

Prototipe Pengisian Gula Pasir Dengan *Screw Conveyor* Dilengkapi Kalibrasi Timbangan Berat Metode CSIRO Dan Teknologi RFID *Programmable* Serta *Datalogger*

Setya Ardhi¹, Tjwanda Putera Gunawan²

¹Program Studi Teknik Elektro – Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya

²Program Studi Teknik Informatika - Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya

Email: 1setyaardhi@stts.edu , 2tjwanda@stts.edu

Abstrak

Pada Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) terdapat usaha untuk pengemasan gula pasir dalam bentuk kemasan berbagai ukuran, umumnya dilakukan secara manual serta diukur dengan timbangan berat, sehingga ketelitian dan pengisian kurang maksimal. Selanjutnya membutuhkan tenaga operator yang terampil dan membutuhkan ketelitian yang ekstra untuk mengisi kemasan gula dalam beberapa ukuran yang bervariasi.

Penelitian ini dibuat sebuah prototipe dalam pengisian gula pasir dengan lebih teliti dengan bantuan metode kalibrasi berat yaitu metode CSIRO, kemudian pengisian dibantu mekanik screw conveyor distribusi kedalam plastik kemasan berat pilihan (250 gram, 500 gram, 1000gram, 1500gram, dan 2000 gram). Didukung dengan perangkat elektronik teknologi RFID dan berbasis mikrokontroler Arduino. Tampilan LCD menampilkan pilihan berat gula dari kartu RFID yang ditempelkan pengguna pada mesin sehingga mendistribusikan gula akan diukur oleh sensor berat (load cell) sebagai timbangan. Dilengkapi fasilitas data logger sebagai hari dan tanggal pengisian gula, berapa lama pendistribusian.

Dari hasil kalibrasi berat dengan metode CSIRO pada ukuran ketidakpastian (U_{MC}) dari anak timbangan/massa standard sebagai referensi mendapatkan hasil tiap massa berat $< 1,5$ dimana tidak melebihi 3 kali daya baca sensor berat, nilai resolusi timbangan (U_R) 0,2887, nilai kemampuan baca kembali (U_T) 0,1. Timbangan dikalibrasi menggunakan massa standart di berbagai titik pan timbangan dan memiliki akurasi < 1 gram. Hasil uji coba penimbangan menghasilkan standar deviasi $< 2,5$. Hasil durasi waktu yg dibutuhkan pengisian kemasan yaitu 34 detik untuk 250g, 50 detik untuk 500 gram, 1 menit 3 detik untuk 1000 gram, 1 menit 33 detik untuk 1500 gram, dan 1 menit 40 detik untuk 2000 gram.

Kata Kunci : *Pengisian Gula pasir, Metode CSIRO, Sensor Berat, Teknologi RFID*

PENDAHULUAN

Dalam proses pemindahan barang atau biasa disebut proses material handling tentunya tidak terlepas dari peran manusia, mesin dan peralatan [9]. Agar semua kegiatan material handling berjalan dengan baik tentunya setiap aspek harus saling melengkapi. Alat distribusi atau pengangkut pada perindustrian banyak sekali variasi, semua bergantung dari bahan yang hendak disalurkan /didistribusikan serta lokasi distribusi akan diperhatikan juga. Setiap alat pengangkut memiliki spesifikasi tertentu [8]. Pada umumnya industri UMKM dalam distribusi bahan memanfaatkan gravitasi untuk memasukan bahan dalam sebuah kemasan atau dikenal dengan teknik *bucket elevator*. Namun pada penelitian ini memanfaatkan *Screw conveyor* dimana ada beberapa conveyor yang sering dipakai seperti *Belt conveyor* merupakan conveyor

sederhana, yaitu terdiri dari belt (sabuk) yang rata dan di hubungkan 2 (dua) buah *pulley*. Menurut [5] belt conveyor adalah alat angkut yang dapat digunakan untuk memindahkan material dalam bentuk satuan atau tumpahan yang bekerja secara horizontal atau maupun membentuk sudut inklinasi tertentu. *Vibrating conveyor* merupakan suatu alat yang mengangkut material dengan cara getaran. Bucket elevator adalah suatu alat pemindah bahan material dengan jarak ketinggian tertentu [5] Pemilihan metode conveying berdasarkan aplikasi aktual dan jenis material yang akan dibawa. Screw conveyor adalah jenis conveyor yang paling banyak digunakan dalam industri pertanian seperti pemindahan granul (biji-bijian) dan di penelitian ini memakai bahan gula pasir, yang dimana material gula pasir ini dalam butiran kecil. Oleh karena metode screw conveyor lebih baik dalam memindahkan material, ramah lingkungan, struktur yang sederhana dan efisiensi [15]. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah membangun teknologi manufaktur berupa mesin pengisi dengan memanfaatkan desain screw conveyor [4] untuk mengisi gula pasir dalam kemasan dengan memperhatikan kemudahan dalam hal pengoperasian, sehingga membutuhkan sedikit operator dalam pengoperasiannya dimana dilengkapi dengan identifikasi kartu RFID sebagai input untuk menentukan banyaknya kapasitas yang dikehendaki, dimana pada penelitian ini untuk kapasitas 250 gram, 500 gram, 1000 gram, 1500 gram dan 2000 gram. Mengapa pada penelitian ini memakai bahan gula karena gula merupakan komoditas yang mempunyai nilai strategis bagi ketahanan pangan dan peningkatan pertumbuhan perekonomian masyarakat Indonesia [14]. Di lain pihak, produksi gula nasional saat ini tidak mencukupi kebutuhan dalam negeri, baik untuk konsumsi rumah tangga maupun industri. Pada tahun 2008, produksi sebesar 2,74 juta ton, sementara konsumsi mencapai 3,58 juta ton [13].

