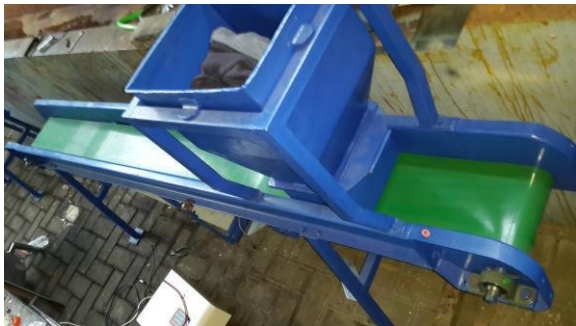
Pada rangkaian keypad ini terdapat 8 pin output yang akan disambungkan ke Arduino.



Gambar 3. 4 Keypad yang disambungkan pada arduino

2. Spesifikasi Mekanik

- Panjang konveyor = +/- 2m
- Lebar konveyor = +/- 30cm
- Tinggi total beserta Infeed = +/- 1,5m



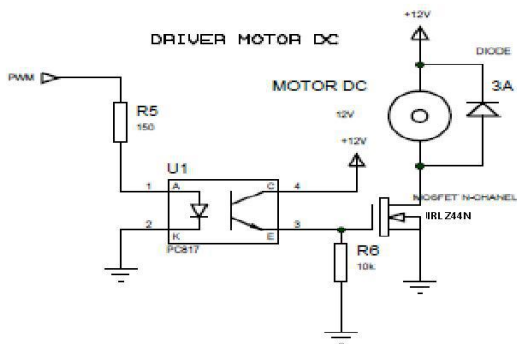
Gambar 3. 4Gambar 3D Weigh FeederKeseluruhan

3.5 Perancangan Elektrik

Dalam Alat weigh feeder ini dibutuhkan perancangan elektris yang digunakan untuk mengatur kecepatan putar motor yang berubah terhadap beban supaya dapat dikontrol sesuai dengan set point yang diberikan. Setelah itu akan ditampilkan pada layar LCD berupa kecepatan motor DC dengan satuan Rpm. Dalam proses ini membutuhkan rangkaian elkrtik lain yang pada dasarnya

Keypad digunakan untuk menentukan set point dari kecepatan motor dengan satuan rpm. Set point yang diberikan ada dua pilihan yaitu dengan kecepatan 150rpm dan 200rpm. Saat proses berjalan kita dapat mengganti nilai Kp, Kd dan Ki dengan cara menekan tombol A. lalu memberikan nilai tersebut dengan angka, lalu menekan tombol # untuk perintah selanjutnya. Maka setelah semua perintah diberikan maka proses akan berganti dengan set point baru yang telah diberikan.

3.5.1 Perancangan Rangkain Driver Motor



Gambar 3. 5 Skema Rangkaian Driver Motor DC

Rangkaian *driver* motor DC ini berfungsi mengatur tegangan motor DC agar sesuai dengan nilai set point yang diberikan. Motor DC ini memiliki spesifikasi tegangan sumber 19V dan arus max sebesar 6A. Sedangkan rangkaian *driver* motor DC ini menggunakan IRL Z44N yang memiliki daya maksimal mencapai 150 W.

Berdasarkan hasil pengukuran pin arduino didapat nilai VOH arduino sebesar 4.5V dan arus *output* arduino sebesar 20mA (*datasheet*). Untuk menentukan nilai R5 pada rangkaian *driver* motor DC ini dapat di hitung dengan rumus:

$$V_F \text{ PC817} = 1.2V \text{ (Typ)}$$

$$\text{(dataheet)}$$

$$I_F = 20mA$$

$$R5 = \frac{V_{OH} - V_F(\text{Typ})}{I_F}$$

$$R5 = \frac{4.5 - 1.2}{20mA}$$

$$R5 = 165\Omega$$

Kemudian untuk menentukan nilai R6 yaitu dengan memperhatikan *datasheet* optocoupler. Pada *datasheet* diketahui Vce saturasi IF= 20mA Ic = 1mA dengan nilai Vce(sat) = 0,1 (Typ). Berikut perhitungan dari R2:

