

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Setelah penyusun melakukan telaah terhadap beberapa referensi yang ada, ada beberapa yang memiliki keterkaitan dengan perancangan yang penyusun lakukan.

Perancangan Simulator Sistem Pengepakan dan Penyortiran Barang berbasis PLC Twido TWDLMDA20DTK, membahas tentang perancangan alat pengepakan dan penyortiran barang berdasarkan berat barang menggunakan sensor berat (*load cell*) dan PLC sebagai pusat kendali alat. Alat ini dirancang menggunakan *plant simulator conveyor* dan *elevator*. Secara sederhana prinsip kerja dari alat yang dirancang yaitu sistem mampu melakukan proses *packing* (pengepakan) dengan metoda pencacah barang, kemudian dari proses *packing* dihasilkan barang dengan berat yang bervariasi, untuk membedakan kualitas barang berdasarkan beratnya, maka perlu dilakukan proses *sorting* (penyortiran). Setelah dilakukan pengujian secara berulang-ulang, program *ladder diagram* yang dirancang berhasil membangun kerja sistem yang diinginkan. Secara terintegrasi, kerja sistem dipengaruhi oleh efisiensi waktu. ^[1]

Monitoring Model Sistem Pengepakan dan Penyortiran Barang Berbasis SCADA membahas tentang penelitian tentang model sistem mesin pengepakan dan penyortiran barang dengan menggabungkan *plant* konveyor

dan elevator yang dikendalikan secara otomatis oleh pengendali PLC. Seiring dengan perkembangan teknologi maka dibutuhkan pembaharuan dalam teknologi yang digunakan untuk pemantauan dan pengontrolan sistem pengepakan dan penyortiran barang dengan metode PWM dan menggunakan sistem SCADA berbasis *ethernet*. [2]

Sistem SCADA Untuk Pengepakan Produk membahas tentang perancangan sistem *monitoring* dalam proses penyortiran dan penataan produk dalam kemasan dengan menggunakan PLC sebagai pusat kendali alat keseluruhan serta sistem SCADA dengan aplikasi *WonderWare* sebagai sistem *monitoring* nya. Alat ini telah diuji coba dan dapat *memonitor* dan mengendalikan *plant* dalam memilah barang yang menggunakan indikator warna dengan sistem SCADA yang telah dikomunikasikan dengan PLC menggunakan sambungan *Local Area Network (LAN)*. [3]

Rancang Bangun Sistem Sortir Produk Kemasan Berdasarkan Berat Berbasis PLC (Bagian I) membahas tentang pembuatan sistem sortir produk kemasan dengan indikator berat. Dalam perancangan sistem ini menggunakan sensor *loadcell* sebagai pendeteksi berat produk kemasan yang akan di sortir, *Arduino Uno* sebagai pengganti modul *Analog-to-Digital Converter (ADC)* serta menspesifikasi kan berat, motor DC sebagai pendorong produk kemasan pada tiap *set point* dan penggerak konveyor, dan *limit switch* sebagai sensor pembatas gerak motor DC. [4]

Perbedaan Tugas Akhir yang akan dikerjakan penyusun dengan referensi – referensi di atas adalah penyusun akan menggunakan PLC Merk Schneider

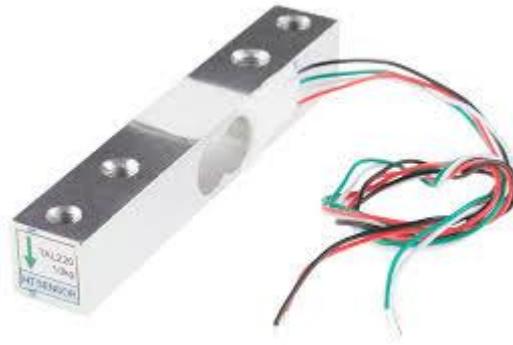
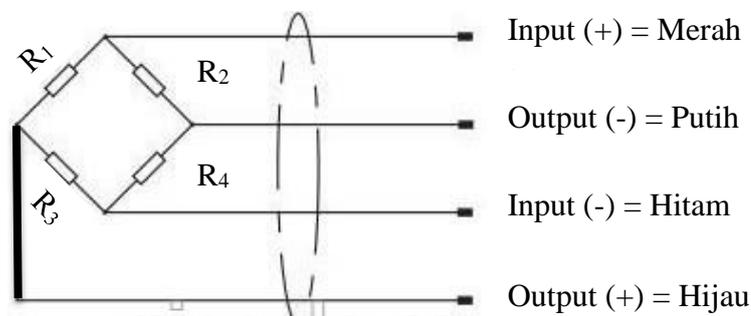
Modicon™ M221CE16R sebagai pusat kendali dari alat *monitoring* Pemilah Sampah Logam dan Nonlogam ini. Selain itu perbedaan Tugas Akhir yang akan dikerjakan penyusun adalah adanya penambahan sistem *monitoring* terhadap kapasitas di masing-masing tempat penampungan sampah logam dan nonlogam. Penambahan pada alat ini dirancang untuk mampu memonitoring dan memberikan tampilan visualisasi terhadap *plant* sistem. *Monitoring* menggunakan *Human Machine Interface (HMI)* yang terintegrasi dengan sistem *remote* jarak jauh atau yang lebih dikenal dengan istilah *Supervisory Controlling And Data Acquisition (SCADA)* dengan aplikasi Vijeo Designer 6.2 sehingga dapat menampilkan kondisi kapasitas penampungan sampah pada HMI.

2.2. Dasar Teori

Dasar teori merupakan definisi dan konsep dari komponen-komponen yang digunakan pada Tugas Akhir ini. Berikut dasar teori komponen-komponen pada alat Sistem Monitoring Berat Pada Alat Pemilah Sampah Logam Dan Nonlogam Dengan Sensor Berat (*Load Cell*) Berbasis *Programmable Logic Controller (PLC)*.

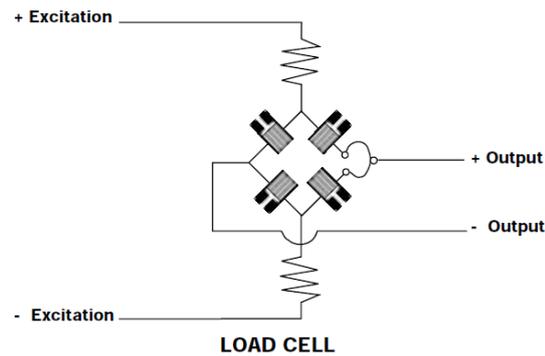
2.2.1. Sensor Berat (*Load Cell*)

Load cell merupakan sebuah *transducer* yang menghasilkan *output* yang proporsional dengan beban atau gaya yang diberikan.^[5] *Load Cell* digunakan pada aplikasi penimbangan beban. *Load cell* digunakan untuk mengkonversikan regangan pada logam menjadi sinyal elektronik. Sinyal elektronik dapat menjadi tegangan, arus, atau frekuensi tergantung dari tipe *load cell* dan rangkaian nya.^[5] Gambar 2-1 dibawah ini menunjukkan bentuk fisik dari sensor *load cell*.

