

PERANCANGAN MINI PLANT SISTEM PENGENDALI BERAT LIMESTONE PADA PLTU TANJUNG JATI B UNIT 3 & 4 BERBASIS PLC DAN ARDUINO MEGA 2560

Surya Nanda Santika, Dwi Arman Prasetya, Nachrowie

Abstrak: PLTU Tanjung Jati B Unit #3&4 merupakan unit pembangkit yang menghasilkan produksi listrik sebesar 660 MW setiap hari nya. Bahan bakar yang digunakan batu bara yang menghasilkan produk utama yaitu Flue Gas dan Ash yang mempunyai limbah industri B3 yang penanganannya membutuhkan metode khusus menggunakan FGD (Flue Gas Desulfurization) yaitu alat yang berguna untuk mereduksi Sulfur Dioksida (SO₂) dari Flue Gas hasil pembakaran PLTU. Pada proses FGD, batu kapur (limestone) digunakan sebagai bahan injeksi FGD, berfungsi mengikat SO_x menjadi gypsum sehingga kadar emisi SO_x dari hasil pembakaran batu bara aman bagi lingkungan. Perancangan Mini Plant Sistem Pengendali Berat Limestone pada FGD berbasis PLC dan Arduino Mega 2560 sangat diperlukan untuk menjaga perhitungan stock Limestone yang akurat secara otomatis agar emisi SO_x dapat tereduksi dengan baik.

Kata kunci: FGD, Limestone, PLC, Arduino Mega

Penggunaan batubara sebagai bahan bakar pada PLTU menimbulkan masalah lingkungan berupa emisi SO₂. Flue Gas Desulfurization (FGD) merupakan teknologi baru yang dapat mengurangi emisi SO₂ sehingga lingkungan tetap terjaga. Pada prosesnya FGD menggunakan limestone (batu kapur) untuk dapat mengikat SO_x dan menghasilkan gypsum. Berat limestone yang digunakan harus terukur untuk mengetahui konsumsi limestone yang diinjeksikan pada sistem FGD sehingga stock limestone pada stock pile. Sehingga diperlukan sistem kontrol yang aplikatif, mudah dan sederhana untuk membaca berat limestone per satuan waktu yang digunakan pada proses FGD secara real oleh operator.

Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) dewasa ini di bidang teknologi elektronika secara tidak langsung mempengaruhi kehidupan masyarakat untuk melangkah lebih maju (modernisasi), berfikir praktis dan simple. Kondisi ini memerlukan sarana pendukung yang sederhana, praktis dan berteknologi tinggi. Salah satu contoh sederhana yang dapat disaksikan saat ini adalah munculnya peralatan-peralatan yang serba otomatis yang mengesampingkan peran manusia sebagai subjek pekerjaan. Untuk memenuhi kebutuhan otomatisasi ini diperlukan peralatan kontrol yang bisa memenuhi kebutuhan tersebut. Alat-alat kontrol ini diantaranya kontrol otomatis yang dalam hal ini PLC, diharapkan mampu mengatasi kendala yang muncul tersebut. PLC (*Programmable Logic Controller*) dapat dibayangkan seperti sebuah personal komputer konvensional (konfigurasi internal pada PLC mirip sekali dengan konfigurasi internal pada personal komputer). Akan tetapi dalam hal ini PLC dirancang khusus untuk tujuan kontrol dan otomatisasi. Bidang industri biasa menggunakan proses penghitungan dan konveyor barang untuk mempermudah proses pemasukan bahan bakar padat (batubara) ke dalam tungku atau dengan istilah limestone weigh feeder. Proses penghitungan jumlah berat bahan bakar padat ditimbang jumlahnya persatuan jam, dengan memanfaatkan fungsi pencacah (counter), limit switch, sensor berat dan pewaktu (timer) yang dimiliki oleh PLC (*Programmable Logic Controller*).