$$R6 = \frac{V_{cc}}{I_c}$$

$$R6 = \frac{19V}{10mA}$$

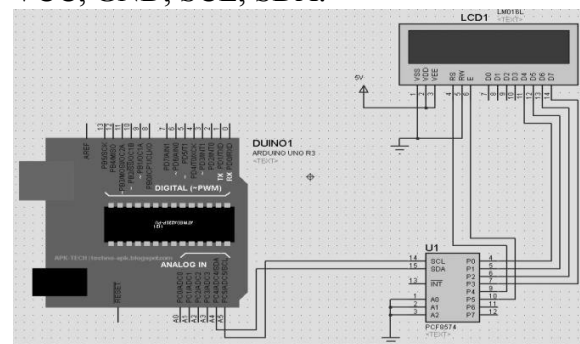
$$R6 = 1900\Omega$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai R1 sebesar 165 Ω. (VF(Typ)) karena dengan resistor dengan nilai tersebut tidak ada dipasaran maka menggunakan resistor yang nilainya mendekati yaitu 150 Ω. Dan nilai R2 sebesar 1900Ω (Vce(sat) (Tpy)) karena resistor dengan nilai tersebut tidak ada maka menggunakan resistor yang nilai mendekati yaitu 2200Ω.

Selain itu juga digunakan diode sebagai pengaman. Hal ini disebabkan karena motor merupakan beban induktif. Pada beban induktif biasanya akan terjadi lonjakan tegangan yang sangat besar pada saat perpindahan kondisi ON dan OFF. Maka dari itu, pemasangan diode bertujuan agar lonjakan tegangan tersebut tidak mempengaruhi kinerja MOSFET. Dioda yang digunakan bernilai 3A dikarenakan arus maksimum motor yang ada pada spesifikasi saat diberi beban sebesar 6A. Namun pada pengukuran menggunakan beban dan pada PWM tertinggi hanya didapatkan arus sekitar 3A.

3.5.2 Perancangan rangkaian LCD

LCD berfungsi sebagai display. LCD yang digunakan berukuran 16x2. Pada perancangan LCD, pin pada LCD yang digunakan adalah pin VDD, VCC, RS, RW, E, D4, D5, D6, D7 Pin 15 (anoda) dan pin 16 (katoda). Karena dalam pembuatan alat ini memakai Arduino uno dengan jumlah pin yang terbatas, maka digunakan I2C untuk rangkaian dalam LCD. Sehingga didapatkan jumlah pin output yang lebih terbatas hanya berjumlah 4 output saja yang dihubungkan ke dalam Arduino. Pin itu adalah VCC, GND, SCL, SDA.



Gambar 3. 6 Rangkaian I2C LCD ke Arduino

3.5.3 Perancangan Rotary Encoder

Rangkaian *rotary encoder* ini digunakan untuk membaca kecepatan motor DC dengan cara menghitung periode pulsa yang keluar dari rangkaian ini. Pulsa tersebut muncul akibat lubang – lubang pada piringan yang berputar dan dibaca oleh sensor. Lubang pada piringan berjumlah 36 lubang. Mikrokontroler akan mengirimkan data berupa RPM pada LCD jika sudah terbaca sebanyak 55 lubang. Tipe sensor ini adalah *optocoupler* atau *photo interrupter* H21A3. *Optocoupler* ini terdiri dari inframerah LED sebagai *Transmitter* dan *phototransistor* sebagai *Receiver*. Syarat agar optocoupler ON adalah $V_F > 1.2V$ dengan $I_F = 20mA$.

3.5.4 Perancangan Kontrol PID

Pada perancangan kontrol PID akan ditentukan nilai – nilai konstanta K_p , K_i dan K_d . Dalam menentukan nilai K_p , K_i dan K_d terdapat berbagai macam metode, akan tetapi pada perancangan ini metode yang digunakan adalah metode *Ziegler-Nichols 2* atau biasa disebut sebagai metode osilasi *Ziegler- Nichols*.

Metode Osilasi *Ziegler- Nichols* dipilih karena metode ini cocok untuk sistem yang memungkinkan memiliki respon beresilasi secara terus menerus. Metode ini dilakukan pada kondisi plant terpasang (closed-loop). Semula parameter parameter integrator disetel tak berhingga dan parameter diferensial disetel nol ($K_i = \infty$; $K_d = 0$). Parameter proporsional kemudian dinaikkan bertahap. Mulai dari nol sampai mencapai harga yang mengakibatkan reaksi sistem beresilasi. Reaksi sistem harus beresilasi dengan tetap (*Sustain oscillation*).