Gambar (2-1) Sensor *load cell*Gambar (2-2) Konfigurasi kabel *load cell*

Pada gambar (2-2) diatas menunjukkan konfigurasi kabel *load cell*. Pada gambar (2-1) yang terdiri dari kabel berwarna merah, hitam, biru, dan putih. Kabel merah merupakan *input* tegangan sensor, kabel hitam merupakan *input ground* pada sensor, kabel warna biru / hijau merupakan *output* positif dari sensor dan kabel putih adalah *output ground* dari sensor. Nilai tegangan output dari sensor ini sekitar 1,2 mV.^[6]

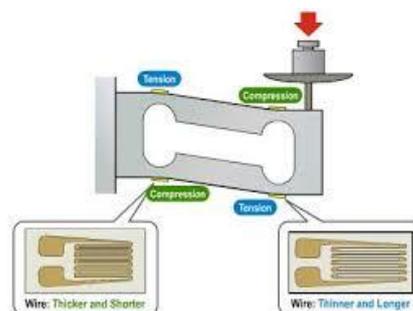
Pada umumnya, sensor *load cell* bekerja dengan prinsip Jembatan *Wheatstone*. Teori *strain gauge* dan Jembatan *Wheatstone* digunakan untuk merancang sebuah *load cell* dengan cara mengawatkan beberapa *strain gauge* di dalam konfigurasi jembatan *Wheatstone*. Gambar (2-3) dibawah ini menunjukkan *strain gauge* dalam rangkaian jembatan *Wheatstone*



Gambar (2-3) *strain gauge* dalam rangkaian

2.2.1.1. Prinsip Kerja *Load Cell*

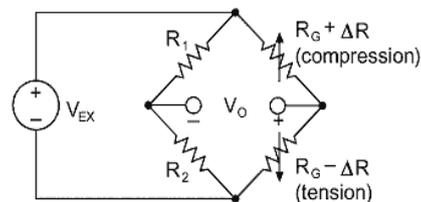
Prinsip kerja *load cell* dihitung dari perubahan resistansi yang terjadi akibat timbulnya sebuah regangan pada *foil metal strain gauges*. Perubahan resistansi diakibatkan oleh pemberian sebuah beban pada sisi yang elastis sehingga mengalami perubahan tekanan sesuai dengan yang dihasilkan oleh *strain gauge*. Dari hasil perubahan tekanan pada beban akan dirubah menjadi tegangan oleh komponen pendukung yang ada. Gambar (2-4) dibawah ini menunjukkan prinsip kerja *Load Cell*.



Gambar (2-4) Prinsip Kerja *Load Cell*

Selama proses penimbangan akan mengakibatkan reaksi terhadap elemen logam pada *load cell* yang mengakibatkan gaya secara elastis. Gaya yang

ditimbulkan oleh regangan ini dikonversikan kedalam sinyal elektrik oleh *strain gauge* (pengukur regangan) yang terpasang pada *load cell*. Gambar (2-5) dibawah ini menunjukkan skema jembatan *wheatstone*.



Gambar (2-5) Skema Jembatan *Wheatstone*

Pada gambar 2-5, Satu kawat regangan (atau "atas") menuju ke positif dari suplai eksitasi, dan satu kawat dari tegangan (atau "bawah") load cell pergi ke negatif (atau *ground*) dari suplai eksitasi. Dua kawat lainnya bergabung bersama dan membentuk simpul tengah cabang itu - *output* jembatan "positif". Output "negatif" adalah titik tengah dari dua resistor referensi. Secara teori, prinsip kerja *load cell* berdasarkan pada jembatan *Wheatstone* di mana saat *load cell* diberi beban terjadi perubahan pada nilai resistansi, nilai resistansi R_1 dan R_3 akan turun sedangkan nilai resistansi R_2 dan R_4 akan naik. R_1 , R_2 , dan R_3 adalah resistor resistor tetap (*fixed resistor*) dengan ketelitian tinggi. R_3 dibuat variabel (dapat diubah-ubah nilainya). R_4 adalah resistor tetap yang nilai hambatannya tidak diketahui.

Selama pengukuran untuk mencari nilai R_4 , nilai R_3 diatur sehingga tidak ada arus yang mengalir didalam rangkaian (dapat diketahui dengan melihat penunjukkan arus oleh Galvanometer). Dalam keadaan ini arus yang mengalir pada rangkaian resistor adalah = 0 atau "null". Kondisi tanpa arus yang mengalir didalam suatu rangkaian jembatan *Wheatstone* disebut keadaan setimbang, atau lebih dikenal dengan istilah kesetimbangan nol (*null balance*). Jika rangkaian

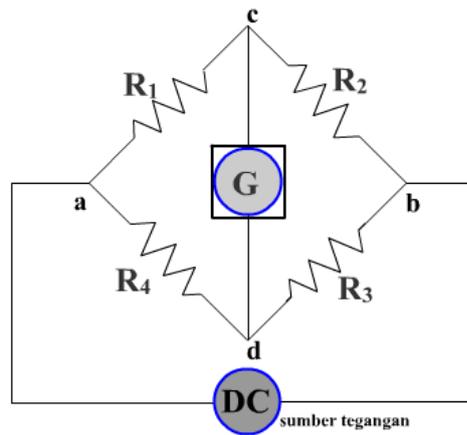
jembatan *Wheatstone* diberi beban, maka nilai R pada rangkaian akan berubah, nilai $R_1 = R_4$ dan $R_2 = R_3$. Sehingga membuat sensor *load cell* tidak dalam kondisi yang seimbang dan membuat beda potensial. Beda potensial inilah yang menjadi *outputnya*. Ketika posisi setimbang, $V_{out \text{ load cell}} = 0$ volt, namun ketika nilai resistansi R_1 dan R_3 naik maka akan terjadi perubahan V_{out} pada *load cell*. Pada *load cell output* data (+) dipengaruhi oleh perubahan resistansi pada R_1 , sedangkan *output* (-) dipengaruhi oleh perubahan resistansi R_3 .

2.2.1.2. Jembatan *Wheatstone*

Jembatan *Wheatstone* merupakan suatu alat pengukur, alat yang dipergunakan untuk memperoleh ketelitian dalam melaksanakan pengukuran terhadap suatu tahanan yang nilainya relatif kecil.

Rangkaian jembatan *wheatstone* terdiri atas susunan dari 4 buah hambatan, yang mana 2 dari hambatan tersebut adalah hambatan variable dan hambatan yang belum diketahui besarnya yang disusun secara seri satu sama lain dan pada 2 titik diagonalnya dipasang sebuah galvanometer dan pada 2 titik diagonal lainnya diberikan sumber tegangan. Dengan mengatur sedemikian rupa besar hambatan variable sehingga arus yang mengalir pada Galvanometer = 0, dalam keadaan ini jembatan disebut seimbang. Rangkaian jembatan *wheatstone* juga dapat disederhanakan dengan menggunakan kawat geser bila besarnya hambatan bergantung pada panjang penghantar.

Metode Jembatan *Wheatstone* adalah susunan komponen-komponen elektronika yang berupa resistor dan catu daya. Gambar (2-6) dibawah ini menunjukkan gambar jembatan *wheatstone*.



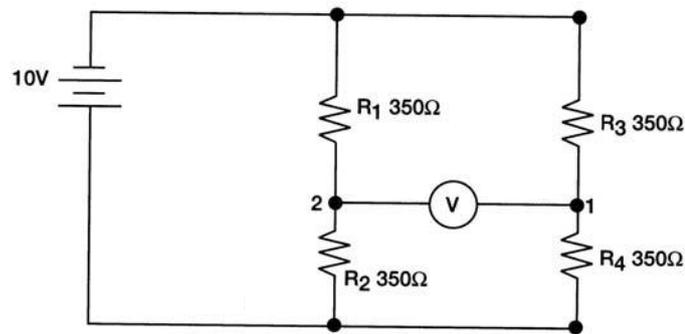
Jika $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$, maka $V_{cd} = 0$

Gambar (2-6) Jembatan *Wheatstone*

Hasil kali antara hambatan hambatan berhadapan yang satu akan sama dengan hasil kali hambatan hambatan berhadapan lainnya jika beda potensial antara c dan d bernilai nol. Persamaan $R_1 \times R_3 = R_2 \times R_4$ dapat diturunkan dengan menerapkan Hukum Kirchoff dalam rangkaian tersebut. Hambatan listrik suatu penghantar merupakan karakteristik dari suatu bahan penghantar tersebut yang mana adalah kemampuan dari penghantar itu untuk mengalirkan arus listrik.

Hambatan listrik merupakan karakteristik suatu bahan pengantar listrik atau konduktor, yang dapat digunakan untuk mengatur besarnya arus listrik yang melewati suatu rangkaian. Hambatan sebuah konduktor di antara dua titik diukur dengan memasang sebuah beda potensial diantara titik-titik tersebut dan membandingkannya dengan arus listrik yang terukur ($R = \frac{V}{I}$).

Berikut adalah penjelasan untuk lebih memahami kondisi *Load Cell* pada saat keadaan seimbang dan tidak seimbang.



Gambar (2-7) Jembatan *Wheatstone* Seimbang

Gambar 2-7 diatas menunjukkan gambar rangkaian jembatan *wheatstone* seimbang. Baterai bertegangan 10 Volt melambangkan sumber tegangan yang akan membuat *load cell* bekerja. Resistor yang ada melambangkan *Strain Gauge* sebagai pengganti *Load Cell*.