PLC muncul untuk memenuhi kebutuhan akan fleksibilitas sistem kontrol dalam menanggapi perubahan sistem serta kebutuhan akan kepraktisan pengoperasian sistem

kontrol. PLC merupakan sistem kontrol berbasis komputer, yaitu sebuah komputer mini yang dapat diprogram untuk mengolah input dan mengeluarkannya melalui terminal output sesuai yang diharapkan. Dengan PLC, perubahan sistem dilakukan hanya dengan mengubah program yang ada di dalamnya. Program dibuat dan dimasukkan oleh operator melalui unit input berupa console atau PC (Personal Computer).

PLC dapat dibayangkan sebagai sebuah kotak yang di dalamnya terdapat ratusan atau ribuan relay, counter, timer dan lokasi penyimpanan data. Relay, timer dan counter tersebut tidak ada secara fisik, melainkan berupa rangkaian semikonduktor yang sedemikian rupa sehingga dapat diprogram dan difungsikan sebagai relay, timer maupun counter. Blok-blok penyusun PLC adalah CPU (Central Processor Unit), memori dan rangkaian yang sesuai untuk menerima data input/output.

Dalam Penelitian ini kami bertujuan merancang Mini Plant Sistem Pengendali Limestone pada PLTU Tanjung Jati B Unit #3 dan 4 lebih sederhana daripada sistem pengendali weight feeder dengan menggunakan PID dan Fuzzy dimana proses penghitungan berat limestone menggunakan PLC dan Arduino Mega 2560. Arduino Mega 2560 dipilih karena bahasa pemrograman yang lebih sederhana dibanding sistem kontrol yang lain, memori yang lebih besar, pin input dan output yang lebih banyak dibanding mikrokontroler yang lain

Tujuan dari pembuatan penelitian ini adalah untuk merancang, membuat dan mengetahui efektifitas serta keunggulan mesin limestone weight feeder berbasis PLC dan Arduino Mega 2560 sebagai alat kontrol pengendali kerja motor dan sensor, dan dapat mengetahui prinsip dasar pembuatan sistem otomasi berbasis mikrokontroler. Selain itu hasil penelitian dapat dikembangkan sebagai bahan penunjang praktikum di Laboratorium Perangkat Keras Jurusan Teknik Elektro Universitas Merdeka Malang.

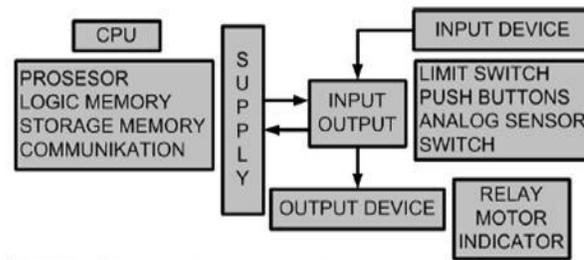
Flue Gas Desulphurization (FGD)

Penggunaan batubara sebagai bahan bakar utama pada boiler menghasilkan dua produk utama yaitu bottom ash dan fly ash. Bottom ash akan langsung turun ke bagian bawah boiler ditampung oleh primary ash silo, sedangkan fly ash yang merupakan abu yang ringan sehingga ikut terbawa ke dalam aliran gas (flue gas) yang dialirkan melalui stack dan ini sangat berbahaya bagi lingkungan sehingga dipasang ESP (Electro Static Precipitator). ESP adalah alat yang digunakan untuk menangkap debu fly ash dengan menggunakan prinsip electrostatic (Black and Veatch, 2011). Selain limbah padat yang terkandung pada fly ash juga terdapat limbah kimia berupa SO_x dan NO_x yang tidak dapat dieliminir oleh ESP untuk itu perlu dipasang Flue Gas Desulphurization (FGD). FGD adalah alat yang berguna untuk menghilangkan/mereduksi SO_2 . Pada PLTU Tanjung Jati B Unit #3&4 sistem FGD yang digunakan adalah tipe kering (dry FGD) yaitu dengan memasukkan udara flue gas ke dalam system dan disemprot dengan menggunakan zat kimia absorber sulfur berupa $CaCO_3$ (limestone) sehingga menghasilkan reaksi kimia: $CaCO_3(solid) + SO_2(gas) \rightarrow CaSO_3(solid) + CO_2(gas)$ (Saimo Technology, 2011). Pada FGD tipe dry, berat limestone yang digunakan harus sesuai dengan jumlah gas SO_2 yang akan direduksi. Pengaturan berat limestone ini harus otomatis dan real dapat dilihat langsung oleh operator.

