

Perancangan Modul Pengendali Menggunakan Microcontroller AT 89S52 pada Prototipe Alat Penimbang Otomatis

Lobes Herdiman¹, Irwan Iftadi dan Erik Wahyu Kusumawati

Laboratorium Perencanaan dan Perancangan Produk
Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Abstract

The competition on industry that being increase, and the rapidly development of industry, encourage the industrialization to move the production more effective and efficient, so can press down the production cost that have to paid. One of them is redesigning machine or production equipment that still have manually characteristic. This research was redesign the machine production that is scales tools which is moved manually, so this condition need a long time in scales process. Redesign the scales tools doing by using the automatic toward it. The method that was choosing is implementation the microcontroller system control technology.

Microcontroller is IC that was function to control, give instruction and produce the signals that will send to infrared sensor, optocoupler and relay to move conveyor motor and motor arm. Microcontroller used as controlling module system. This control module use OP AMP, ADC, relay, LDR and opto encourage working process. In the last design was produce prototype scales tools that give easily in scales process, so can accelerate prototype working process, production cost more cheap and increasing production capacity.

Keywords : *Microcontroller, scale, modul, and load cell*

1. Pendahuluan

Seiring dengan kemajuan teknologi, mesin atau peralatan yang digunakan dapat ditingkatkan kualitasnya, baik kualitas mesin maupun kualitas produk yang dibuat. Salah satunya dengan menggunakan sistem kendali otomatis yang banyak diterapkan pada dunia industri saat ini. Sistem kendali otomatis adalah sistem kendali umpan balik dengan acuan masukan atau keluaran yang dikehendaki dapat konstan atau berubah secara perlahan dengan berjalannya waktu (Katsuhiko, 1994).

Dalam industri, timbangan memegang peranan yang penting dalam menentukan kualitas produk yang dihasilkan. Banyak perusahaan yang masih menggunakan timbangan mekanik (manual) sehingga memerlukan waktu yang cukup lama dalam proses produksinya. Salah satu cara untuk mengurangi waktu produksi adalah dengan merancang alat penimbang otomatis yang bisa terhubung langsung dengan konveyor.

Pada kondisi lain, PT. Amak Firdaus Utomo mengalami hambatan dalam proses penimbangan kertas yang masih menggunakan alat penimbang manual mekanik sentisimal. Waktu yang dibutuhkan dalam proses penimbangan kertas secara manual memerlukan waktu penimbangan rata-rata 139 detik, dalam 1 kali proses penimbangan terdiri dari 70 lembar kertas semen setiap bendelnya. Dalam satu hari hanya mampu menghasilkan kurang lebih 176 kali proses penimbangan, sedangkan kapasitas yang harus terpenuhi dalam satu hari adalah 384 kali

¹ Correspondence : Lobesh@gmail.com

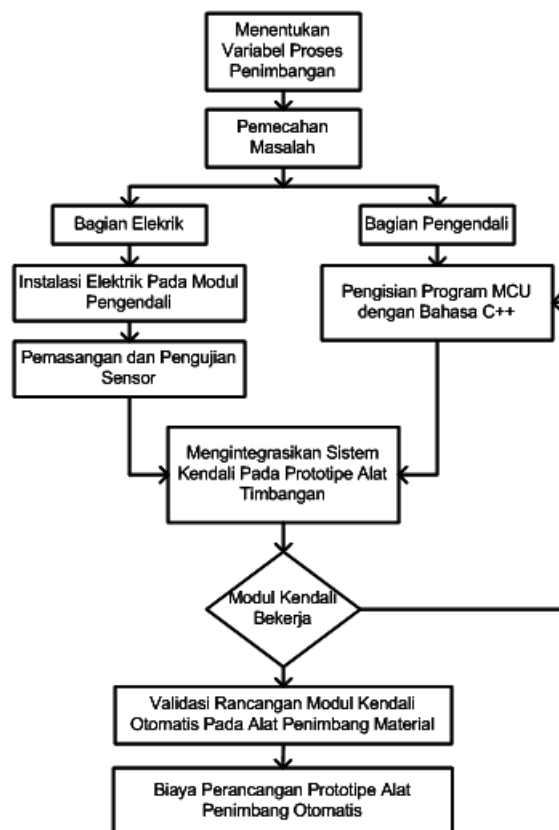
penimbangan. Keadaan ini mendorong perusahaan untuk memperbaiki alat penimbangan yang ada dengan sistem kendali otomatis.