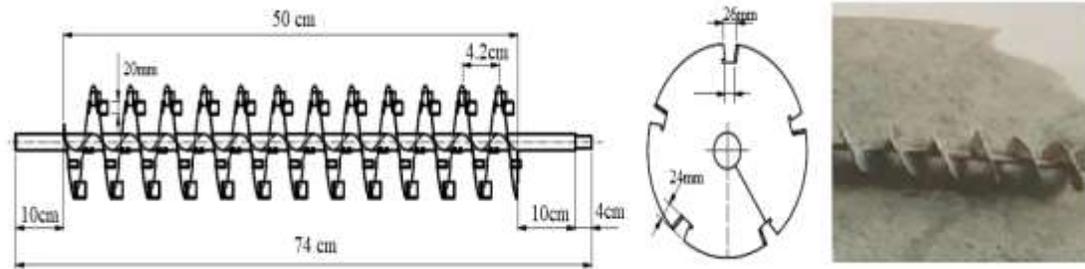
TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pustaka yang akan dipakai dalam penelitian ini meliputi pembuatan screw conveyor, pembuatan hopper, pengendalian sistem kendali dalam perputaran motor DC untuk membantu screw conveyor, koneksi delta sigma dan HX711 elektronika dengan sensor berat sebagai timbangan, serta metode CSIRO sebagai uji coba efektifitas sensor berat sebagai timbangan suatu massa.

Pembuatan Screw Conveyor dan Hoper sebagai Mekanik Dorong Bahan Gula

Pemakaian teknologi *screw conveyor* sering digunakan di perindustrian sehingga meningkatkan produksi pencampuran yang homogen, efisiensi, keefektifan dan efisiensi dalam penggunaan tenaga kerja. Screw conveyor secara kinerja bersifat screw dimana memiliki ulir dan arah putaran searah jarum jam (clockwise) [2]. Alat ini merupakan alat bantu dalam mendistribusikan material berbentuk bubuk dan halus. Pada gambar 1 merupakan dimensi dasar dalam pembuatan screw conveyor yang akan dipakai dalam penelitian ini. Pembuatan screw conveyor seperti pada gambar 1, meliputi pengerjaan seperti pemotongan bahan dengan material SS 304 dimana merupakan jenis baja tahan karat austenitic stainless steel, dimana pemotongan bahan ini dengan mesin gerinda dan dibuat bentuk ulir seperti lingkaran dengan diameter

150 mm x 12 lembar. Kemudian diikuti dengan pengelasan dengan bahan SS 304 dengan bahan Elektroda berdasarkan standart AWS E308-16, diameter elektroda = 2.6



Gambar 1. Perancangan Screw Conveyor

mm. Daun screw atau keping screw merupakan bagian mesin screw conveyor yang mendorong material di dalam *body housing* mesin, sehingga daun screw timbul gaya dorong yang dihasilkan oleh putaran mesin atau dipasangkan dengan motor pemutar sehingga massa material dapat didistribusikan [12]. Screw conveyor merupakan salah satu jenis alat pemindah bahan yang berbentuk ulir dan berfungsi untuk memindahkan material curah serta dapat pula untuk mencampurkan, memampatkan material yang dipindahkan dengan merubah tipe ulir. Bagian utamanya adalah poros yang dilengkapi screw yang berputar dalam casing, poros tersebut diputar oleh motor yang terletak pada sisi luar casing. Alat ini pada dasarnya berbentuk mirip sekrup. Pisau berpilin ini disebut flight [1]. Screw conveyor terdiri dari poros yang terpasang di screw yang berputar dalam casing (*trough*) dan penggerak. Screw conveyor berputar secara konstan karena ditopang oleh gantungan bantalan (*hanger bearing*) dan bantalan (*bearing*) yang terdapat pada tiap ujung screw. Perputaran screw akan mendorong bahan sepanjang *trough* (casing). Pada saat screw berputar, material dimasukkan melalui cawan pengisi (*feeding hopper*) ke screw yang bergerak maju akibat daya dorong screw [3]. Poros dan screw berputar sepanjang lintasan yang sudah ada. Material atau bahan yang berada di dalam screw akan dikeluarkan pada ujung *trough* atau bukaan bawah *trough*. Tidak semua jenis bahan/material dapat dipindahkan dengan baik menggunakan screw conveyor, untuk memindahkan bahan material yang berbentuk bongkahan besar, mudah hancur, abrasif dan yang mudah menempel, screw yang akan digunakan harus dirancang terlebih dahulu menyesuaikan dengan sifat material yang akan dipindahkan. Kapasitas screw conveyor tergantung pada diameter screw (D meter), standart pitch (P meter) dan kecepatan putar (n rpm), Luasan Screw (A) [10].

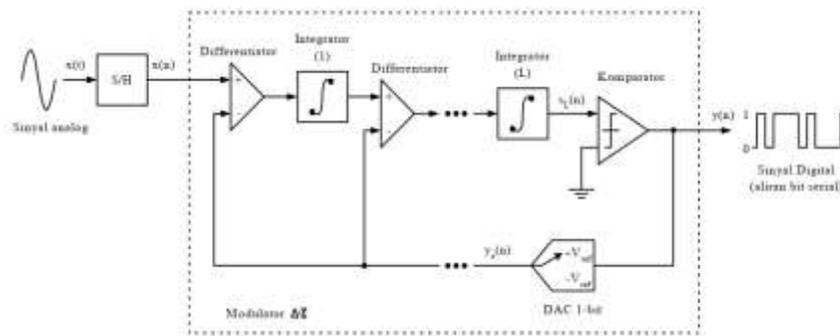
$$Q = A \times P \times n \quad (1)$$

Ada beberapa persamaan untuk diameter screw (D meter), kapasitas screw (Q m³/menit), diameter poros screw (d meter), standart pitch (P meter).

$$Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \times p \times rpm \quad (2)$$

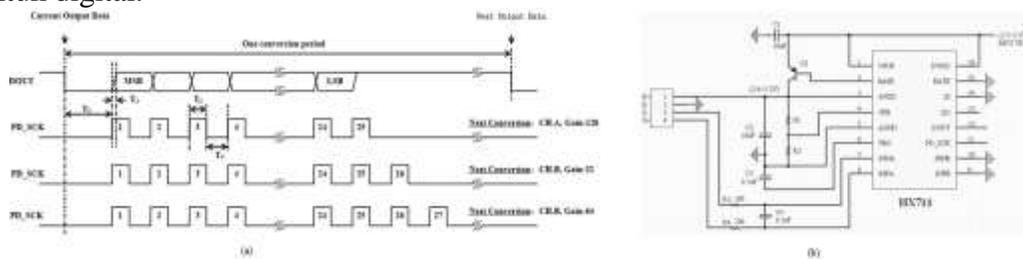
Modul Delta Sigma dan Modul HX 711 Sebagai Konversi Oversampling Dari Sensor Berat.