Programmable Logic Controller (PLC)

The National Electrical Manufacturers Association (NEMA) mendefinisikan PLC sebagai piranti elektronika digital yang menggunakan memori yang bisa deprogram sebagai penyimpanan internal dari sekumpulan instruksi dengan mengimplementasikan fungsi-fungsi tertentu, seperti logika, sekuensial, pewaktuan, perhitungan, dan aritmatika, untuk mengendalikan berbagai jenis mesin ataupun proses melalui modul I/O digital dan

atau analog (Wijaya, M. Budiyanto,2006). Gambar 1 memperlihatkan diagram blok sebuah PLC.



Gambar 1. Blok Diagram PLC

PLC bekerja dengan cara mengamati masukan (melalui sensor-sensor terkait), kemudian melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan berupamenghidupkan atau mematikan keluarannya (logika 0 atau 1, hidup atau mati). Pengguna membuat program yang kemudian dijalankan oleh PLC tersebut.

PLC yang digunakan dalam penelitian ini adalah PLC OMRON tipe CPM1A-30CDR-D-V1 yang memiliki 10 I/O (6 inputs dan 4 outputs) dengan sumber tegangan 220 VAC dan sumber tegangan output 24 VDC. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah diagram tangga. Pada PLC OMRON tipe CPM1A-30CDR-D-V1 terdapat dua macam pewaktu, yaitu

- Pewaktu (Timer): Nilai pewaktu saat ini akan di-reset saat pewaktu diubah dari mode RUN ke mode STOP atau catu daya PLC dimatikan. Terdapat empat macam operasional pewaktu jenis ini, yaitu tundaan ON, tundaan OFF, pulsa tunggal dan pulsa kedip.
- Pewaktu tahan: Nilai pewaktu saat ini akan disimpan walaupun terjadi perubahan mode RUN menjadi STOP atau catu daya dimatikan. Pewaktuan akan dilanjutkan kembali jika masukan pemicu ON, selain itu status ON pada bit pewaktu tahan ini akan disimpan jika waktu yang dikehendaki sudah selesai. Bit pewaktu tahan ini hanya bisa beroperasi dengan fungsi tundaan ON saja.

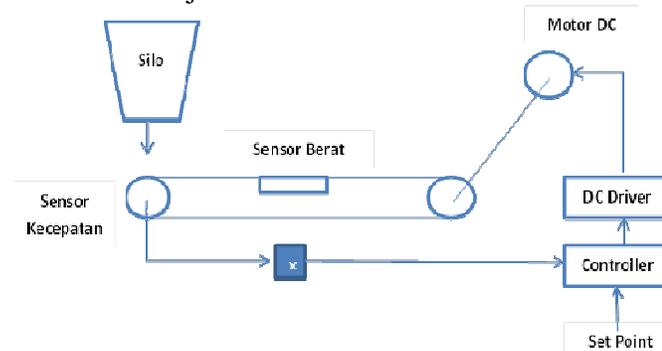
PLC tipe ini juga dilengkapi dengan Pencacah (Counter) dimana terdapat 16 pencacah yang dapat digunakan dalam mode naik (increment) maupun turun (decrement). Nilai saat ini dari pencacah akan disimpan jika mode operasi PLC diubah atau catu daya dimatikan. Bit pencacah akan ON jika nilai cacah sudah melampaui yang ditentukan. Nilai pencacah kembali ke 0 (nol) jika di-reset. Jenis-jenis counter antara lain: 1) Counter up: yaitu counter yang melakukan pencacahan naik (incremental); 2) Counter down: melakukan pencacahan secara menurun (decremental); 3) Counter set: counter yang setelah aktif maka akan memerintahkan set operasi; 4) Counter reset: counter yang melakukan operasi reset.