Sistem kendali otomatis yang dirancang dalam proses penimbangan menggunakan sistem elektronik yang terdiri dari komponen elektronika. Struktur sistem alat ini terdiri dari sensor berat sebagai input untuk mendeteksi berat bahan (material) dan *microcontroller* untuk menerima sinyal dari sensor. Sensor berat yang dipakai adalah *sensor load cell*, memiliki spesifikasi timbangan dengan ketelitian 1 gram. *Microcontroller* yang dipakai adalah tipe IC AT 89S52 yang memiliki 16 bit program kendali, program memori dapat diprogram, menggunakan *on-chip* memori program jenis EPROM atau *flash ROM* yang mudah cara menghapusnya serta penggunaan daya yang rendah. Pemrograman *microcontroller* pada modul yang dibuat menggunakan program bahasa C. Penggunaan program ini lebih mudah daripada bahasa *assembly* karena program bahasa C mudah untuk dibaca dan pembuatan algoritma yang mudah dilakukan, sehingga modul yang dihasilkan dapat dengan mudah diganti *range* penimbangan sesuai dengan yang diinginkan hanya dengan merubah program.

Keluaran hasil perancangan modul pengendali menggunakan *microcontroller* AT 89S52 pada prototipe alat penimbang otomatis menghasilkan waktu penimbangan yang lebih cepat, mudah dalam menjalankan alat penimbangan sehingga memenuhi kapasitas perusahaan.

2. Metode Penelitian

Pembahasan perancangan modul pengendali menggunakan *microcontroller* AT 89S52 pada prototipe alat penimbang otomatis dapat diuraikan pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Metodologi penelitian

Dapat dijabarkan langkah-langkah dalam melakukan penelitian mengenai perancangan modul pengendali menggunakan *microcontroller* AT 89S52, yaitu:

1. Menentukan variabel, merancang modul pengendali menggunakan *microcontroller* AT 89S52 pada alat penimbang otomatis.
2. Pemecahan masalah, cara menyelesaikan permasalahan dengan diagram *fishbone* ntuk merancang modul pengendali yang digunakan pada alat penimbang otomatis dengan sistem kendali otomatis.
3. Perancangan instalasi elektrik, perencanaan untuk tiap-tiap bagian dari diagram rangkaian yang direncanakan pada modul.
4. Perancangan bagian pengendali, program IC dapat digunakan untuk menggerakkan peralatan perangkat keras. Program dibuat dalam bahasa C yang dikonversi ke *assembly*.
5. Sistem kendali pada prototipe alat kendali, pemasangan dan penempatan jaringan instalasi sistem kendali otomatis disesuaikan dengan fungsi dan tugas tiap sensor pengendalnya. Menentukan gerakan dan pemberhentian benda kerja sehingga dapat berhenti tepat pada posisi yang telah tentukan. Gerakan dari motor DC di atur dan dikendalikan oleh sensor untuk menjalankan perputaran lintasan sehingga sistem kerja yang terjadi dapat bekerja secara teratur dan kontinu.
6. Validasi perancangan modul kendali otomatis, menjalankan alat penimbang kertas yang telah dikontrol dengan sistem pengendali, kondisi yang terpenuhi dalam tahapan evaluasi yaitu gerakan mesin sesuai dengan rangkaian sistem kendali otomatis yang telah dibuat.
7. Menentukan biaya perancangan alat, merinci semua biaya yang telah dikeluarkan untuk pembuatan modul pengendali.