Modulator Delta Sigma merupakan suatu modulator pulsa dengan komponen dasar yang terdiri dari *integrator* (penjumlahan) dan *differentiator* (penyelisih) serta sebuah pengkuantisasi 1-bit (komparator) dan converter digital ke analog (DAC) 1-bit [7] Sinyal masuk ke analog akan disorting sehingga menghasilkan sinyal waktu diskrit. Pada integrator pertama merupakan selisih antara sinyal $x(n)$ dan sinyal analog 1-bit. Masukkan integrator berikutnya berupa selisih antara sinyal keluaran integrator sebelumnya dan sinyal $y_a(n)$. Sinyal keluaran integrator dikuantisasi oleh pengkuantisasi 1-bit yang indentik dengan sebuah komparator(pembanding). Sinyal $y(n)$ dikirimkan kembali ke setiap differentiator melalui sebuah DAC 1-bit. Arsitektur umum ADC dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Arsitektur Umum ADC

Prinsip kerja HX-711 yaitu dimana sensor mendapatkan gaya tekan sehingga menimbulkan sensor regangan. Ketika bagian lain yang lebih mendapatkan tekanan, maka pada sisi lain akan mengalami perubahan regangan yang sesuai dengan yang dihasilkan oleh strain gauge. Hal ini terjadi karena ada gaya yang seakan melawan pada sisi lainnya. Prinsip kerja modul HX-711 dapat dilihat pada gambar 3a. Skema modul HX-711 merupakan bagan yang menjelaskan tentang tata cara penunjang modul HX-711 bekerja dengan menerima sinyal sensor dari load cell. Load cell akan mengirimkan sensor regangan yang berbentuk sinyal analog dan akan diubah menjadi bentuk digital.



Gambar 3. Prinsip Kerja dan skema Modul HX-711

DOUT dan PD_SCK mendapat inputan dari load cell dimana berat sensor modul akan merubah dari sinyal analog menjadi sinyal analog dengan bentuk seperti getaran pulsa 1, 2 dan seterusnya. Skema Modul HX-711 dapat dilihat pada Gambar 3b.

Teknik Kalibrasi Timbangan Elektronik Menggunakan Metode CSIRO

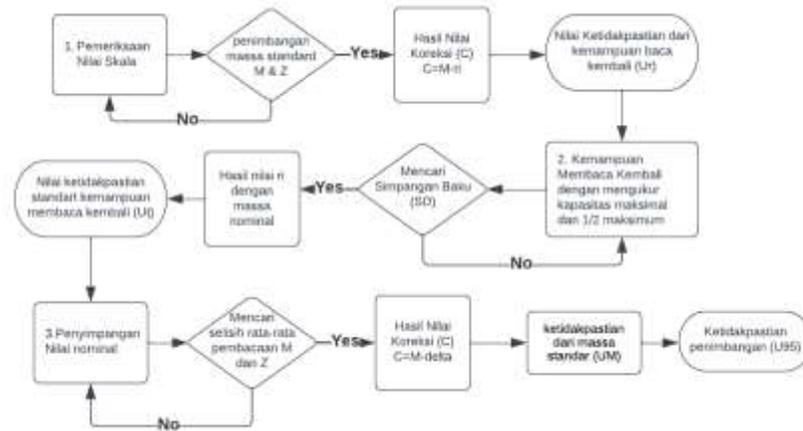
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation). Anak timbangan yang digunakan adalah anak timbangan kelas M_1 [6]. Hasil yang didapatkan dari kegiatan kalibrasi pada penelitian ini adalah mengetahui nilai kebenaran konvensional dari timbangan yang dikalibrasi menggunakan standar kelas M_1 . Mengetahui kualitas hasil pengukuran, dengan melihat nilai ketidakpastian hasil kalibrasi timbangan elektronik. Kegiatan kalibrasi dapat dievaluasi menggunakan evaluasi ketidakpastian tipe A dan B [11]. Pemeriksaan nilai skala merupakan sebuah prosedur yang diperlukan untuk mengetahui apakah sensor load cell perlu dilakukan kalibrasi atau tidak. Pada sensor load cell sangat diperlukan dan diharuskan melakukan pemeriksaan nilai skala secara berkala.

$$C = M - r_i \quad (3)$$

Melihat pada rumus 3 nilai koreksi (C) lebih besar dari 3σ yang dimana σ merupakan simpangan baku (SD) dari kemampuan baca kembali yang ditentukan sebelumnya, maka timbangan perlu dilakukan kalibrasi ulang, dengan melihat perbedaan \bar{M} dan \bar{Z} dan lakukan pencatatan sebagai r_i , dimana \bar{M} atau M merupakan penimbangan massa standard sedangkan \bar{Z} atau Z merupakan pencatatan di posisi stabil. Sehingga dicari ilai ketidakpastian dari kemampuan baca timbangan yang didapat dari resolusi timbangan dengan menggunakan rumus 4.