Weight Feeder Conveyor

Salah satu jenis sarana pengangkut yang sering digunakan adalah weight feeder conveyor yang berfungsi untuk mengangkut produk-produk industri yang umumnya berbentuk padat. Pinsip kerja weight feeder conveyor adalah sebagai berikut: material atau bahan yang lewat pada belt conveyor akan dideteksi oleh load cell (sensor berat). Pengendali berfungsi untuk memberikan nilai pembandingan yang berasal dari pembacaan data. Inputan untuk sistem ini adalah sinyal dari load cell dan speed sensor (rotary encoder) berupa kecepatan konveyor (Chandra Saputro,2007). Kemudian kedua masukan ini dikalikan di controller menghasilkan sinyal federate dengan formula sebagai berikut:

$$federate = berat \times kecepatan \quad (1)$$

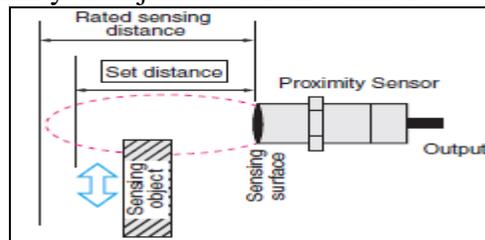
Sistem pengaturan jumlah komponen bahan atau material dilakukan dengan mengurangi atau menambah kecepatan pada motor driver belt conveyor. Sistem loop tertutup pada Weight Feeder ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Sistem Loop Tertutup pada Weight Feeder

Sensor Proximity Optik

Sensor proximity adalah sensor yang dapat mendeteksi keberadaan objek non logam yang ada didekatnya dengan cahaya biasanya adalah infrared. Prinsip kerjanya adalah sebuah cahaya dan penerima (receptor) yang mendeteksi sebuah benda dengan refleksi. Sensor optik proximity ditunjukkan dalam Gambar 3.



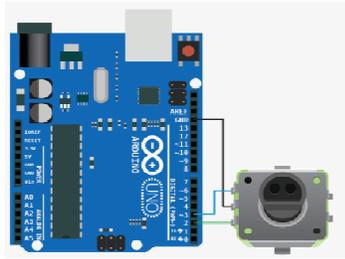
Gambar 3. Sensor Optik Proximity

Relay

Relay merupakan saklar elektronik yang dapat membuka atau menutup rangkaian dengan menggunakan kontrol dari rangkaian elektronik lain. Relay dapat bekerja karena adanya medan magnet yang digunakan untuk menggerakkan saklar. Saat kumparan diberi tegangan sebesar tegangan kerja relay maka akan timbul medan magnet pada kumparan karena adanya arus yang mengalir pada lilitan kawat. Kumparan ini kemudian akan menarik saklar dari kontak NC ke kontak NO. Jika tegangan pada kumparan dimatikan maka medan magnet pada kumparan akan hilang sehingga pegas akan menarik saklar kembali ke kontak

Rotary Encoder

Rotary encoder adalah suatu komponen elektro mekanis yang memiliki fungsi untuk memonitoring posisi angular pada suatu poros yang berputar (Fernando Briz, et al., 2012). Dari perputaran benda tersebut data yang dimonitoring akan diubah ke dalam bentuk digital oleh rotary encoder berupa lebar pulsa kemudian akan dihubungkan ke kontroler (mikrokontroler/PLC). Rotary Encoder dan Arduino Uno ditunjukkan dalam Gambar 4.