Resistansi semua *Strain Gauge* tetap sama selama tidak ada beban yang diterima oleh *Load Cell*. Tegangan drop pada titik 1 dan 2 dapat dihitung dengan menggunakan Hukum Ohm. Setiap cabang mempunyai resistansi yang sama yaitu 350 Ω . Arus yang mengalir tiap cabang adalah tegangan di setiap cabang dibagi dengan resistansi setiap cabang. Maka:

- a. Menghitung tegangan pada titik 1, menggunakan Hukum Ohm

$$\begin{aligned} V_{R3} &= V_s \times \frac{R3}{R3 + R4} \\ &= 10 \times \frac{350 \Omega}{350 \Omega + 350 \Omega} \\ &= 5 \text{ Volt} \end{aligned}$$

- b. Menghitung tegangan pada titik 2, menggunakan Hukum Ohm

$$V_{R1} = V_s \times \frac{R1}{R1 + R2}$$

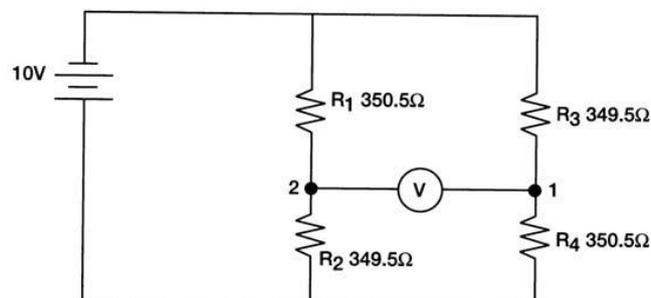
$$= 10 \times \frac{350 \Omega}{350 \Omega + 350 \Omega}$$

$$= 5 \text{ Volt}$$

Tegangan pada titik 1 dan 2 memiliki nilai yang sama yaitu 5 Volt, karena resistor yang digunakan sama. Tidak ada beda potensial antara titik 1 dan titik 2 dan ini kondisi dimana menunjukkan keadaan seimbang.

Pada gambar 2-7. terlihat rangkaian seri resistor pada sisi kanan sama dengan rangkaian seri resistor pada sisi kiri. Resistor – resistor tersebut akan membagi tegangan sumber (10 V) menjadi $V_1 = 5 \text{ V}$ dan $V_2 = 5 \text{ V}$ demikian juga dengan sisi sebelah kanan yaitu $V_3 = 5 \text{ V}$ dan $V_4 = 5 \text{ V}$. Arus akan terbagi menjadi 2 juga yaitu I_1 dan I_2 yang besarnya sama karena besarnya hambatan total rangkaian seri 1 besarnya sama dengan hambatan total rangkaian seri 2. Akibatnya tidak ada beda potensial pada titik C dan titik D. Karena tidak ada beda potensial maka tidak akan ada arus yang mengalir pada titik CD.

Dengan memberikan beban pada *load cell* sehingga R_1 dan R_4 mengalami gaya tarik dan resistannya membesar, sedangkan R_2 dan R_3 mengalami gaya tekan sehingga resistannya mengecil. Gambar 2-8 dibawah menunjukkan gambar jembatan *wheatstone* tidak seimbang.



Gambar (2-8) Jembatan *Wheatstone* Tidak Seimbang

Catatan: Resistansi total setiap cabang tetap 700 Ω

Dalam kondisi demikian, terjadi beda potensial antara titik 1 dan 2 dan tertampil pada voltmeter. Berikut adalah perhitungan beda potensial pada gambar 2-7.

- a. Untuk mengukur tegangan di titik 1, mengukur terlebih dahulu tegangan drop pada R_3 .

$$\begin{aligned} VR_3 &= V_s \times \frac{R_3}{R_3 + R_4} \\ &= 10 \times \frac{349,5 \Omega}{349,5 \Omega + 350,5 \Omega} \\ &= 4,9 \text{ V} \end{aligned}$$

- b. Untuk mengetahui tegangan di titik 2, menghitung tegangan drop pada R_1 .

$$\begin{aligned} VR_1 &= V_s \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} \\ &= 10 \times \frac{350,5 \Omega}{350,5 \Omega + 349,5 \Omega} \\ &= 5,1 \text{ V} \end{aligned}$$

- c. Beda potensial pada titik 1 dan 2, selisih dari V_{R_1} dan V_{R_3}

$$\begin{aligned} &= 5,1 \text{ V} - 4,9 \text{ V} \\ &= 0,2 \text{ V} \end{aligned}$$

Disini dapat terlihat rangkaian menjadi tidak seimbang dan terjadi beda potensial pada rangkaian sebesar 0,2 V. Perubahan pada tegangan ini yang akan diterjemahkan menjadi perubahan pembacaan pada pengukuran berat pada *load cell*.

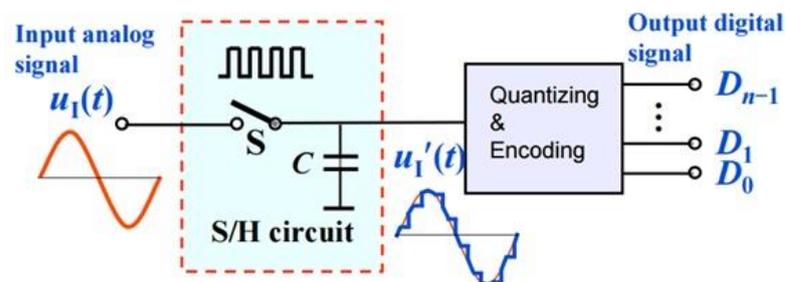
2.2.2. Analog to Digital Converter (ADC)

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah *input analog* menjadi kode – kode *digital*. ADC banyak digunakan sebagai pengatur proses

industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan *analog* dengan sistem komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/ berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistem *digital* (komputer).^[7]

Gambar 2-9 merupakan gambar 2 langkah untuk proses konversi analog ke digital.^[8]

Gambar 2-9 dibawah ini menunjukkan gambar proses pengonversian A/D.



Gambar 2-9 Proses pengonversian A/D

1. S/H: *Sampling and holding*

Dalam proses *Sampling and Holding* (S / H), sinyal kontinyu akan mengambil sampel dan membekukan (menahan) nilai pada tingkat stabil untuk jangka waktu tertentu. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan variasi dalam sinyal *input* yang dapat mengubah proses konversi dan dengan demikian meningkatkan akurasi. Tingkat sampling minimum harus dua kali frekuensi data maksimum dari sinyal *input*.

2. Q/E: *Quantizing and encoding*

Quantizing merupakan proses di mana sinyal referensi dipartisi menjadi beberapa quanta diskrit dan kemudian sinyal input dicocokkan dengan kuantum yang benar. Sementara *encoding* merupakan proses dimana untuk setiap quantum,

kode digital yang unik akan ditetapkan dan setelah itu sinyal input dialokasikan dengan kode digital ini.

Untuk memahami kuantisasi, pertama-tama kita bisa melalui Resolusi istilah yang digunakan dalam ADC. Ini adalah variasi terkecil dalam sinyal analog yang akan menghasilkan variasi dalam output digital. Ini sebenarnya merupakan kesalahan kuantisasi.

$$\Delta V = \frac{V_r}{2^N}$$

Dengan keterangan:

V : range tegangan referensi

2^N : angka ketetapan

N : bilangan bit dalam keluaran digital

Gambar 2-10 dibawah ini menunjukkan gambar proses kuantisasi dan encoding.