Nilai penguatan proportional pada saat sistem mencapai kondisi *sustain oscillation* disebut *ultimate gain* (K_u). Sedangkan periode dari gelombang osilasi disebut *ultimate period* (T_u). Setelah didapat nilai K_u dan T_u , maka nilai konstanta K_p dan K_i dapat diperoleh berdasarkan table berikut :

Tabel 3. 1 Rumus Tuning PID Ziegler-Nichols

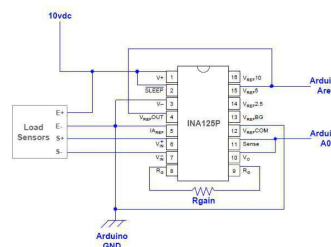
	K_c	T_I	T_D
P	$K_u/2$		
PI	$K_u/2.2$	$P_u/1.2$	
PID	$K_u/1.7$	$P_u/2$	$P_u/8$

Pada perancangan ini, *software* yang digunakan untuk mengetahui respon sistem adalah *software* arduinoUno 16.5 Berikut ini merupakan gambar grafik hasil pembacaan sensor *rotary encoder* dengan *set point* 110 rpm tanpa beban. Percobaan ini dilakukan untuk mencari nilai K_u sampai hasil grafiknya beresilasi.

3.5.5 Perancangan rangkaian loadcell

Pada perancangan kali ini kita membuat sebuah penguatan atau amplifier pada loadcell. Dalam rangkaian ini menggunakan penguatan berupa INA 125p karena cocok digunakan untuk penguatan pada loadcell. Dalam loadcell yang dipakai terdapat 4 kabel yaitu VCC, GND, dan 2 kabel berupa output data. Untuk merangkai INA 125p ini dibutuhkan resistor R_g . Hambatan ini bernilai sebesar 10Ω , karena untuk mengaktifkan rangkaian ina dibutuhkan R_g sebesar 10Ω .

Berikut rangkaian INA125p yang digunakan untuk menguatkan atau sebagai amplifier terhadap sensor loadcell.



Gambar 3. 7 Rangkaian Loac cell dengan INA125p

PENGUJIAN SISTEM

4.1 Pengujian Driver Motor dan Rotary Encoder

Pengujian rangkaian *driver* motor DC ini dilakukan dengan menggunakan PWM dari Arduino. Nilai PWM diubah mulai dari 0 sampai 255. Motor DC dihubungkan dengan sumber tegangan 19V atau sesuai dengan karakteristik motor. Pengambilan data ini dilakukan dengan memberikan kelipatan duapuluh dari PWM disetiap pengujian. Pengukuran kecepatan motor dilakukan menggunakan tachometer dan juga dilihat dari rotary encoder. Berikut ini adalah gambar driver motor dc dan tabel perubahan kecepatan atau rpm motor DC terhadap duty cycle PWM.

Tabel 4 1 Hasil Pengujian Driver Motor DC

PWM	Rotary Encoder	Tacho Meter	Error
0	0	0	0
20	25	25	0
40	55	60	9
60	108	96,1	11
80	128	129	0.7
100	146	147,2	0.8
120	170	173,9	2,2
140	191	189	1
160	212	203,5	4,4
180	215	214	0,4
200	226	222	1,7
220	235	231,3	1,5
240	249	249	0
255	262	258	1,5

Dari hasil pengujian diatas, terlihat bahwa perubahan *duty cycle* PWM yang diberikan pada rangkaian driver motor DC memberikan pengaruh pada kecepatan motor. Dalam pengukuran diatas didapatkan bahwa rotary encoder masih belum sempurna membaca kecepatan motor, namun dengan toleransi error sebesar 2% maka sensor kecepatan ini masih dianggap layak digunakan. Pada kecepatan tertentu rotary tidak dapat membaca secara baik dikarenakan posisi receiver kurang tepat. Dengan dilakukannya percobaan diatas maka dapat diartikan bahwa driver motor berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

4.3 Pengujian Rangkaian LCD

Pengujian LCD dilakukan dengan cara menghubungkan LCD yang telah disambungkan dengan I2C ke arduin. Dengan memberikan program I2C beserta LCD maka dapat dilihat seperti gambar berikut ini.