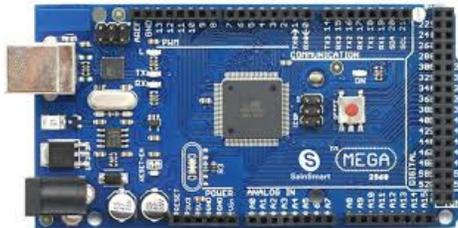


Gambar 4. Rotary Encoder dan Arduino Uno

Berdasarkan data yang didapat berupa posisi anguler (sudut) kemudian dapat diolah oleh kontroler sehingga mendapatkan data berupa kecepatan, arah dan posisi dari perputaran porosnya (Livinti Petru,2015).

Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah sebuah board mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega 2560. Board ini memiliki 54 pin I/O (15 pin diantaranya PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware) (Artanto, Dian,2012). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Arduino Mega 2560 ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Arduino Mega 2560

METODE

Tahapan Pelaksanaan Penelitian

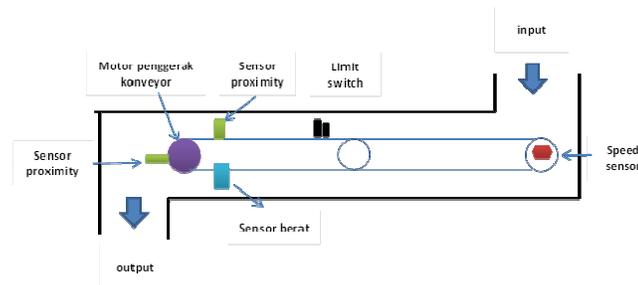
Berikut menjelaskan tahapan pelaksanaan dari penelitian perancangan Mini Plant Sistem Pengendali Limestone Weight Feeder Berbasis PLC dan Arduino Mega 2560

- Studi literatur, tahapan pertama adalah mempelajari semua literature yang berhubungan dengan penelitian ini, mulai dari buku, jurnal ilmiah penelitian, dan artikel yang ada di internet.
- Pengambilan data Plant Limestone Weight Feeder, tahapan kedua adalah melakukan pengambilan data pada plant untuk digunakan pada perancangan software dan hardware. Data yang diambil antara lain: ukuran dari belt conveyor yang digunakan pada plant, dan nilai federate untuk limestone, nilai konsumsi limestone dan stock limestone dalam 3 bulan terakhir.
- Pengolahan data Plant Limestone Weight Feeder, tahapan ketiga adalah melakukan pengolahan data yang didapatkan dari plant limestone weight feeder yang selanjutnya digunakan untuk perancangan software dan hardware.
- Perancangan software Plant Limestone Weight Feeder, tahapan keempat adalah membuat software program untuk PLC dan mikrokontroler Arduino Mega 2560.
- Perancangan hardware Plant Limestone Weight Feeder, tahapan kelima adalah membuat hardware untuk mini plant sistem pengendali Limestone Weight Feeder.
- Pengujian dan validasi, tahapan keenam adalah melakukan pengujian untuk software dan hardware yang kemudian dilakukan pengambilan data penelitian. Data hasil

penelitian kemudian dilakukan validasi untuk mendapatkan data penelitian yang akurat

- Analisis data dan pembahasan, tahapan ketujuh adalah melakukan analisis data hasil penelitian, perhitungan error hasil penelitian dan membuat pembahasan berdasarkan hasil analisis data.
- Kesimpulan, tahapan kedelapan adalah membuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan sehingga dapat menjadi saran untuk penelitian selanjutnya.