Analog signal			Digital o/p
7.5	7	$7\Delta=7V$	111
6.5	6	$6\Delta=6V$	110
5.5	5	$5\Delta=5V$	101
4.5	4	$4\Delta=4V$	100
3.5	3	$3\Delta=3V$	011
2.5	2	$2\Delta=2V$	010
1.5	1	$1\Delta=1V$	001
0.5	0	$0\Delta=0V$	000

Gambar 2-10 Proses Kuantisasi dan Encoding

Dari tabel pada gambar 2-10 dapat diamati bahwa hanya satu nilai digital yang digunakan untuk mewakili seluruh rentang tegangan dalam suatu interval. Dengan demikian, kesalahan akan terjadi dan ini disebut kesalahan kuantisasi. Ini adalah

kebisingan yang diperkenalkan oleh proses kuantisasi. Di sini kesalahan kuantisasi maksimum adalah $\pm \frac{1}{2} \Delta V = \pm 0,5 V$

Nilai-nilai yang dicapai setelah proses kuantisasi dan encoding tidak dapat dikatakan benar-benar akurat. Ini hanyalah perkiraan nilai-nilai dunia nyata. Keakuratan quantizer sangat bergantung pada resolusi quantizer, semakin besar resolusinya, semakin akurat nilainya. Resolusi ADC dibatasi oleh sejumlah kendala, di luar itu, waktu merupakan masalah besar. Jika himpunan nilai yang mungkin, dari mana nilai terdekat akan dicari, lebih besar, maka pasti akan membutuhkan lebih banyak waktu. Tetapi untuk mempercepat proses ini, lebih banyak teknik telah dikembangkan.

Tabel pada gambar 2-11 berikut menunjukkan kinerja ADC bit yang berbeda. Jika jumlah bit lebih besar, maka frekuensi lebih rendah dan waktu yang dikonsumsi juga lebih besar. Di sisi lain, kesalahan diminimalkan karena jumlah bit meningkat. Tingkat sampling maksimum juga telah ditunjukkan dalam gambar 2-11.

Resolution (in bits)	Range	\pm Range	Quantization Error	Maximum Sampling Rate
24	16,777,216	$\pm 8,388,608$	$\pm 0.000003\%$	200 KHz
16	65,536	$\pm 32,768$	$\pm 0.0008\%$	250 MHz
14	16,384	$\pm 8,192$	$\pm 0.003\%$	400 MHz
12	4,096	$\pm 2,048$	$\pm 0.012\%$	1.8 GHz
10	1,024	± 512	$\pm 0.05\%$	2.2 GHz
8	256	± 128	$\pm 0.2\%$	3 GHz
6	64	± 32	$\pm 0.8\%$	6 GHz

Gambar 2-11 kinerja ADC berdasarkan bit berbeda

2.2.2.1. Modul HX711

HX711 adalah sebuah komponen terintegrasi dari “AVIA SEMICONDUCTOR”, HX711 presisi 24-bit *analog to digital converter* (ADC)

yang dirancang untuk menimbang skala dan aplikasi industrial untuk antarmuka langsung dengan sensor jembatan.^[9] Gambar 2-12 dibawah ini menunjukkan gambar modul HX711.



Gambar (2-12) Modul HX711

Kelebihan dari HX711 yaitu struktur yang sederhana, mudah dalam penggunaan, hasil yang stabil dan dapat dipercaya, memiliki sensitivitas tinggi, dan mampu mengukur perubahan dengan cepat.

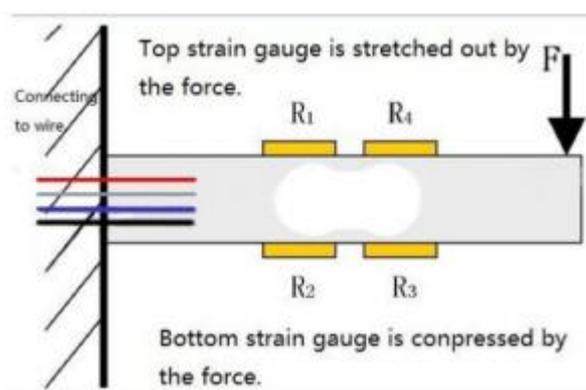
Fitur-fitur yang terdapat dalam modul HX711 yaitu sebagai berikut:

- a. Perbedaan tegangan masukan: $\pm 40\text{Mv}$ (perbedaan tegangan masukan skala penuh yaitu $\pm 40\text{Mv}$)
- b. Akurasi data: 24 bit (24 bit A / D *converter chip*.)
- c. *Refresh frequency*: 80 Hz
- d. Tegangan operasi : 5V DC
- e. Arus operasi : $<10\text{ Ma}$
- f. Ukuran: 38mm*21mm*10mm

2.2.2.2. Prinsip Kerja HX711

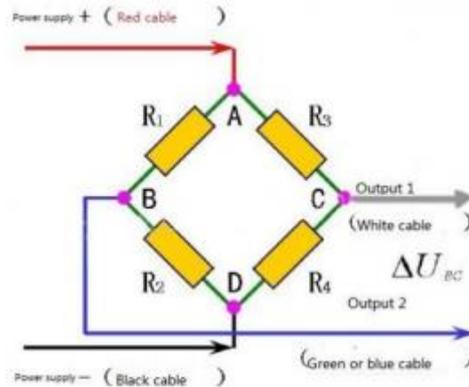
Prinsip kerja dari HX711 adalah mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. Proses komunikasi dengan mikrokontroler dilakukan melalui TTL232.

Sensor regangan bekerja ketika mendapat tekanan beban. Ketika bagian lain yang lebih elastis mendapat 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. Perubahan nilai resistansi yang diakibatkan oleh perubahan gaya diubah menjadi nilai tegangan oleh rangkaian pengukuran yang ada. Dan berat dari objek yang diukur dapat diketahui dengan mengukur besarnya nilai tegangan yang timbul.



Gambar (2-13) Prinsip tekanan dari *strain gauge*

Gambar 2-13 diatas menunjukkan gambar prinsip tekanan dari *strain gauge*. *Strain gauge* dipasang pada bagian sensitif terhadap tekanan elemen yang ditekan. Ketika elemen elastis diubah oleh gaya, regangan yang sesuai dihasilkan oleh *strain gauge* akan diubah menjadi perubahan resistansi. Beberapa *strain gauge* dihubungkan sebagai jembatan ditampilkan pada gambar 2-13. Perubahan resistansi disebabkan oleh gaya yang dikonversi menjadi perubahan tegangan dari rangkaian pengukuran, dan berat dari obyek terukur dapat diperoleh dengan mengkonversi nilai tegangan keluaran. Gambar 2-13 dibawah ini menunjukkan gambar rangkaian *strain gauge*



Gambar (2-14) Rangkaian *strain gauge*

Pada gambar 2-14, empat lengan dari jembatan tersebut dihubungkan oleh *strain gauge* yang bekerja dan dibelit dalam deformasi mekanik di temperatur medan yang sama. Pengaruh temperatur akan saling mengimbangi dan tegangan keluaran dengan sensitivitas tinggi. Ketika keempat *strain gauge* memiliki material dan nilai resistansi yang sama, maka dapat dihasilkan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta U_{BC} = \frac{EK}{4} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4) \text{ Atau } \Delta U_{BC} = \frac{EK}{4} 4\varepsilon_1 \dots \dots (2-2)$$

Untuk rumus perhitungan konversi input analog ke digital yang berbentuk heksadesimal dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$Out = \frac{input - (-40)}{80} \times 2^{24} \dots \dots \dots (2-3)$$

Angka yang dihasilkan dalam perhitungan menggunakan rumus di atas berbentuk bilangan heksadesimal, yang kemudian dapat diolah mikrokontroler untuk selanjutnya dikonversikan kembali menjadi satuan berat.

2.2.3. *Arduino*

Arduino merupakan sebuah platform elektronik terbuka berdasarkan perangkat keras dan perangkat lunak yang mudah digunakan. *Board* Arduino mampu untuk membaca masukan, cahaya dari sebuah sensor, jari pada tombol,

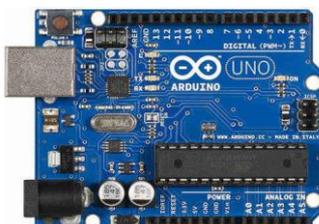
atau sebuah pesan Twitter dan mengubahnya menjadi sebuah keluaran, mengaktifkan sebuah motor, menghidupkan LED, mempublikasi sesuatu secara *online*. Agar dapat melakukan hal tersebut yang harus dilakukan yaitu mengirim seperangkat instruksi ke mikrokontroler pada *board* dengan cara menggunakan bahasa pemrograman Arduino (berdasarkan *Wiring*), dan *Arduino Software (IDE)*, berdasarkan proses.^[10]

Keunggulan yang dimiliki dari Arduino yaitu sebagai berikut:

1. Murah
2. *Lintas-platform*
3. Sederhana, dalam lingkup pemrograman
4. Sangat terbuka dan dapat diperluas *hardware* dan *software*

2.2.3.1. Arduino Uno

Arduino Uno R3 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis *chip* ATmega328P. Arduino Uno memiliki 14 digital pin *input / output* (atau biasa ditulis I/O, dimana 14 pin diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM antara lain pin 0 sampai 13), 6 pin *input analog*, menggunakan *crystal* 16 MHz antara lain pin A0 sampai A5, koneksi USB, *jack* listrik, *header* ICSP dan tombol *reset*. Hal tersebut adalah semua yang diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler.^[11] Gambar 2-15 dibawah ini menunjukkan gambar Arduino Uno.