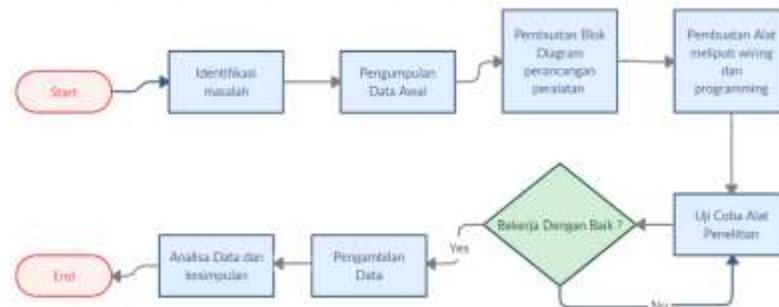
$$U_R = \frac{1/2 \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

Dengan melihat dari gambar 4 maka dimulai dari pemeriksaan nilai skala, kemudian akan dilanjutkan penimbangan massa standard sehingga nantinya mendapatkan nilai ketidakpastian dari kemampuan baca kembali (U_R) hingga terakhir pada nilai ketidakpastian dalam penimbangan atau disebut (U_{95}).



**Gambar 4. Diagram Alur Metode CSIRO dalam kalibrasi timbangan
 METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan jenis metode analisis eksperimen studi kasus satu tembakan (*experimental research One-Shoot Case Studi*) yang bertujuan untuk mengetahui desain sistem kontrol, dan mengetahui keakuratan volume proses pengisian dengan screw driver pada mekanik serta penimbangan secara efektif sensor berat atau load cell pada proses penimbangan gula pada sebuah wadah.



Gambar 5. Flowchart Metode Perancangan

Dimulai dari identifikasi masalah dan analisa permasalahan pada gambar 5 dalam analisa kerja alat bisa diketahui apakah alat bisa berfungsi dengan baik. Dari data yang diambil apakah terjadi penyimpangan yang cukup signifikan atau tidak diantara data-data yang sama, atau hasil yang diambil merupakan data yang relatif sama. Berikut merupakan rencana analisis kerja mesin pengisi gula pasir :

- Mengetahui sistem kontrol dengan mengontrol putaran motor yang tersambung dengan mekanik screw driver untuk melakukan pengisian gula pasir ke wadah serta memonitoring penyimpanan dari tandon utama.
- Menganalisa keakuratan penimbangan berat dengan sensor berat load cell dan HX711 dengan kalibrasi sensor
- Melakukan pencatatan pengisian gula ke media penyimpanan berupa SD Card lengkap dengan waktu yang tersedia pada alat tersebut.

- Keluaran gula yang diisikan bisa di programmable dengan bantuan kartu RFID sebagai input banyaknya kapasitas yang diinginkan oleh pengguna.
- Menerapkan Metode CSIRO sebagai parameter pengukuran Timbangan Digital berdasarkan perhitungan laboratorium alat ukur yang terstandarisasi.

Setelah itu pengumpulan data awal Berikut merupakan data awal yang didapat dari beberapa sumber yang didapat sebagai sumber perbaikan dan penyempurnaan :

- Pengisian gula pada UMKM daerah wiyung dengan cara manual/tradisional dengan pengisian dengan melihat penguukuran pada timbangan pada umumnya.
- Pengisian gula pada UMKM daerah babatan dengan mesin otomatis Mesin Packing/Kemas Sachet Otomatis Butiran/Bubuk FZS-100TSS tetapi ada kekurangan Cuma maksimal 100 gram dan tidak bisa ada datalogger, dan cukup mahal.
- Output pengisian dengan *single channel*, dan tidak bisa programmable dan tidak bisa bervariasi dalam berbagai ukuran.
- Waktu produksi untuk point 1 dengan volume 1000 gram selama 2 menit, sedangkan dengan mesin FZS-100TSS membutuhkan sekitar 1.5 menit untuk volume 1000 gram.
- Uji coba akurasi keluaran yang dihasilkan untuk FZS-100TSS sekitar 2 gram.

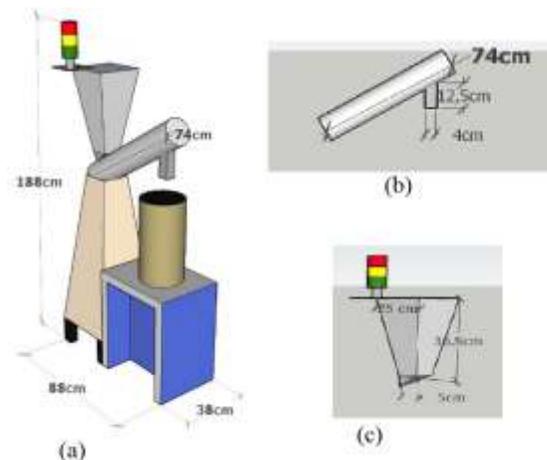
Pada bagian ini pembuatan mesin/mekanik, perangkat elektronika dan perangkat lunak yang dirancang merupakan point-point khusus yang akan menjadi dasar penelitian ini yang meliputi beberapa bagian yaitu :

- Desain mekanik mulai dari hopper utama/tangki sebagai penyimpanan gula sementara dengan kapasitas 5 – 10 kg, desain distribusi gula dengan motor pendorong dilengkapi dengan *screw conveyor*, dan pengendalian putaran motor gearbox dengan kecepatan 20 rpm.
- Desain Perangkat keras elektronik meliputi rangkaian pengendali, sensor berat sebagai timbangan, RFID input sebagai programmable kapasitas kemasan yang diinginkan, serta penyimpanan *history* dari pengisian gula dengan SD Card *storage*.
- Desain perangkat lunak meliputi perangkat lunak penghubung atau interface dengan pengguna seperti input data volume gula yang diminta melalui RFID dan tampilan display serta kontrol digital input / output, serta pencatatan dengan fungsi waktu melalui Real Time Clock (RTC) dan di catat dalam data SD Card.
- Perhitungan kalibrasi timbangan berat berdasarkan metode CSIRO.

Pada bagian pengambilan data, analisa kerja alat dan uji coba beberapa point untuk proses pengambilan data serta beberapa poin yang akan diuji coba pada penelitian ini yaitu seperti pengambilan data keluaran dari sensor berat dan selanjutnya di kalibrasi. Uji coba *error* ketelitian sensor berat, uji coba waktu yang dibutuhkan saat proses pengisian, uji coba daya yang dibutuhkan pada alat tersebut.