Diagram Blok Sistem



Gambar 6. Blok Diagram Sistem

Prinsip kerja dari Gambar 6 sebagai berikut: Operator memberikan nilai set point berat limestone yang digunakan dalam proses FGD pada Arduino Mega 2560. Kemudian Arduino Mega memberikan sinyal pada Motor DC untuk menggerakkan konveyor. Sinyal Arduino Mega 2560 juga terbaca oleh sensor kecepatan dan load cell berupa berat limestone yang harus terpenuhi dalam satuan jam. Jika berat limestone yang terbaca oleh load cell belum sesuai dengan set point, maka sensor kecepatan akan menambah kecepatan konveyor. Pada sistem ini terdapat dua proteksi untuk yang dapat mematikan konveyor yaitu:

- Limit Switch untuk belt misalignment 2 pcs (kiri dan kanan).
- Proximity Switch proteksi ketika terjadi penyumbatan material batu kapur pada outlet Limestone Weight Feeder

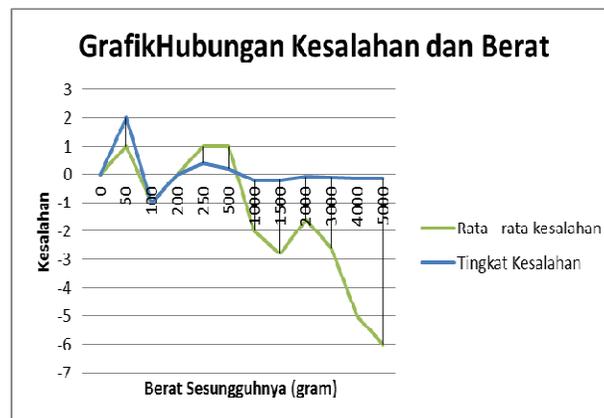
PEMBAHASAN

Pengujian Pembacaan Sensor dan Load Cell

Pengujian bertujuan untuk menentukan tingkat keakurasian pembacaan sensor terhadap berat benda serta presentase nilai kesalahan (error) yang terjadi pada alat timbangan digital. Perhitungan nilai rata – rata kesalahan (S) dapat dinyatakan dalam persamaan $S = \frac{(n \times X - (y_1 + y_2 + \dots + y_n))}{n}$ (2) Tingkat kesalahan error (E) dapat dinyatakan dalam persamaan $E = \frac{S}{n}$ (3) Hasil pembacaan sensor load cell pada timbangan digital penentu ditunjukkan dalam Tabel 1. Gambar 7 menunjukkan hubungan tingkat kesalahan error dengan berat beban.

Tabel 1. Hasil Pembacaan Sensor Load Cell

Berat Sesungguhnya X (gram)	Hasil Pengukuran alat timbangan (gram)					Rata-rata kesalahan S (gram)	S Tingkat kesalahan E (Error)
	y1	y2	y3	y4	y5		
0	0	0	0	0	0	0	0
50	49	49	49	49	49	1	2
100	101	101	101	101	101	-1	-1
200	200	200	200	200	200	0	0
250	249	249	249	249	249	1	0.4
500	499	499	499	499	499	1	0.2
1000	1002	1002	1002	1002	1002	-2	-0.2
1500	1502	1504	1502	1504	1502	-2.8	-0.18666667
2000	2001	2001	2002	2002	2002	-1.6	-0.08
3000	3003	3003	3003	3002	3002	-2.6	-0.08666667
4000	4005	4005	4005	4005	4005	-5	-0.125
5000	5006	5006	5006	5006	5006	-6	-0.12
Rata-rata tingkat kesalahan							0.809



Gambar 7. Grafik Hubungan Tingkat Kesalahan Error dengan Berat Beban

Berikut cara menghitung rata – rata presentase tingkat kesalahan ΣE :

$$\Sigma E = \bar{E}/X = 0.809/12 = 0.067\%$$

Pengujian Sensor Proximity

Langkah pengujian sensor proximity melewati beberapa tahapan, yaitu:

- Menghubungkan catu daya 24 volt DC ke bagian driven sensor
- Melakukan pengujian bagian sensor yang diinginkan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan dengan menggunakan multimeter digital untuk melihat apakah keluaran dari sensor tersebut benar atau tidak
- Mencatat hasil pengujian yang ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Proximity