Gambar (2-15) Arduino Uno

Tabel 2-1 dibawah ini menunjukkan tabel spesifikasi Arduino Uno

Tabel 2-1 Spesifikasi Arduino Uno

SPESIFIKASI ARDUINO UNO	
Mikrokontroler	ATMega328
Operasi Tegangan	5 Volt
<i>Input</i> Tegangan (direkomendasikan)	7-12 Volt
<i>Input</i> Tegangan (batas)	6 – 20 Volt
Pin I/O <i>Digital</i>	14 (dimana 6 termasuk <i>output</i> PWM)
Pin I/O <i>Digital</i> PWM	6
Pin <i>Input Analog</i>	6
Arus DC tiap pin I/O	20 mA
Arus DC ketika 3,3 V	50 mA
Memori <i>Flash</i>	32 kB
SRAM	2 kB (ATmega 328P)
EEPROM	1 Kb (ATmega 328P)
Kecepatan <i>Clock</i>	16MHz
LED_Builtin	13
Panjang	68.6 mm
Lebar	53.4 mm
Berat	25 g

Pada bagian ini akan dijelaskan fungsi dari pin dan terminal pada *Board*

Arduino Uno. Gambar 2-16 dibawah ini menunjukkan gambar *board* Arduino

Uno.



Gambar (2-16) *Board* Arduino Uno

- **USB to Computer**

Digunakan untuk koneksi ke komputer atau alat lain menggunakan komunikasi serial RS-232 standart. Bekerja ketika JP0 dalam posisi 2-3.

- **DC1, 2.1mm power jack**

Digunakan sebagai sumber tegangan (catu daya) dari luar, sudah terdapat regulator tegangan yang dapat meregulasi masukan tegangan antara +7V sampai +18V (masukan tegangan disarankan antara +9V s/d +12V). Pin 9V dan 5V dapat digunakan sebagai sumber ketika diberi sumber tegangan dari luar.

- **ICSP, 2x3 pinheader**

Untuk memprogram *bootloader* ATmega atau memprogram Arduino dengan *software* lain.

Tabel 2-2 menunjukkan tabel Keterangan pin ICSP pada Arduino Uno.

Tabel 2-2 Keterangan pin ICSP pada Arduino Uno

1	MISO	+5V	2
3	SCK	MOSI	4
5	RST	GND	6

- **JP0, 3 pin jumper**

Ketika posisi 2-3 *board* pada keadaan serial *enabled* (X1 *connector* dapat digunakan). Ketika posisi 1-2 *board* pada keadaan *serial disabled* (X1 *connector* tidak berfungsi) dan eksternal *pull-down resistors* pada pin0

(RX) dan pin1 (TX) dalam keadaan aktif, resistor *pull-down* untuk mencegah *noise* dari RX.

- **JP4**

Ketika pada posisi 1-2, *board* dapat mengaktifkan fungsi *auto-reset*, yang berfungsi ketika meng-*upload* program pada *board* tanpa perlu menekan tombol *reset* S1.

- **S1**

Adalah *push-button* yang berfungsi sebagai tombol *reset*.

- **LED**

POWER led: menyala ketika Arduino dinyalakan dengan diberi tegangan dari DC1.

RX led : berkedip ketika menerima data melalui komputer lewat komunikasi serial

TX led : berkedip ketika mengirim data melalui komunikasi serial

L led : terhubung dengan *digital* pin13. Berkedip ketika *bootloading*.

- ***Digital Pinout I/O***

8 *digital pin inputs/outputs*: 0-7 (terhubung pada PORT D dari ATmega).

Pin-0(RX) dan PIN-1(TX) dapat digunakan sebagai pin komunikasi.

Untuk ATmega168/328 pin 3,5 dan 6 dapat digunakan sebagai *output*

PWM. Enam (6) *pin inputs/outputs digital*: pin 8-13 (terhubung pada

PORT B). Pin10(SS), Pin11(MOSI), pin12(MISO), pin13(SCK) yang

bisa digunakan sebagai SPI (*Serial Peripheral Interface*). Pin 9,10, dan

11 dapat digunakan sebagai *output* PWM untuk ATmega8 dan ATmega168/328.

- **Analog Pinout I/O**

Enam (6) *analog input analog*: pin 0-5(A0-A5) (terhubung pada PORT C). Pin4 (SDA) dan pin5 (SCL) yang dapat digunakan sebagai I2C (*two-wire serial bus*). Pin analog ini dapat digunakan sebagai pin digital14 (A0) sampai pin digital pin19(A5).

2.2.3.2. Software Pemograman Arduino

IDE (*Integrated Development Environment*) *Arduino* merupakan aplikasi yang mencakup editor, *compiler*, dan *uploader* dapat menggunakan semua modul keluarga *Arduino*, seperti *Arduino Duemilanove*, *Uno*, *Bluetooth*, *Mega*, *Due*. Kecuali ada beberapa tipe *board* produksi *Arduino* yang memakai mikrokontroler diluar seri AVR, seperti mikroprosesor ARM. *Editor Sketch* pada IDE *Arduino* juga mendukung fungsi penomoran baris, *syntax highlighting*, yaitu pengecekan sintaksis kode *sketch*. Sebelum menjalankan program pada *Arduino*.^[9] Gambar 2-17 dibawah ini menunjukkan gambar *software* IDE *Arduino*.



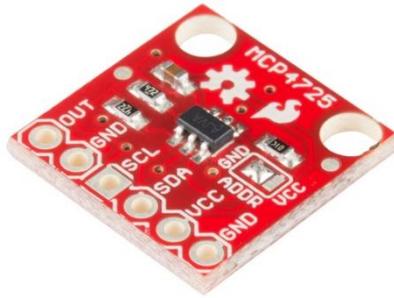
Gambar (2-17) *Software* IDE *Arduino*

2.2.4. DAC MCP4725

DAC adalah perangkat yang digunakan untuk mengkonversi sinyal masukan dalam bentuk digital menjadi sinyal keluaran dalam bentuk analog (tegangan). Tegangan keluaran yang dihasilkan DAC sebanding dengan nilai digital yang masuk ke dalam DAC.

Sebuah DAC menerima informasi digital dan mentransformasikannya ke dalam bentuk suatu tegangan analog. Informasi digital adalah dalam bentuk angka biner dengan jumlah digit yang pasti. Konverter D/A dapat mengonversi sebuah *word* digital ke dalam sebuah tegangan analog dengan memberikan skala output analog berharga nol ketika semua bit adalah nol dan sejumlah nilai maksimum ketika semua bit adalah satu. Angka biner sebagai angka pecahan. Aplikasi DAC banyak digunakan sebagai rangkaian pengendali (*driver*) yang membutuhkan input analog seperti motor AC maupun DC, Pemanas (*Heater*) dan sebagainya. DAC juga digunakan untuk mengendalikan peralatan computer.

DAC MCP4725 merupakan salah satu contoh konverter D/A (*Digital to Analog*). Modul DAC diperlukan untuk mengkonversi pulsa dari sensor ke dalam sinyal analog berupa tegangan. Jenis DAC yang digunakan adalah DAC MCP4725 yang menggunakan data 12 bit sehingga dapat mengeluarkan sinyal analog yang halus. Gambar 2-18 dibawah ini menunjukkan gambar bentuk fisik DAC MCP4725.



Gambar 2-18 DAC MCP4725

MCP4725 menggunakan metode komunikasi berupa I2C atau biasa disebut komunikasi 2 kabel karena hanya menghubungkan *port* Serial Data (SDA) dan serial *clock* (SCL) ke mikrokontroler untuk berkomunikasi.