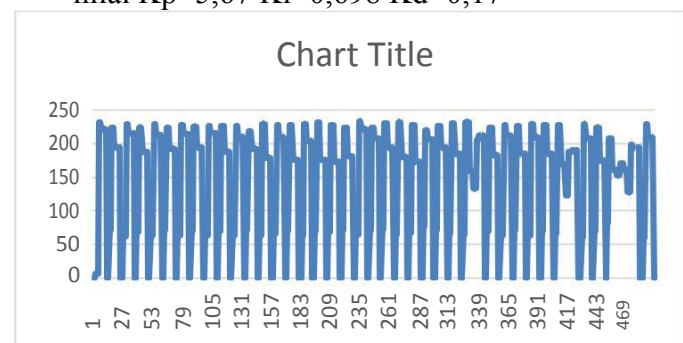
Gambar 4 1 Hasil Pengujian LCD

Tampilan hasil pengujian LCD diatas menunjukkan bahwa rangkaian LCD dan program yang digunakan sudah bekerja dengan baik. Dan LCD dapat digunakan untuk mengeluarkan hasil kecepatan maupun berat dari sistem weigh feeder ini.

4.4 Pengujian Kontrol PID

Pengujian kontrol PID dilakukan dengan cara menganalisa grafik respon menggunakan kontrol PID berdasarkan nilai K_p , K_i dan juga K_d yang telah dirancang menggunakan metode osilasi Ziegler-Nichols. Respon PID ini akan menunjukkan apakah nilai K_p , K_i dan K_d yang telah dirancang mampu menghasilkan output yang sesuai dengan setpoint yang diberikan dan dapat mempertahankan setpoint apabila diiberi beban.

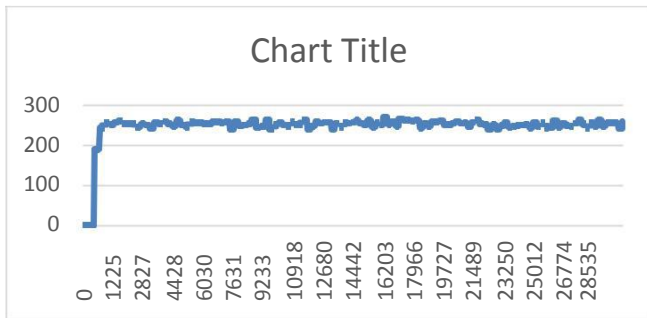
Dengan melakukan percobaan dan memberikan set point kecepatan 150rpm serta memasukkan program PID yang telah diperoleh dari bab 3 sebelumnya. Diperoleh hasil grafik kecepatan sebagai berikut dengan nilai $K_p=5,67$ $K_i=0,698$ $K_d=0,17$



Gambar 4 2 Grafik motor dengan nilai PID

$$K_p=5,67 \quad K_i=0,698 \quad K_d=0,17$$

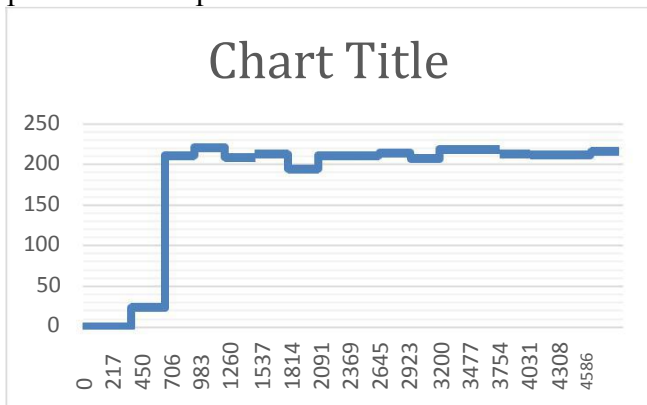
Grafik tersebut diperoleh dikarenakan faktor spesifikasi dari motor tersebut. Yaitu apabila diberikan saat motor diberi catu daya motor akan berputar namun saat catu dilepas maka motor akan berhenti, ini terjadi karena motor memiliki sistem break yang bagus. Apabila motor tidak langsung berhenti maka motor tersebut memiliki sistem break loss.