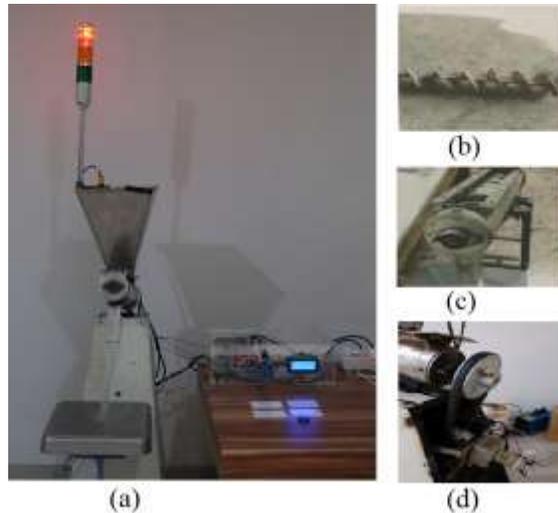
Perancangan Perangkat Mekanik dan Pendukung Rangkaian Elektronik

Pada sub bab ini akan menjelaskan tentang perancangan perangkat keras mekanik. Mulai dari perancangan desain panel kontrol, bodi utama, tangki penyimpanan gula, penopang sensor berat, distribusi gula dengan motor pendorong dilengkapi dengan *screw conveyor*. Pada gambar 6 adalah desain alat pengisian gula secara keseluruhan. Untuk secara keseluruhan ukuran dimensi alat ini adalah 60 cm x 40 cm x 125 cm. Jika dibandingkan dengan alat pengisian air standar mesin pabrik yaitu FZS-100TSS Mesin Size (P x L x T) : 43 x 51 x 140 cm alat ini sedikit jauh lebih besar, hal ini dikarenakan ukuran tangki penyimpanan gula yang jauh lebih besar dari ukuran FZS-100TSS yang kapasitas hopper 2 kg. *Screw conveyor* pada gambar 6b dan gambar 7b dan gambar 7c merupakan salah satu jenis alat pemindah bahan yang berbentuk ulir dan berfungsi untuk memindahkan material kecil-kecil maupun bahan adhesive (bergumpal). Hopper pada gambar 6c adalah suatu wadah atau tampungan yang terdapat pada alat pengukuran gula dengan ukuran berat ini. Timing belt pada alat ini pada gambar 7d dipasang pada gear motor DC dengan gear pada screw conveyor.



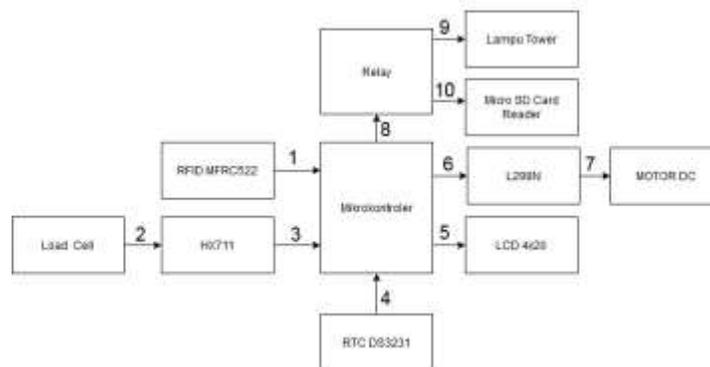
Gambar 6. Sketsa Perangkat Mekanik Pengisi Gula Pasir

Penghubungan timing belt sebagai screw conveyor dapat berputar dan mendorong gula supaya bisa masuk ke dalam kemasan plastic yang dipasang pada mulut screw conveyor seperti pada gambar 7a. Dalam pembuatan perangkat keras elektronik terdiri dari beberapa komponen. Berikut merupakan blok diagram dari pembuatan alat pengisi gula dengan pengukuran berat dan identifikasi dengan rfid pada gambar 8 sebagai berikut. Komponen RFID tag menyimpan data inputan berat dan mengirimkan data pada MFRC522 reader inputan berat yang diinginkan. Kemudian Load cell mengirimkan sinyal tegangan kecil yang dikonversikan oleh modul HX711, dimana proses selanjutnya HX711 menguatkan sinyal pada loadcell dan mengkonversikan menjadi digital ke mikrocontroller.



Gambar 7. Perangkat Mekanik Pengisi Gula Pasir

Pada rangkaian RTC DS3231 sebagai pengingat waktu dan tanggal yang digunakan untuk pencatatan data logger. Pada tampilan display pada LCD digunakan untuk sebagai informasi pada sebuah program yang telah diimplementasikan. Pada pengendali driver L298N sebagai pengontrol kecepatan serta arah putaran motor DC dengan dibantu teknik modulasi lebar pulsa, sehingga motor DC sebagai pendorong screw conveyor dan penggilas gula. Pada komponen relay sebagai penyambung dan pemutus arus listrik pada lampu, selain itu digunakan pada micro SD pada pin CS dikarenakan pin spesial MISO. Sedangkan lampu tower sebagai pendeteksi hopper gula hampir habis dan sebagai pendeteksi jika proses pengisian gula telah berhasil.

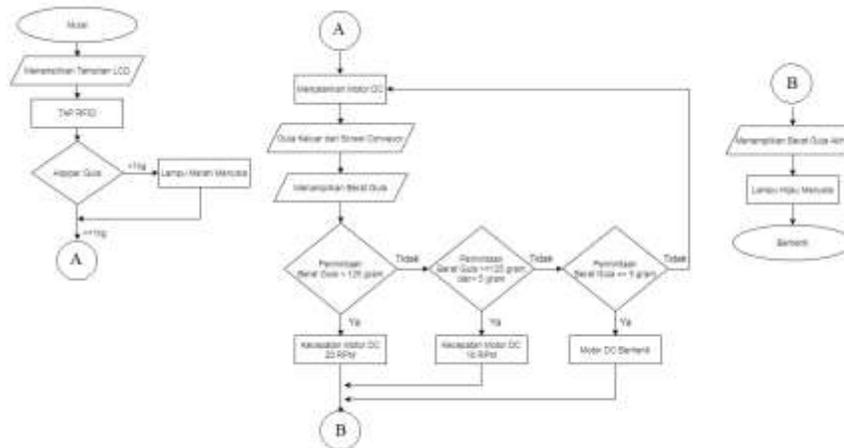


Gambar 8. Blok Diagram Perangkat Elektronik Pengisi Gula Pasir

Dan pada akhirnya Micro SD Card Reader digunakan sebagai pemberi data logger dan menyimpan data pada SD Card.