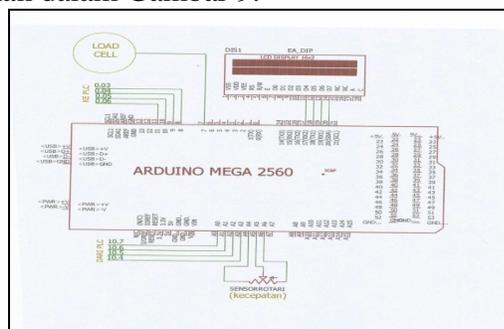
No	Sensor Proximity	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Sensor 1	0	Konveyor 1 dalam keadaan stop
		1	Konveyor 1 dalam keadaan berputar
2	Sensor 2	0	Konveyor 2 dalam keadaan stop
		1	Konveyor 2 dalam keadaan berputar

- Uji pendekatan pertama dilakukan oleh satu telapak tangan yang mendekati proximity sensor dengan jarak sekitar 2 cm dari proximity sensor dan frekuensi yang dihasilkan 27.210 Hz

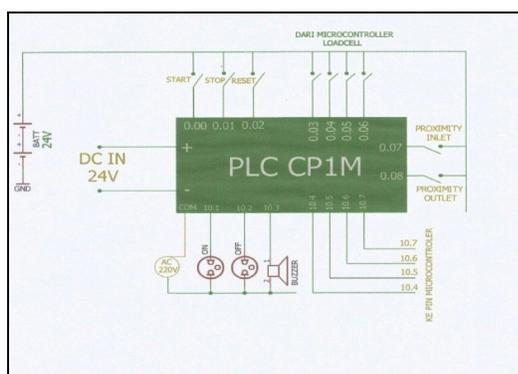
- Pada pendekatan yang kedua dilakukan dengan telapak tangan pada jarak yang sama didapatkan frekuensi 26.540 Hz
- Uji proximity sensor, didekati dengan objek yang memiliki dielektrik yang berbeda tetapi dengan jarak ke proximity sensor dan luas penampang yang sama

Pengujian Arduino Mega 2560

Pengujian pada Arduino Mega 2560 dapat dilakukan dengan mengupload program ke Arduino Mega 2560 yang ditunjukkan dalam Gambar 8. Setelah program terupload dengan baik, LED 13 akan merespon dengan baik status nyala dan padam sesuai dengan perintah yang ditunjukkan dalam Gambar 9.



Gambar 8. Konfigurasi Arduino Mega 2560



Gambar 9. Konfigurasi PLC

Pengujian Motor Penggerak

Motor penggerak DC digunakan sebagai penggerak belt konveyor untuk membawa barang (kaleng), proses pengujian dilakukan dengan memberikan catu daya 24 VDC maka motor akan berputar dengan menggerakkan gear / roller yang ada pada konveyor untuk memutar belt konveyor. Dengan memberikan catu daya 24 VDC sebagai keluaran (output) dari Arduino Mega 2560 dapat membuat speed konveyor berputar sangat cepat sehingga obyek yang diatas konveyor berjatuh maka tindakan yang dilakukan dengan menurunkan tegangan 24 VDC menjadi 12 VDC, dengan menambahkan relay 24 VDC

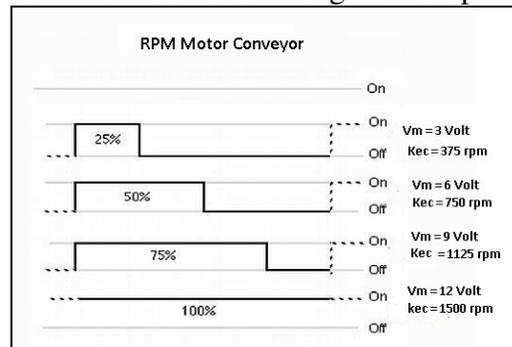
Pengujian Modul Driver Motor L298

Langkah yang dilakukan untuk pengujian driver motor L298 dengan menghubungkan Arduino Mega 2560 dengan modul driver . Kemudian motor DC dihubungkan pada pin M2+/M2- untuk motor DC kiri dan pin M1+/M1- untuk motor DC kanan serta modul Arduino Mega 2560 dihubungkan dengan laptop. Untuk menguji modul dapat mengupload listing program (Lampiran) ke Arduino Mega 2560. Hasil pengujian modul driver motor L298 ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Modul Driver Motor L298