Gambar 4 3 gambar grafik dengan nilai PID 0

Pada percobaan kali ini kita memberikan control PID dengan nilai $K_p=0$ $K_d=0$ dan $K_i=0$ didapatkan grafik kecepatan motor yang relative stabil dan mempunyai nilai error kecil, sehingga menimbulkan ke stabilan yang bagus. Namun dalam percobaan kali ini apabila diberikan beban, motor mengalami penurunan kecepatan. Karena tidak adanya nilai K_p sebagai penunjang motor dan juga tidak didukungnya nilai K_d dan K_i . Sehingga menimbulkan berkurangnya kecepatan itu.

Seperti yang kita ketahui, control pada motor sangat dibutuhkan dalam menentukan kecepatan dan kestabilan motor. Sehingga didapatkan sistem weigh feeder ini secara maksimal. Ini berpengaruh dari perbandingan perubahan beban dengan perubahan kecepatan itu sendiri.



Gambar 4 4 gambar grafik dengan nilai PID

Rise time (tr) yang tampak pada sistem tersebut dapat diperoleh dengan cara rumus matematika dasar, yaitu persamaan garis lurus yang melewati 2 titik:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

$x_1, y_1, x_2,$ dan y_2 dapat diperoleh pada grafik, yaitu saat 341 ms kecepatan motor adalah 212 rpm ($(x_1, y_1) = (341, 212)$) sedangkan saat 493 ms kecepatan motor adalah 24 rpm ($(x_2, y_2) = (493, 24)$).

$$\frac{y - 349}{493 - 349} = \frac{x - 212}{24}$$

$$\frac{y - 349}{144} = 8,83$$

$$x - 349 = 1271,52$$

$$x = 1620$$

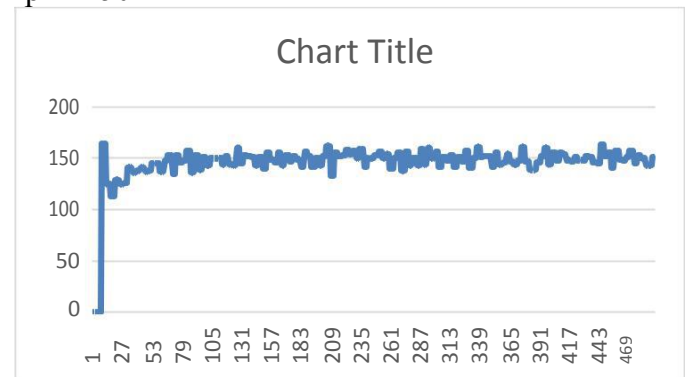
Sesuai dengan teori bahwa rise time (tr) diperoleh dari 90% setpoint, maka tr dapat diketahui saat kecepatan motor adalah 200 rpm. Diasumsikan bahwa 200 ini adalah x.

$$x = 90\% * \text{setpoint}$$

$$= 90\% * 200 \text{ rpm}$$

$$x = 180 \text{ rpm}$$

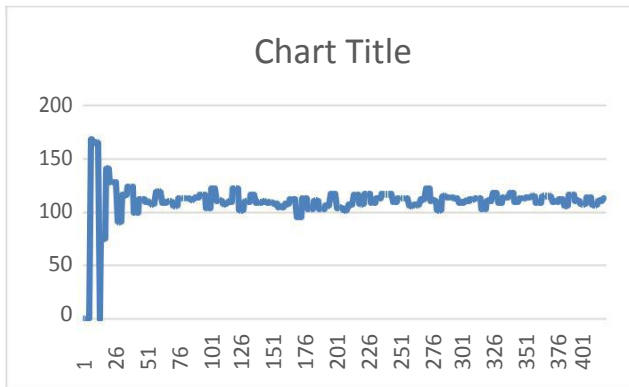
Percobaan selanjutnya dengan menggunakan nilai $K_p = 0,82, K_i=0,698, K_d=0,17$ setpoint rpm=150



Gambar 4 5 gambar grafik dengan nilai PID

Dalam setpoint 150 rpm didapatkan respon yang cukup bagus yaitu terjaganya set point setelah beberapa detik setelah dinyalakan. Dalam metode PID ini membantu mempercepat dalam menyetabilkan motor menuju setpoint namun berakibat terjadinya overshoot dari motor tersebut.