3. Hasil dan Pembahasan

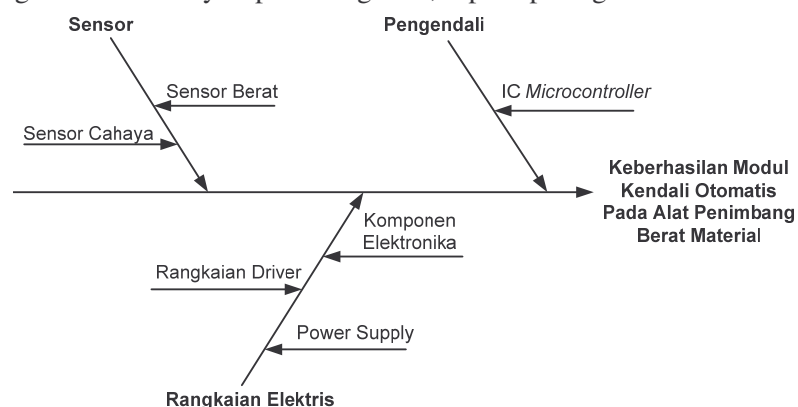
Langkah-langkah proses perancangan modul pengendali menggunakan IC *microcontroller* AT 89S52 pada prototipe alat penimbang otomatis.

a. Menentukan variabel,

Variabel masukan (*input*) terdiri dari sumber tegangan dengan arus searah (DC) yang digunakan sebagai sumber energi untuk memberikan tenaga ke komponen penggerak, sensor dan rangkaian elektrik. Tegangan tersebut sebesar 12 Volt untuk rangkaian *driver* dengan besar arus 3 Ampere dan tegangan 8 Volt untuk rangkaian motor *arm*. Sensor berat dipakai untuk mendeteksi berat otomatis dengan range input 0-0,5 Kg dan *range output* sebesar 10 mV DC. Variabel keluaran (*output*) terdiri dari antar muka sensor yang berupa IC *microcontroller* AT 89S52 yang memberikan instruksi ke sensor berat dan untuk menggerakkan motor.

b. Pemecahan masalah,

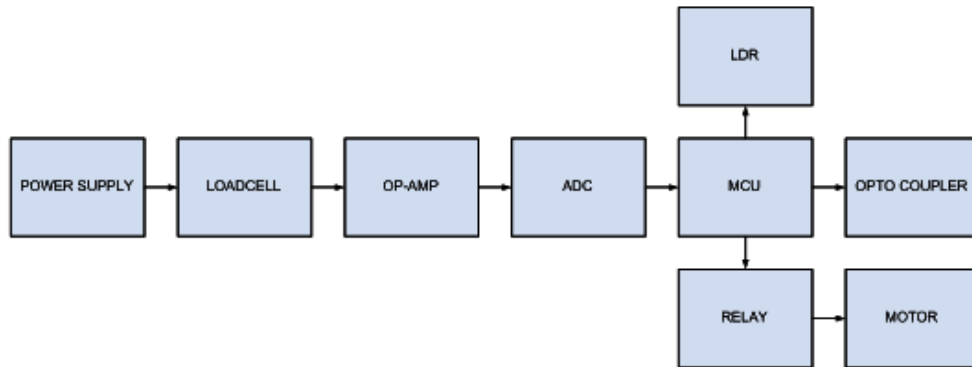
Diagram sebab akibat bertujuan untuk memperlihatkan faktor-faktor yang terjadi dalam suatu proses dan pengaruhnya terhadap hasil serta menganalisa dan menunjukkan faktor-faktor penyebab yang digambarkan menyerupai tulang ikan, seperti pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Diagram pemecahan masalah

c. Perancangan modul,

Perancangan modul pengendali menggunakan *microcontroller* pada prototipe alat penimbang berat otomatis yaitu perancangan instalasi listrik, perancangan bagian pengendali dan sistem kendali pada prototipe alat kendali. Secara garis besar skema rangkaian sistem modul kendali diberikan dalam blok diagram gambar 3 berikut ini.