No	Arah		PWM		Motor Kiri	Motor Kanan	Keterangan Arah Gerak Motor
	Pin 4	Pin 7	Pin 5	Pin 6			
1	0	0	0	0	Stop	Stop	Berhenti
2	0	1	0	58	CW	Stop	Ke Arah Kiri
3	1	0	58	0	Stop	CW	Ke Arah Kanan
4	1	1	58	58	CW	CW	Maju
5	0	0	58	58	CCW	CCW	Mundur

Gambar 10 adalah sinyal pulsa motor PWM dimana tegangan 12 volt dan RPM 1500 diinjeksikan pada kaki EN12 dan akan mengatur kecepatan motor



Gambar 10. Sinyal PWM

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3 dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Pada poin 1. Nilai dari arah diset pada nilai 0 “false” dan nilai PWM diset 0. Hasilnya pengujian menunjukkan kedua motor DC tidak melakukan respon (bergerak)
- Pada point 3. Nilai dari arah motor kanan 1”true” sedangkan nilai arah motor kiri diset nilai 0 false” dan besar nilai PWM kanan diset 58. Respon dari tiap roda bergerak maju (CW).

Dari hasil pengujian pada Tabel 3 dapat dinyatakan driver motor L298 dan motor DC kondisinya masih bagus

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada Mini Plant Sistem Pengendali Limestone Weight Feeder, didapatkan data error (kesalahan) pembacaan sensor dan load cell sebesar 0.067%. Dari gambar 4.1 yang menggambarkan grafik hubungan antara berat beban dan tingkat kesalahan (error) dapat dilihat bahwa semakin berat beban yang dilewatkan pada weight feeder maka semakin besar juga error yang didapatkan, hal ini dapat menjadi referensi untuk pihak pemeliharaan pada PLTU Tanjung Jati B untuk melakukan kalibrasi pada setiap pergantian beban agar didapatkan data yang akurat

KESIMPULAN

Demikian Penelitian ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan pada Teknik Elektro Universitas Merdeka Malang yang dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

- Sistem pengontrolan Limestone Weight Feeder pada FGD berbasis Arduino Mega 2560 memiliki nilai rata – rata tingkat kesalahan sebesar 0.067%.
- Sistem Kontrol Limestone Weight Feeder dengan berbasis PLC dan Arduino Mega 2560 lebih aplikatif dibanding sistem kontrol menggunakan PID dan Fuzzy
- Mini Plant untuk Sistem Kontrol Limestone Weight Feeder pada FGD dapat disempurnakan untuk penelitian lebih lanjut

DAFTAR PUSTAKA

- Chandra Saputro, Sumardi, ST.MT, Budi Setiyono, ST.MT, *Kendali Self Tuning Fuzzy PI Pada Pengendalian Weight Feeder Conveyor*, Teknik Elektro, Undip, Semarang, 2007.
- Saimo Technology, *Saimo Integrator 6105 Feeder Controller Operation Manual*, Australia, 2011.
- Black and Veatch, *Operation and Maintenance, Flue Gas Desulfurization*, Vol. 7, 2011.
- Wijaya, M. Budiyanto, *Pengenalan dasar – dasar PLC (Programmable Logic Controller)* Gava Media, Yogyakarta, 2006.
- Fernando Briz, et al. *Speed Measurement Using Rotary Encoder for High Performance ac Drives*. IEEE Trans.2012.
- Artanto, Dian, *Interaksi Arduino dan Labview*, PT. Elex Media Komputindo, Bandung, 2012.
- Livinti Petru, *PWM Control of a DC motor Used to drive a Conveyor Belt*. Procedia Engineering Vol. 100,p,200-304, University of Bacau, 2015, Rumania.