Perancangan Perangkat Lunak

Pada sub bab ini akan menjelaskan tentang perancangan perangkat lunak dimana dibagi menjadi 5 bagian program yang dikontrol oleh Arduino Nano. Program itu untuk mengontrol LCD (20x4), RFID MFRC522, motor DC, sensor load cell, dan SD Card. Berikut penjelasan cara kerja alat dan *flowchart* gambar 9 dimulai pada mengisi hopper dengan batas hopper sebanyak 5kg, selanjutnya menyalakan alat dengan menyambungkan tegangan 5V DC pada Arduino Nano dan tegangan 220 V AC pada power supply untuk motor DC..



Gambar 9. Flowchart Alur Kerja Perangkat Lunak Pengisi Gula Pasir

Menempelkan kartu RFID ke RFID MFRC reader dengan memilih kartu dengan inputan berat yang diinginkan. Pada motor DC screw conveyor untuk mendorong gula supaya jatuh pada platform timbangan dengan kecepatan maksimum 20 rpm dan dari bagian tersebut maka gula yang jatuh pada bak timbangan akan diukur secara langsung, bila berat telah mencapai kurang dari 125 gram dari berat yang dituju maka motor DC akan menurunkan kecepatan menjadi 10 rpm, ketika berat telah mencapai kurang dari 5 gram dari berat yang dituju terpenuhi maka motor DC akan berhenti Dan apabila lampu hijau telah menyala menandakan proses pengisian gula telah selesai dan sekaligus penyimpanan data pada micro SD sudah diproses. Kemudian kembali lagi pada awal dengan menempelkan kartu RFID pada RFID reader.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat pengisian gula akan menjalankan sesuai dengan perintah dari data RFID. Sistem akan memproses apabila terdapat input dari RFID, yang dimana input tersebut dilakukan dengan cara menempelkan kartu RFID ke reader RFID. Cara untuk memproses berat gula 250 gram ke dalam plastik, sistem membutuhkan waktu sebesar rata-rata 20 detik 20 milidetik.

Tabel 1. Pengujian rata-rata kesalahan dan waktu pengujian 250 gram

Penjelasan	Keterangan
Rata - rata kesalahan penimbangan	5,23 gram
Rata - rata waktu yang dibutuhkan	20 detik 20 milidetik
Standart deviasi	4,65

Perbedaan nilai penimbangan antara mesin otomatis dengan timbangan digital memiliki nilai rata-rata kesalahan penimbangan 5,23 gram. Standart deviasi merupakan nilai penyimpangan yang dihasilkan oleh alat terhadap hasil yang diinginkan. Nilai penyimpangan untuk massa berat 250 gram sebesar 4,65 gram. Hasil pengujian alat pengisian gula untuk berat gula 250 gram dapat dilihat pada grafik gambar 10.



Gambar 10. Grafik Pengujian Perbandingan Berat Gula 250 Gram

Sistem pengisian gula akan dinyatakan berhasil atau selesai apabila lampu proximity berwarna hijau dan data akan dikirim ke data logger. Hasil data yang akan tersimpan pada data logger akan ditampilkan pada display LCD dengan menampilkan “Data Terkirim”. Pada display LCD akan menampilkan berat yang terbaca oleh sensor load cell pada alat pengisian gula dan waktu pengambilan gula yang sudah selesai. Hasil akhir display LCD beserta waktu penghitungan ketika sistem proses pengisian gula telah selesai dapat dilihat pada Gambar 11a, sedangkan di cek di timbangan keluaran pabrik yang terstandarisasi bisa dilihat pada gambar 11b



Gambar 11. Tampilan Akhir Display LCD dan Waktu (250 gram)

Alat pengisian gula akan menjalankan sesuai dengan perintah dari data RFID. Sistem akan memproses apabila terdapat input dari RFID, yang dimana input tersebut dilakukan dengan cara menempelkan kartu RFID ke reader RFID. Cara untuk memproses berat gula 500 gr, 1000 gram dan 2000 gram ke dalam plastik, sistem membutuhkan waktu yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian rata-rata kesalahan dan waktu pengujian 500 - 2000 gram

Kapasitas (Gram)	Rata - rata kesalahan penimbangan	Rata - rata waktu yang dibutuhkan	Standart deviasi
500	6,27 gram	34 detik 20 milidetik	3,65
1000	7,67 gram	54 detik	3,87
1500	6,03 gram	1 menit 10 detik 93 milidetik	3,54
2000	8,37 gram	1 menit 26 detik 03 milidetik	3,76

Perbedaan nilai penimbangan antara mesin otomatis dengan timbangan digital memiliki nilai rata-rata kesalahan penimbangan. Standart deviasi merupakan nilai penyimpangan yang dihasilkan oleh alat terhadap hasil yang diinginkan. Nilai penyimpangan untuk massa pada tabel 2 Hasil pengujian alat pengisian gula untuk berat gula 500 gr, 1000 gram dan 2000 gram dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Tampilan Akhir Display LCD dan Waktu (250 gram)

Cara untuk memproses berat gula 2000 gram ke dalam plastik, sistem membutuhkan waktu sebesar rata-rata 1 menit 26 detik 03 milidetik. Perbedaan nilai penimbangan antara mesin otomatis dengan timbangan digital memiliki nilai rata-rata kesalahan penimbangan 8,37 gram. Standart deviasi merupakan nilai penyimpangan yang dihasilkan oleh alat terhadap hasil yang diinginkan. Nilai penyimpangan untuk massa berat 2000 gram sebesar 3,76 gram. Hasil pengujian alat pengisian gula untuk berat gula 2000 gram dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Grafik Pengujian Perbandingan Berat Gula 2000 Gram