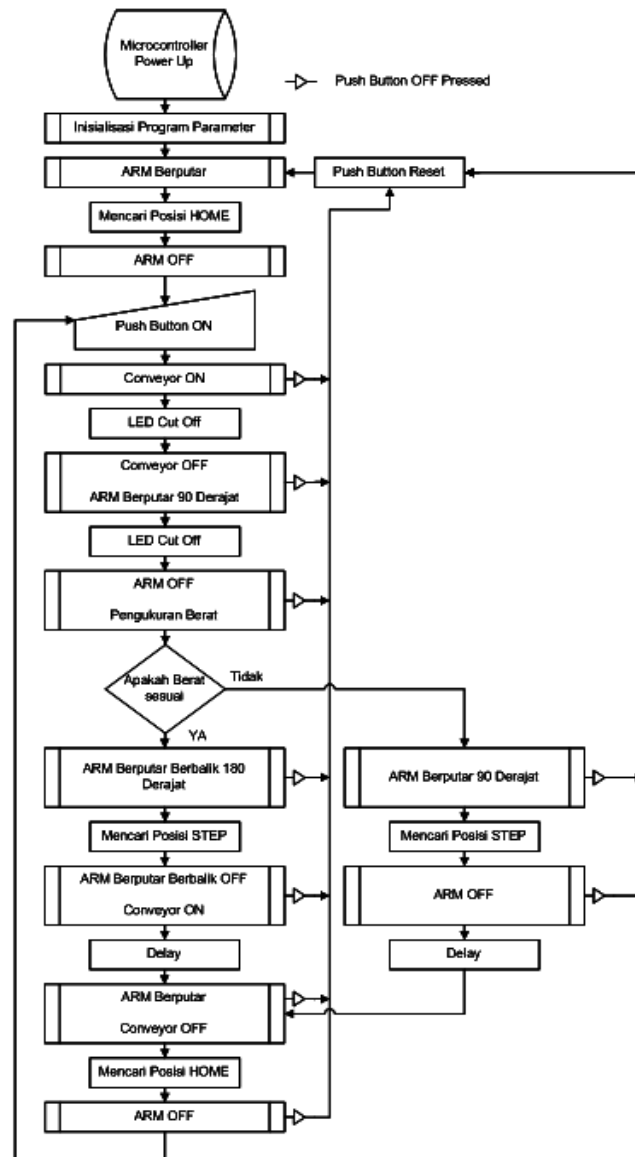


Gambar 3. Skema rangkaian sistem

Keterangan skema rangkaian sistem sebagai berikut:

- Power Supply : mengalirkan tegangan ke seluruh blok rangkaian modul pengendali. Tegangan *output* 12 Volt dan 8 Volt untuk rangkaian *driver relay* motor dan tegangan output 5 Volt untuk rangkaian penguat operasional *amplifier*.
- Load cell : sensor berat untuk mendeteksi berat material, gaya tekan dari material akan dirubah menjadi besaran tegangan listrik. Tegangan listrik ini dimasukkan ke operasional *amplifier* untuk diproses lebih lanjut.
- Op-Amp : memisahkan tegangan MCU dan motor agar tegangan MCU bebas *noise*.
- ADC : merubah sinyal analog yang dihasilkan oleh penguat menjadi sinyal digital agar mudah diproses oleh MCU.
- MCU : memberikan instruksi dan menghasilkan sinyal-sinyal yang dikirimkan ke sensor *infrared*, *optocoupler* dan *relay* untuk menggerakkan motor konveyor dan motor *arm*.
- LDR : sensor cahaya digunakan untuk mendeteksi ada tidaknya material yang berjalan di konveyor untuk ditimbang beratnya.
- Relay : berfungsi untuk memutuskan atau menghubungkan rangkaian pengontrol motor.

Program IC yang dapat digunakan untuk menggerakkan prototipe alat penimbang otomatis dapat digambarkan dalam diagram alur (*flowchart*) seperti pada gambar 4. Program dibuat dalam bahasa C, ketika program telah selesai dibuat dan diuji, pengontrol dilepaskan dari soket kemudian dipasangkan ke soket yang terdapat pada *downloader*. Program yang dibuat adalah dalam bentuk bahasa C maka harus dimasukkan ke *software* SDCC (*small device C compiler*). *Software* tersebut merubah dari bahasa C menjadi bentuk HEX karena hanya file dalam bentuk HEX yang dapat diisikan ke IC. Proses *download* program dari komputer ke IC memakai *downloader* AT 89S BASED PROGRAMMER V3.00.



Gambar 4. Software Flowchart

Instruction list program bahasa C terdiri dari 5 langkah, sebagai berikut:

1) Langkah proses 1.

Blok program ini berfungsi untuk menjalankan ARM pada prototipe alat penimbang pada saat benda terdeteksi sensor cahaya.

```

while(step==0) // Langkah proses 1
{
    if(PB2==0)
    {
        emg=1;
    }
    if(emg==1)
    {
        goto emergency;
    }
    sendtext("Arm CV: Homing sequence\n");
    ARMCW=0; // Lengan putar kanan
    if(HOME==0) // Jika posisi HOME terdeteksi
    {
        ARMCW=1; // Stop putar kanan
        sendtext("Home reached\n");
        step=1; // Set langkah proses 1
    }
}

```

2) Langkah proses 2.