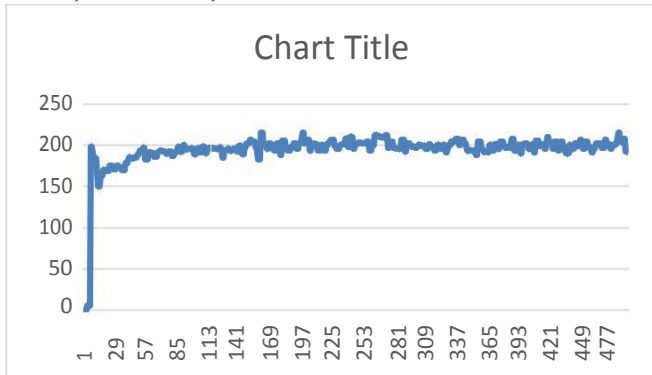
Dalam percobaan selanjutnya menggunakan nilai $K_p=2 K_d=2 K_i=2$ dan rpm=150



Gambar 4 6 gambar grafik dengan nilai PID 2

Didapatkan respon dan kestabilan yang cukup bagus, namun berakibat pada overshoot dan lossnya pada motor sehingga pada awal putaran terjadi break yang berakibat motor berhenti sejenak. Hal ini dikarenakan nilai Kp dan Ki yang cukup besar sehingga menimbulkan break pada motor. Namun setelah berjalan motor mulai stabil dengan mempertahankan set point.

Percobaan selanjutnya dengan beban dan menggunakan nilai PID yang baik yaitu $K_p=0,822$ $K_i=0,698$ $K_d=0,17$



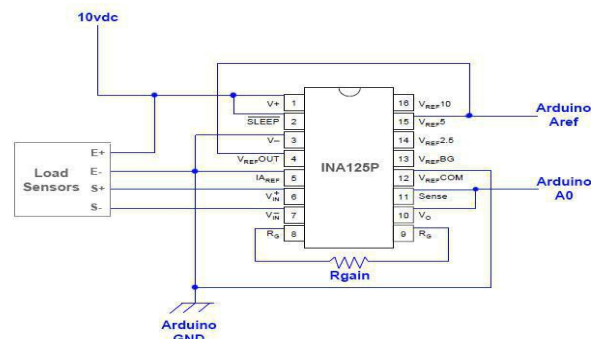
Gambar 4 7 gambar grafik dengan nilai PID terbaik

Dalam percobaan itu diberikan beban sebesar 5kg dan mendapatkan respon yang baik dari control PID. Terjadi overshoot pada awal mulai setelah itu kecepatan menurun hingga dibawah setpoint namun control PID mencoba mengembalikan hingga sesuai dengan set point dengan cepat. Sehingga didapatkan nilai kecepatan yang konstan dan sesuai dengan set point hingga akhir percobaan. Kestabilan dalam control ini dipengaruhi oleh adanya control yang sesuai atau tepat dalam menentukan nilai PID itu

sendiri. Dalam sistem ini akan mempengaruhi akuratnya alat weighfeeder tersebut. Untuk menentukan nilai yang akurat dari sistem ini di pengaruhi juga oleh feedback yg diberikan load cell.

4.5 Pengujian Sensor Load Cell

Dalam pengujian load cell ini kita membutuhkan beberapa rangkaian penguat. Ada banyak rangkaian penguat yang bisa digunakan untuk menguatkan keluaran dari Load cell. Antara lain kita bisa menggunakan rangkaian ic HX711. Namun dalam percobaan kali ini kita menggunakan rangkaian INA125p sebagai amplifier dalam loadcell. Langkah pertama kita harus menentukan hambatan dalam rangkaian. Karena [amplifier](#) memiliki kemampuan untuk meningkatkan besarnya sinyal input, hal ini berguna untuk dapat menilai kemampuan penguatan penguat dalam hal rasio output / input. [Istilah](#) teknis untuk output / input rasio besarnya [amplifier](#) adalah gain. Setelah dihitung kita mendapatkan Rgain senilai 10Ω.