Beberapa fitur yang dimiliki pada DAC ini adalah sebagai berikut:

1. Resolusi 12 Bit
2. Memori Non-Volatile On-Board (EEPROM)
3. $\pm 0,2$ LSB DNL (khas)
4. Pin Alamat Eksternal A0
5. Mode Normal atau Power-Down
6. Fast Settling Time 6 μ s (khas)
7. Referensi Tegangan Eksternal (VDC)
8. *Rail-to-Rail Output*
9. Konsumsi Daya Rendah
10. Operasi Pasokan Tunggal: 2.7V sampai 5.5V
11. I²CTM Interface:
 - a. Delapan Alamat yang Tersedia
 - b. Standar (100 kbps), Cepat (400 kbps), dan Mode Kecepatan Tinggi (3,4 Mbps)

12. Paket SOT-23 6 timah kecil

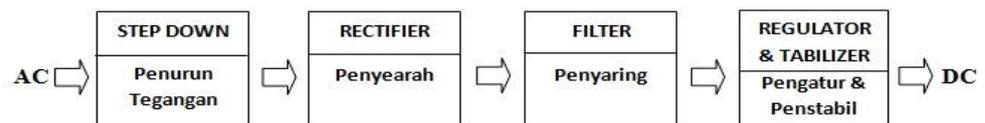
13. Extended Temperature Range: -40°C sampai $+125^{\circ}\text{C}$

2.2.5. *Power Supply* (Catu Daya)

Catu daya adalah bagian dari setiap perangkat elektronika yang berfungsi sebagai sumber tegangan. Catu daya sebagai sumber tenaga dapat berasal dari : baterai, accu, *solar cell* dan *adaptor*. Komponen ini akan mencatu tegangan sesuai dengan tegangan yang diperlukan oleh rangkaian elektronika.

2.2.6.1. Catu Daya Adaptor

Catu daya Adaptor adalah perangkat elektronika yang berfungsi menurunkan dan mengubah tegangan AC (*Alternating Current*) menjadi tegangan DC (*Direct Current*) yang dapat digunakan sebagai sumber tenaga peralatan elektronika. Sebuah catu daya adaptor yang baik memiliki bagian-bagian seperti penurun tegangan, penyearah, penyaring, pengatur dan penstabil. Gambar 2-19 dibawah ini menunjukan gambar diagram blok catu daya adaptor.



Gambar (2-19) Diagram Blok Catu Daya Adaptor

1. *Stepdown* (Penurun tegangan)

Berfungsi menurunkan tegangan AC 220V menjadi tegangan AC yang lebih rendah yang diperlukan (5V, 9V, 12V).

2. *Rectifier* (Penyearah)

Berfungsi sebagai penyearah arus dari arus AC (bolak-balik) menjadi arus DC (searah) yang terdiri dari sebuah diode silikon, germanium, selenium atau cuprox.

3. *Filter* (Penyaring)

Berfungsi untuk menyaring arus DC yang masih berdenyut, sehingga menjadi rata. Komponen yang digunakan yaitu gabungan dari kapasitor elektrolit dengan resistor atau induktor.

4. *Stabilizer* (Penstabil)

Berfungsi sebagai penstabil tegangan DC agar tidak terpengaruh oleh tegangan beban. Komponen ini berupa diode zener IC yang di dalamnya berisi rangkaian penstabil.

5. *Regulator* (Pengatur)

Berfungsi sebagai pengatur kestabilan arus yang mengalir ke rangkaian elektronika. Komponen yang digunakan merupakan gabungan dari transistor, resistor dan kapasitor. ada juga yang di paket berupa sebuah IC seperti regulator LM7805.

2.2.6. *Programmable Logic Controller (PLC)*

PLC atau *Programmable Logic Controller* merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi semisal logika, *sequencing*, pewaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmetika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses dan dirancang untuk dioperasikan oleh para insinyur yang hanya memiliki sedikit pengetahuan mengenai komputer dan bahasa pemrograman.^[14]

PLC serupa dengan komputer, namun bedanya komputer dioptimalkan untuk tugas-tugas perhitungan dan penyajian data sedangkan PLC dioptimalkan untuk tugas-tugas pengontrolan dan pengoperasian di dalam lingkungan industri. Dengan demikian PLC memiliki karakteristik sebagai berikut.

1. Kokoh dan dirancang untuk tahan terhadap getaran, suhu kelembaban, dan kebisingan.
2. Antarmuka untuk *input* dan *output* telah tersedia secara *built-in* di dalamnya.
3. Mudah di program dan menggunakan sebuah bahasa pemrograman yang mudah dipahami, yang sebagian besar berkaitan dengan operasi-operasi logika dan penyambungan.

2.2.6.1. Prinsip Kerja PLC

PLC bekerja dengan cara mengamati masukan (melalui sensor), kemudian melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan, berupa menghidupkan atau mematikan keluaran. Program yang digunakan adalah berupa *ladder* diagram yang kemudian harus dijalankan oleh PLC. Dengan kata lain PLC menentukan aksi apa yang harus dilakukan pada instrumen keluaran yang berkaitan dengan status suatu ukuran atau besaran yang diamati. Proses yang dikontrol ini dapat berupa regulasi variabel secara kontinyu seperti pada sistem - sistem servo, atau hanya melibatkan kontrol dua keadaan (*on/off*) saja, tetapi dilakukan secara berulang-ulang seperti umum dijumpai pada mesin pengeboran, sistem konveyor dan lain sebagainya. PLC secara bahasa berarti pengontrol logika yang dapat diprogram, tetapi pada kenyataannya, PLC secara fungsional tidak lagi terbatas pada fungsi-fungsi logika saja.

2.2.6.2. Komponen-Komponen Dasar PLC

Umumnya sebuah sistem PLC memiliki 5 komponen dasar. Komponen-komponen tersebut adalah sebagai berikut:

a. *Unit processor* atau *central processing unit* (CPU)

Merupakan unit yang berisi mikroprosesor yang menginterpretasikan sinyal-sinyal *input* dan melaksanakan tindakan-tindakan pengontrolan, sesuai dengan program yang tersimpan di dalam memori, lalu mengkomunikasikan keputusan-keputusan yang diambilnya sebagai sinyal-sinyal kontrol antarmuka *output*.

b. *Unit* Catu Daya

Diperlukan untuk mengkonversikan tegangan AC sumber menjadi tegangan rendah DC (5V) yang dibutuhkan oleh prosesor dan rangkaian-rangkaian di dalam modul-modul antarmuka *input* dan *output*.

c. Perangkat pemograman

Digunakan untuk memasukkan program yang dibutuhkan ke dalam memori. Program tersebut dibuat dengan menggunakan perangkat ini dan kemudian dipindahkan ke dalam unit memori PLC.

d. Unit memori

Merupakan tempat di mana program yang digunakan untuk melaksanakan tindakan-tindakan pengontrolan oleh mikroprosesor disimpan.

e. Bagian *Input* dan *Output*

Merupakan antarmuka di mana prosesor menerima informasi dari dan mengkomunikasikan informasi kontrol ke perangkat-perangkat eksternal. Perangkat-perangkat input dan output dapat digolongkan menjadi perangkat-perangkat yang menghasilkan sinyal-sinyal diskrit atau digital, dan yang menghasilkan sinyal-sinyal analog. Perangkat yang menghasilkan sinyal-sinyal diskrit atau sinyal-sinyal digital adalah perangkat-perangkat yang hanya mengindikasikan kondisi “mati” (*off*) atau hidup (*on*).