Hasil Uji Coba Terhadap Analisis Ketidakpastian

Kalibrasi sensor load cell diperlukan untuk mendapatkan nilai acuan dalam suatu massa berat tertentu sehingga diperlukan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan sudah akurat. Pengaturan kalibrasi sensor load cell dilakukan dengan cara menggunakan anak timbang sebagai pembanding. Hasil analisa uji coba kalibrasi yang dilakukan oleh standart laboratorium fisika dalam menguji alat timbangan digital dapat dijadikan acuan sebagai timbangan digital

maupun mekanik. Narasumber yang digunakan adalah dengan menggunakan acuan dari National Measurement Laboratory CSIRO, June 2004 dan Technical Note 13, NATA Australia, Agustus 1994. Pemeriksaan nilai skala merupakan sebuah prosedur yang diperlukan untuk mengetahui apakah sensor load cell perlu dilakukan kalibrasi atau tidak. Pada sensor load cell sangat diperlukan dan diharuskan melakukan pemeriksaan nilai skala secara berkala. Pemeriksaan nilai skala diperlukan secara berkala guna untuk mengetahui nilai kelayakan dalam penimbangan.

Berikut adalah contoh perhitungan nilai skala yang menggunakan metode dan prosedur sebagai acuan yang dilakukan oleh standart laboratorium fisika. Massa standart yang digunakan sebesar 2000 gram dan hasil pembacaan oleh sensor load cell sebesar 2000 gram. Begitu juga kita lakukan pengulangan, sensor load cell melakukan pembacaan dengan nilai yang sama. Cara untuk perhitungan koreksi (C) dapat menggunakan Rumus 1 Perhitungan resolusi timbangan (U_R) dapat menggunakan Rumus 2. Contoh perhitungan nilai skala dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Nilai Skala

Massa Standart (M)	Hasil Pembacaan		Rata-Rata		C (M-ri)
C	z1	0	\bar{Z}	0	
2000	m1	2000			
2000	m2	2000	\bar{M}	2000	0
0	z2	0			
Standart deviasi				0,32	0,95
U_R				0,29	

Berikut adalah contoh perhitungan kemampuan baca kembali yang menggunakan metode dan prosedur sebagai acuan yang dilakukan oleh standart laboratorium fisika. Massa standart yang digunakan sebesar 1000 gram dan 2000 gram. dan hasil pembacaan oleh sensor load cell sebesar 2000 gram. Begitu juga kita lakukan pengulangan, sensor load cell melakukan pembacaan dengan nilai yang sama.

$$U_t = \frac{\sigma_{maks}}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Perhitungan ketidakpastian standart dari kemampuan baca kembali (U_t) dapat menggunakan Rumus 5. Berikut adalah contoh perhitungan kemampuan baca kembali dengan menggunakan metode dan prosedur sebagai acuan yang dilakukan oleh standart laboratorium fisika dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 3. Perhitungan Kemampuan Baca Kembali

No	Kapasitas 1000 gram			Kapasitas 2000 gram		
	z1	m1	ri	z1	m1	ri
1	0	1001	1001	0	2000	2000
2	0	1000	1000	0	2000	2000

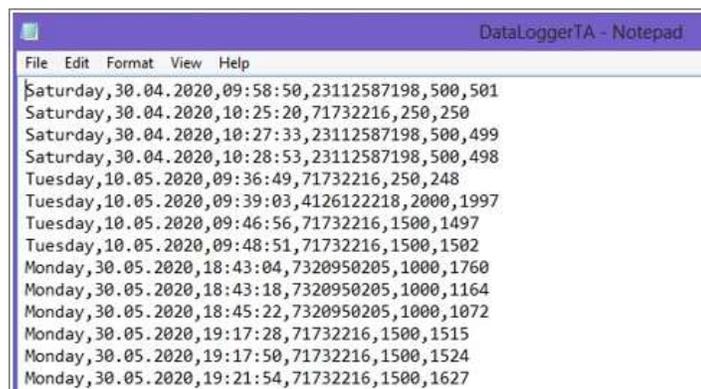
3	0	1001	1001	0	2000	2000
4	0	1000	1000	0	2000	2000
5	0	1000	1000	0	2000	2000
6	0	1000	1000	0	2000	2000
7	0	1001	1001	0	2001	2001
8	0	1000	1000	0	2000	2000
9	0	1001	1001	0	2000	2000
10	0	1000	1000	0	2000	2000
r_i max		1001			2001	
stdev		0,52			0,32	
U_t		0,16			0,10	

Hasil uji coba perhitungan penyimpangan nilai nol dengan menggunakan metode dan prosedur sebagai acuan yang dilakukan oleh standart laboratorium fisika. Massa standart yang digunakan sebesar 200 gram dan dilakukan sesuai dengan kelipatannya. Hasil perhitungan ketidapastian massa standart (U_{MC}) dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Kemampuan Baca Kembali

Q (Faktor koreksi maximum)	1,00		
Stdev maximal	0,316	U_R	0,2887
Batas Unjuk Kerja (F) = (2 x Stdev maks) + Q	1,63246	U_t	0,10
Ketidapastian Penimbangan U95		U_{MC}	1

Data Logger merupakan pencatatan data-data yang dihasilkan oleh sistem yang diperuntukkan sebagai laporan hasil kerja mesin dalam proses pengisian gula. Data logger memiliki peranan penting dalam sistem alat pengisian gula, guna untuk melihat hari, tanggal dan waktu dalam pengambilan gula serta pencatatan berapa banyak gula yang sudah terealisasi di alat pengisi gula tersebut bisa dilihat pada gambar 14



Gambar 14. Tampilan pencatatan pada datalogger

KESIMPULAN

Kesimpulan diperoleh berdasarkan beberapa tahap uji coba yang sudah dilaksanakan berkali-kali. Analisa mendalam juga dilakukan pada rancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Berikut kesimpulan-kesimpulan yg diperoleh yaitu

Timbangan dikalibrasi menggunakan massa standart (250 gram, 500 gram, 1000 gram, 1500 gram dan 2000 gram) di berbagai titik pan timbangan dan memiliki akurasi tidak lebih dari 1g.