Gambar 4 8 Rangkaian penguat Loadcell INA125p

Beginilah rangkaian dari ic INA125p untuk penguatan loadcell. Yang perlu diperhatikan dari percobaan kali ini adalah kalibrasi yang harus dilakukan terlebih dahulu sebelum memasukkan didalam plant. Dalam kalibrasi sendiri dibutuhkan ketelitian karena berpengaruh terhadap keluaran dari loadcell itu sendiri. Untuk menentukan nilai pada loadcell kita harus melakukan penimbangan sehingga keluar tegangan dari load cell, setelah itu dilakukan pembacaan pada program Arduino untuk mengubah nilai tersebut kedalam nilai pengkalibrasian terhadap loadcell itu.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan penelitian alat weigh feeder ini, didapatkan beberapa kesimpulan dan juga analisa. Alat ini bekerja dengan baik berdasarkan dengan setpoint yang tepat. Berupa kecepatan motor dan juga sensor berat berupa loadcell.

1. Dengan mengimplementasikan nilai PID yaitu $K_p=0,822$ $K_i=0,698$ $K_d=0,17$ kita mendapatkan control yang lebih cepat menuju set point, dibandingkan dengan tanpa menggunakan control. Selain itu pada saat motor diberikan beban, maka motor dapat menyetabilkan kecepatan sehingga menjadikan motor tersebut tetap berada pada set point.
2. Terjadinya overshoot pada saat awal motor dinyalakan, dikarenakan motor mencapai set point dengan lebih cepat.
3. Padaimplementasi menggunakan beban yang cukup berat maka motor tetap berjalan stbil, namun dengan beban yang cukup berat mengakibatkan belt pada konveyor mengalami slip. Ini hanya terjadi apabila beban terlalu berat pada atas konvet. Namun beban ini tidak berpengaruh terhadap kecepatan motor.
4. Sensor loadcell dapat membaca dan menimbang benda yang ada pada konveyor dengan memberikan timer berapa lama benda tersebut berjalan di atas konveyor.
5. Sensor loadcell ini masih memberikan error dalam pembacaan karena kurangnya sensitifitas pada sensor. Ini berpengaruh juga pada lama pembacaan sehingga hasil output penjumlahan tidak sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prawito Bagus Suliso. 2014. *Sistem Monitoring dan Kontrol Kecepatan Motor DC Secara Nirkabel dengan Kontrol Proporsional, Integral, Derivative (PID)*. Laporan Akhir. Malang. TE Politeknik Negeri Malang
- [2] Faulianur, Rizki. 2011. *Perancangan dan Pembuatan Modul Praktik PID Controller untuk Mengatur Kecepatan Pada Motor DC*. Skripsi. Malang. TE Politeknik Negeri Malang
- [3] Susilo, Joko. 2013. *Sistem Akusisi Data pada Proses Kendali Kecepatan Motor DC Berbasis DAQ 6008*. Laporan Akhir. Malang: TE Politeknik Negeri Malang.
- [4] Rita, Khusnul Khotimah. 2011. *Perancangan dan Pembuatan Alat Pendeteksi Kecepatan Putar Motor Berbasis Mikrokontroler dengan Display Seven Segment*. Laporan Akhir. Malang: TE Politeknik Negeri Malang.
- [5] Prinandika, Eka Bayu. 2011. *Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Pada Robot Line Follower Berbeban Menggunakan Kontroler PID*. Jurnal Edukasi 1 (1) : 1-8. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Yogyakarta.
- [6] Arif, Muhamad Faishol. 2011. *Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC D-6759 Berbasis Arduino Mega*. Makalah Seminar Hasil.
- [7] Rony Djokorayono. 2003. *Aplikasi Rancangan Weight Scale Pengendali Aliran Massa Batu Bara Pada Belt Conveyor*. Proseding Seminar Pengembangan Teknologi Dan Perencanaan Instrumentasi Nuklir.
- [8] Fendy Santoso, Thiang. 2003. *Pengaturan Berat Total Material Yang Keluar Dari Weight Feeder Conveyor Dengan Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy*. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra.
- [9] Debit Zein Ariandana , Epyk Sunarno, SST MT , M.Safrodin B.SC.MT. 2005. *Rancang Bangun Konveyor Untuk Sistem Sortir Berdasarkan Berat Barang (Hardware)*. Mahasiswa Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia.
- [10] M. Antisto Akbar. Budi Setiyono ST, MT. *Proses Otomatisasi Pada Weight Feeder Sytem (Wf) DI PT. HOLCIM TBK*.

Mahasiswa dan Dosen Jurusan Teknik elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.