2.2.6.3. Tipe-Tipe Komunikasi pada PLC

Ada 2 macam cara PLC berkomunikasi yang akan dijelaskan sebagai berikut^[12]:

a. *Primitive Communication*

Pada tipe komunikasi ini, PLC dengan alat lain (misal: robot, PLC lain, mikrokontroler, dan lain-lain) akan terhubung secara *hard-wired* (dengan kabel).

b. *Serial Communication*

Pada tipe komunikasi ini, PLC dapat saling bertukar data melalui komunikasi tertentu. Jika pada komunikasi *primitive*, tegangan dari PLC 1 langsung diteruskan pada PLC 2 maka pada komunikasi serial datalah yang dipertukarkan. Beberapa jenis komunikasi serial ialah:

- RS 232
- RS 422
- RS 485

Sedangkan komunikasi serial RS 422-RS485 dapat mengakomodasi komunikasi *one to many* ataupun *many to many*. Jika 1 buah PC dilengkapi dengan SCADA *software*, seharusnya PC tersebut dapat berkomunikasi dengan beberapa PLC meskipun memiliki merek yang berbeda. Hal ini dikarenakan untuk masing-masing PLC dilengkapi dengan PLC *driver* pada program SCADA tersebut.

2.2.6.4. PLC Schneider M221CE16R

Merupakan salah satu produk PLC yang diproduksi oleh perusahaan elektronika Schneider Electric. PLC dengan tipe ini digunakan oleh penyusun sebagai pusat kendali dari *plant system* dari sistem pemilah sampah otomatis. PLC ini memiliki beberapa fasilitas antara lain terdapat 9 *port digital input*, 2 *port analog input*, 7 *relay output* yang masing-masing sebesar 2 ampere, 1 *port serial line*, 1 *port Ethernet* yang digunakan untuk komunikasi yang akan ditampilkan pada HMI. PLC ini juga dapat di suplai oleh tegangan AC dengan batas antara 100-240 VAC. Gambar 2-20 dibawah ini menunjukkan gambar PLC Schneider M221CE16R.



Gambar (2-20) PLC Schneider M221CE16R

2.2.6.5. Protokol Komunikasi ModBus

Modbus adalah salah satu protokol untuk komunikasi serial yang di publikasikan oleh Modicon pada tahun 1979 untuk di gunakan pada PLC Modicon (PLC pertama di dunia yang di kembangkan oleh Schneider). Secara sederhana, modbus merupakan metode yang digunakan untuk mengirimkan data/informasi melalui koneksi serial antar perangkat elektronik. Perangkat yang meminta informasi disebut Modbus *Master* dan perangkat penyediaan informasi disebut Modbus *Slave*. Pada jaringan Modbus standar, terdapat sebuah *master* dan *slave* sampai dengan 247, masing-masing mempunyai Alamat *Slave* yang berbeda mulai dari 1 sampai 247. Master juga dapat menulis informasi kepada *Slave*. Modbus merupakan sebuah *open* protocol (protocol terbuka), yang berarti bahwa dapat digunakan dalam peralatan tanpa harus membayar royalti.^[15]

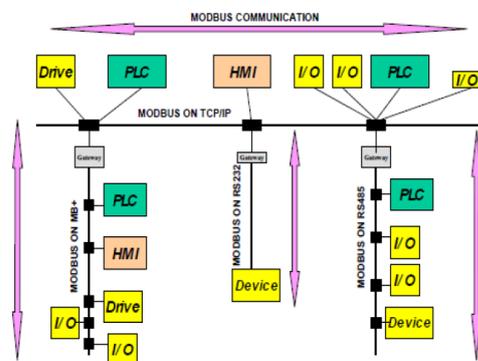
Protokol ini menjadi standard komunikasi dalam industri dan menjadi yang paling banyak dipakai untuk komunikasi antar peralatan elektronik pada industri. Alasan utama mengapa Modbus Protokol banyak di gunakan adalah:

1. Di publikasikan secara terbuka tanpa *royalty fee* untuk penggunaannya.
2. Relatif mudah untuk di aplikasikan pada industrial *network*.
3. Modbus mempunyai struktur bit tanpa memiliki banyak larangan bagi vendor lain untuk mengaksesnya.

Modbus memungkinkan adanya komunikasi dua-jalur antar perangkat yang terhubung ke jaringan yang sama, misalnya suatu sistem yang mengukur suhu, tekanan, kelembaban dsb, kemudian mengkomunikasikan hasilnya ke komputer (HMI/*Human Machine Interface*). Modbus sering digunakan untuk

menghubungkan *supervisory computer* dengan *remote terminal unit* (RTU), *supervisory control* dan sistem akuisisi data (SCADA).

Berdasarkan media transferanya, Modbus dikategorikan ke dalam Modbus serial (RS232/485) dan Modbus Ethernet (TCP/IP). Jika dirujuk dari bentuk datanya, Modbus dibagi ke dalam Modbus RTU (serial) dan Modbus ASCII. Pada Modbus serial digunakan istilah *Master/Slave* sedangkan Modbus Ethernet biasanya memakai terminologi *Server/Client*. Gambar 2-21 dibawah ini menunjukkan gambar arsitektur modbus.



Gambar (2-21) Arsitektur Modbus

Protokol Modbus memungkinkan komunikasi yang mudah di semua jenis arsitektur jaringan. Setiap jenis perangkat (PLC, HMI, Kontrol Panel, Driver, kontrol Motion, I / O Device dll) dapat menggunakan protokol Modbus untuk operasi *remote*. Komunikasi yang sama dapat dilakukan juga pada *serial line* seperti pada Ethernet TCP / IP. *Gateway* memungkinkan komunikasi antara beberapa jenis bus atau jaringan dengan menggunakan protokol Modbus.

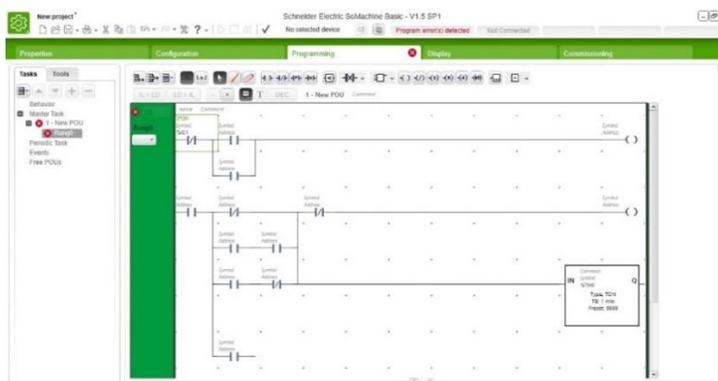
2.2.6.1. Software Pemograman PLC Schneider

Software yang digunakan untuk pemograman *ladder diagram* dari Schneider sendiri yaitu menggunakan *SoMachine Basic*. *SoMachine Basic* merupakan perangkat lunak PLC yang digunakan untuk mengkonfigurasi, dan

mengkomunikasikan seluruh alat yang tersambung dalam jaringan perangkat lunak tersebut termasuk logika, kontrol, HMI, dan jaringan yang terkait dengan fungsi otomatisasi. *SoMachine Basic* mempunyai fungsi-fungsi untuk memudahkan pengguna dalam menggunakannya serta dapat menghemat waktu pembuatan. *SoMachine Basic* memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah:

1. Dapat meningkatkan efisiensi dengan kinerja yang *flexible* dan *scalable*. *Software* ini dapat dilakukan pergantian *controller* satu dengan *controller* lainnya, sementara dapat tetap mempertahankan logika dan konfigurasi. Beberapa versi *SoMachine* dapat berjalan secara paralel dalam sebuah sistem serta dapat membantu memastikan kompatibilitas.
2. *Vijeo-Designer* dapat mengkonfigurasi dan mengkomunikasikan alat untuk perangkat kontrol gerak, IEC 61131-3 bahasa, mengintegrasikan konfigurasi *fieldbus*, ahli diagnosis, dan *debug*. Beberapa kemampuan lainnya ialah untuk pemeliharaan dan visualisasi termasuk *web visualization*.

Saat mesin mulai bekerja, maka *SoMachine* juga telah siap bekerja untuk menyediakan data yang sebenarnya pada PC maupun HMI. Sehingga *software* dapat menyederhanakan integrasi dan pemeliharaan. Gambar 2-22 dibawah ini menunjukkan gambar tampilan *Software SoMachine Basic*.