Dengan uji coba sebanyak sepuluh (30) kali, hasil pembacaan berat gula yg diluncurkan dari screw conveyor ke wadah adalah sebagai berikut $250,3 \pm 2,45$ pada kapasitas 250 gram, $500,90 \pm 2,18$ pada kapasitas 500 gram, $999,90 \pm 1,37$ pada kapasitas 1000 gram, $1501 \pm 2,05$ pada kapasitas 1500 gram, dan $2000,20 \pm 1,14$ pada kapasitas 2000 gram. Rata-rata hasil uji coba secara keseluruhan untuk penimbangan 250 gram hingga 2000 gram menghasilkan standar deviasi tidak lebih dari 2,5.

Hasil rata-rata pembacaan durasi yg dibutuhkan untuk menyalurkan gula ke dalam wadah dalam tiga (3) percobaan yaitu 34 detik pada kapasitas 250g, 50 detik pada kapasitas 500 gram, 1 menit 3 detik pada kapasitas 1000 gram, 1 menit 33 detik pada kapasitas 1500 gram, dan 1 menit 40 detik pada kapasitas 2000 gram. Durasi untuk kapasitas 250 gram dan 500 gram tidak jauh berbeda dikarenakan luas penampang screw conveyor yang kecil untuk kapasitas 250 gram demi memastikan akurasi penimbangan.

Dari hasil kalibrasi berat dengan metode CSIRO pada ukuran ketidakpastian (U_{MC}) dari anak timbangan/massa standard sebagai referensi mendapatkan hasil tiap massa berat $< 1,5$ dimana tidak melebihi 3 kali daya baca sensor berat, nilai resolusi timbangan (U_R) 0,2887, nilai kemampuan baca kembali (U_T) 0,1.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Abdul Rahman, “Prototype Screw Conveyor Mesin Pendaaur Ulang Pasir Cetak 10 Ton/Jam”, *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017*, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta , 1-2 November 2017.
- [2]. Aenor Rofeg, Masruki Kabib, dan Rochmad Winarso, “Pembuatan Mesin *Screw Conveyor* Untuk Pencampuran Garam Dan *Iodium* Sesuai Sni 3556,” *Jurnal CRANKSHAFT*, vol.1, no.1, pp. 21-28 September 2018, ISSN: 2623-0720.
- [3]. A. Spivakovsky and V. Dyachkov, *Conveyor and Rotated Equipment*. Peace Publishers. Moscow, 1977.
- [4]. Azhar Basyir Rantawi, “Perancangan Unit Transfer (Screw Conveyor) pada Mesin Pengisi Polibag untuk Meningkatkan Efektivitas Kinerja di Bidang Pembibitan,” *Jurnal Citra Widya Edukasi (JCWE)*, vol.5, No.1, pp. 60-67, Mei 2013, p-ISSN:2086-0412.

- [5]. Endahwati, MT, Ir. Luluk, *Alat Industri Kimia*, 2009, UPN Press. Surabaya, Indonesia.
- [6]. Fuzi Marati Sholihah, “Teknik Kalibrasi Timbangan Elektronik Menggunakan Metode CSIRO,” *Jurnal Ilmiah Teknosains*, vol. 2, no. 2, pp 126-130. November 2016, e-ISSN 2476-9436, e-ISSN 2476-9436.
- [7]. J.C. Candy and G.C Temes, *Oversampled Methods for A/D and D/A Conversion, in Oversampled Delta-Sigma Data Converters*, 1992, IEEE Press.
- [8]. Kartolo, “Perencanaan Belt Conveyor Dengan Kapasitas 30 Ton Per Jam”. Tugas Akhir, *Jurusan Mesin Fakultas Teknik*, Universitas Diponegoro, Semarang, 1991.
- [9]. Muhammad Kholid Al Ayyubi and Jaelani Sidik, “Desain Perancangan Belt Conveyor Untuk Meningkatkan Keergonomian Proses Material Handling,” *Inovasi Jurnal Manajemen Industri & Manufaktur Industri*, vol. 2, no. 1, pp. 1-5, Juli 2020, E-ISSN : 2614-0969.
- [10]. Norman Brook. Ph.D. B.Sc(Eng), C. Eng, *Mechanich Of Bulk Material Handling*, Butterwits, 1971, London.
- [11]. PPI-KIM, *Ketidakpastian Pengukuran (PK-06)*, 2005, Graha widia Bakti Puspitek. Serpong, Indonesia.
- [12]. Sabardiyanto dan Norman Iskandar, “Analisis Mekanik Screw Conveyor Tubular Diameter 200 Mm Dengan Autodesk Inventor,” *Jurnal Teknik Mesin (JTM) S-1*, vol. 4, no. 2, pp. 178-186, April 2016.
- [13]. Sewoko. C, *Kebijakan Revitalisasi Industri Gula Nasional*, Bahan Forum Group Discussion di Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) Jakarta, 19 Oktober 2010, Asosiasi Gula Indonesia, 2012.
- [14]. Subiyanto, “Analisis Efektifitas Mesin/Alat Pabrik Gula Menggunakan Metode Overall Equipments Effectiveness,” *Jurnal Teknik Industri*, vol. 16, no. 1, pp. 41-50 Juni 2014, ISSN 1411-2485 print / ISSN 2087-7439 online, DOI: 10.9744/jti.16.1.41-50.
- [15]. Zareiforouh, Hemad. Komarizadeh , Mohammad Hasan and Alizadeh, Mohammad Reza. 2010, “Performance Evaluation of a 15.5 cm Screw Conveyor during Handling Process of Rough Rice (Oriza Sativa L.) Grains,” *Nature and Science Journal*, vol.8, no.6, pp. 66-74, ISSN: 1545-0740 Department of Mechanical Engineering of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Iran.