Gambar (2-22) Tampilan *Software SoMachine Basic*

2.2.7. *Human Machine Interface (HMI)*

HMI (*Human Machine Interface*) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat *real time*. Sistem HMI biasanya bekerja secara *online* dan *real time* dengan membaca data yang dikirimkan melalui I/O *port* yang digunakan oleh sistem kontroler-nya. Port yang biasanya digunakan untuk kontroler dan akan dibaca oleh HMI antara lain adalah port com, port USB, port RS232 dan ada pula yang menggunakan port serial. Tugas dari HMI (*Human Machine Interface*) yaitu membuat visualisasi dari teknologi atau sistem secara nyata. Sehingga dengan desain HMI dapat disesuaikan sehingga memudahkan pekerjaan fisik. Tujuan dari HMI adalah untuk meningkatkan interaksi antara mesin dan operator melalui tampilan layar komputer dan memenuhi kebutuhan pengguna terhadap informasi sistem. HMI dalam industri manufaktur berupa suatu tampilan GUI (*Graphic User Interface*) pada suatu tampilan layar komputer yang akan dihadapi oleh operator mesin maupun pengguna yang membutuhkan data kerja mesin. HMI terdapat berbagai macam visualisasi untuk Monitoring dan data mesin yang terhubung secara *online* dan *real time*. HMI akan memberikan suatu gambaran kondisi mesin yang berupa peta mesin produksi dapat dilihat bagian mesin mana yang sedang bekerja. Pada HMI juga terdapat visualisasi pengendali mesin berupa tombol, slider, dan sebagainya yang dapat difungsikan untuk mengendalikan mesin sebagaimana mestinya. Selain itu dalam HMI juga ditampilkan alarm jika terjadi kondisi bahaya dalam sistem. Sebagai tambahan, HMI juga menampilkan data-data rangkuman kerja mesin termasuk secara grafik.^[16]

Di dunia industri masa kini, biasanya HMI muncul dalam bentuk-bentuk berikut^[13]:

- Panel-panel kontrol dengan LED dan meter sebagai *display*
- *Touch screen*
- *Personal Computer* dengan *software* khusus

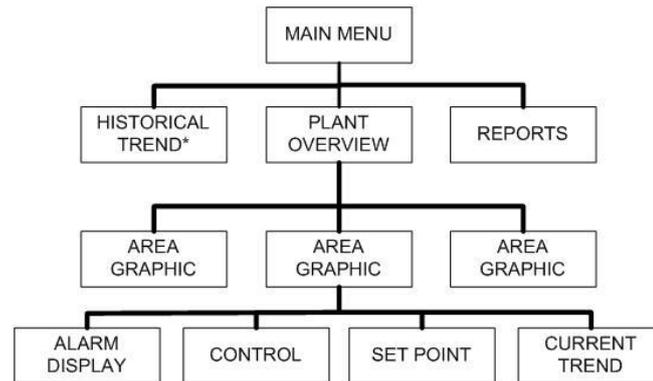
Sebelum era komputer, biasanya suatu HMI akan berbentuk berbagai *analog display* yang diletakkan pada panel tertentu. Akibatnya, semakin kompleks suatu sistem atau *plant*, semakin banyak juga panel (dan ruang panel) yang digunakan.

2.2.7.1. Fungsi dan Struktur HMI

Secara umum HMI berfungsi untuk memudahkan operator untuk melakukan^[13]:

- Pengawasan *plant*
- Pengendalian *plant*
- Penanganan *alarm*
- Akses *Historical data* dan *historical trend* baik untuk keseluruhan proses ataupun masing-masing peralatan yang ada dalam proses.

Sebuah HMI yang baik akan memiliki struktur yang jelas dan lengkap. Berikut ini salah satu contoh struktur HMI yang baik. Gambar 2-23 dibawah ini menunjukkan gambar struktur HMI.



Gambar (2-23) Struktur HMI

Berikut ini penjelasan struktur HMI pada gambar 2-23.

a. *Main Menu*

Main Menu merupakan:

- Tampilan awal untuk memasuki *display*;
- Halaman *security* sehingga orang yang memasuki *software* harus memiliki *password*.

b. *Plant Overview*

Plant Overview dapat berupa gambaran grafis dari keseluruhan sistem. Bagian ini umumnya juga memiliki *link* navigasi ke berbagai grup lokal dari *plant*.

c. *Area Graphics*

Area Graphics menampilkan detail dari keseluruhan proses beserta peralatannya dalam area *plant* tertentu. Selain itu *area graphics* juga dapat menampilkan data yang diberikan peralatan yang *dimonitor* atau dikontrol oleh PLC (status, data dan kondisi dari masing-masing peralatan bisa ditampilkan dalam *popup windows*)

d. *Control Display*

Control Display berfungsi untuk:

- Melakukan pengendalian *output* di *plant* dari *software* tersebut
- Memberikan ruang/*field* bagi *input* an operator (grafis atau teks)
- Memberikan *range* tertentu (*maximum-minimum*)

Contoh informasi yang bisa ditampilkan disini:

- *Status*
- *Mode (Auto/manual)*
- Jumlah *running hours*
- Jumlah siklus proses

e. *Setpoint Display*

Setpoint Display berfungsi untuk melihat dan *adjust* semua *setpoint* dari sistem kontrol pada area tertentu.

f. *Trend & Alarm Summary Displays*

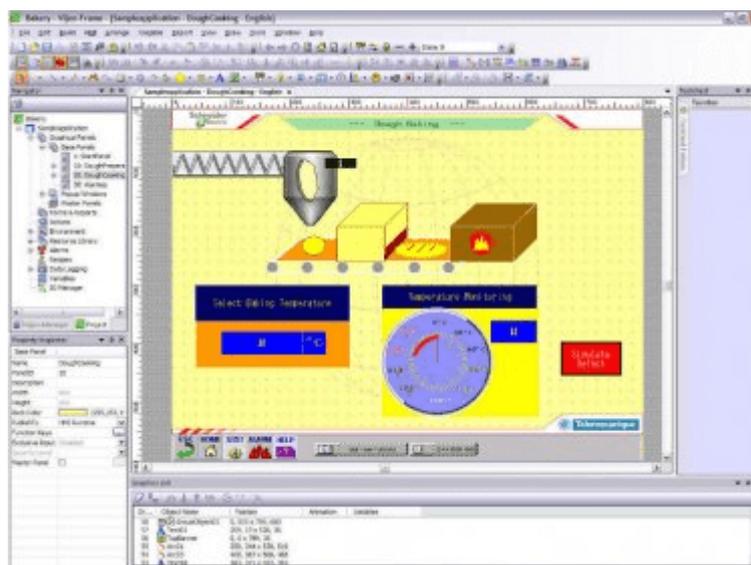
Trend Displays memberikan tampilan grafis dari variabel proses. *Alarm Summary Displays* menampilkan daftar *alarm* yang diterima oleh SCADA dimana *alarm* bisa diatur sesuai kebutuhan kita.

2.2.7.2. Software HMI Schneider Vijeo Designer

Vijeo Designer dan terminal yang cocok dapat dikombinasikan untuk menyediakan sebuah solusi bagi setiap kebutuhan stasiun control, semua dilakukan dengan segala cara dari sebuah rekonfigurasi *software* sederhana. Mampu untuk mendukung *streaming* gambar video, Magelis Vijeo Designer menawarkan penyediaan akses untuk aplikasi tipe baru. Para pengguna dapat melihat prosesnya secara instan atau subyek yang tertunda di layar yang sama sebagai percakapan HMI.^[18]

Vijeo Designer menggunakan konektivitas Magelis Ethernet TCP/IP, oleh karena itu, mampu untuk mendukung akses remote WEB Gate, berbagi data aplikasi antarterminal, perpindahan log untuk nilai variable, dan lain-lain.^[19]

Vijeo Designer merupakan komponen HMI dari SoMachine. *Vijeo Designer* akan bekerja di semua PC dengan Windows XP Professional atau Windows 7. *Vijeo Designer* mendukung simulasi WYSIWYG dari aplikasi tersedia (tanpa target terminal *Magelis GT/GTO/GK/GTW/GTU* atau *Magelis iPC*), simulasi variable PLC (I/O, internal bit dan word) dan memastikan bahwa aplikasi akan bekerja dalam pengamanan penuh pada terminal *Magelis GT/GTO/GK/GTW/GTU* atau *Magelis industrial PC*. Gambar 2-24 dibawah ini menunjukkan gambar tampilan animasi *plant* pada *Vijeo Designer*.



Gambar (2-24) Tampilan animasi *plant* pada *Vijeo Designer*