Blok program ini berfungsi untuk menjalankan konveyor pada prototipe alat penimbang, jika benda terdeteksi sensor cahaya maka konveyor akan ON.

```

while(step==1) // Langkah proses 2
{
    if(PB1==0&&running==0) // PB ON ditekan
    {
        running=1; // Set proses running
        delay(60);
        CONVEYOR=0; // Nyalakan konveyor
        sendtext("Conveyor ON\n");
    }
    if(LASER==0&&running==1) // Jika laser barrier terpotong
    {
        sendtext("Workpiece detected\n");
        CONVEYOR=1; // Matikan konveyor
        delay(60);
        step=2; // Set langkah proses 2
    }
}

```

3) Langkah proses 3.

Blok program ini berfungsi untuk menjalankan ARM pada prototipe alat penimbang, beputar ke kanan membawa berat material ke sensor berat untuk ditimbang.

```

while(step==2) // langkah proses 3
{
    ARMCW=0; // Lengan putar kanan menuju load detector
    sendtext("Arm CW: Go to load detector\n");
    delay(60);
    if(PB2==0)
    {
        emg=1;
    }
    if(emg==1)
    {
        goto emergency;
    }
    step=3; // Set langkah proses 3
}

```

4) Langkah proses 4.

Blok program ini berfungsi untuk mendeteksi berat material pada sensor berat, dan ADC memproses data hasil penimbangan.

```

while(step==3) // Langkah proses 4
{
    if(STEP==0) // Jika posisi STEP terdeteksi
    {
        ARMCW=1; // Stop putar kanan
        delay(300);
        if(PB2==0)
        {
            emg=1;
        }
        if(emg==1)
        {
            goto emergency;
        }
        adcddata=ADCIn; // Load data
        sendtext("ADC data (range:0-255) = ");
        rat=adcddata/100; //Memproses data
        ret=adcddata%100; //Memproses data
        pul=ret/10; //Memproses data
        sat=ret%10; //Memproses data
        sendstring(string[rat]); // kirim data ratusan
        sendstring(string[pul]); // kirim data puluhan
        sendstring(string[sat]); // kirim data satuan
        sendtext("\n");
        delay(60);
        if(PB2==0)
        {
            emg=1;
        }
        if(emg==1)
        {
            goto emergency;
        }
        step=4; // Set langkah proses 4
        //sendtext("step 4\n");
    }
}
while(step==4)
{
}

```

5) Langkah proses 5.

Blok program ini berfungsi untuk mendeteksi berat material untuk data berat yang lebih kecil dari berat yang di *setting* dan menjalankan ARM berputar.

```

if((adccdata>=0&&adccdata<15)||((adccdata>30&&adccdata<=255))) // Data lebih kecil
{
    ARMCW=0; // Lengan putar kanan
    sendtext("Arm CW: destroy\n");
    delay(60);
    while(ARMCW==0)
    {
        if(PB2==0)
        {
            emg=1;
        }
        if(emg==1)
        {
            goto emergency;
        }
        if(STEP==0) // Jika posisi STEP terdeteksi
        {
            ARMCW=1; // Stop lengan putar kanan
            delay(60);
            ARMCW=0; // Lengan putar kanan,
            delay(60);
            while(ARMCW==0)
            {
                if(PB2==0)
                {
                    emg=1;
                }
                if(emg==1)
                {
                    goto emergency;
                }
                if(HOME==0) // Jika posisi
                {
                    ARMCW=1; // Stop
                    delay(60);
                    sendtext("\n");
                }
            }
        }
    }
    if(PB2==0)
    {
        emg=1;
    }
    if(emg==1)
    {
        goto emergency;
    }
    step=0; // Set langkah proses 0
    //sendtext("step 5\n");
}

```

kembali ke HOME

HOME terdeteksi

lengan putar kanan

6) Langkah proses 6,

Blok program (langkah 6) ini berfungsi untuk mendeteksi berat material untuk data berat yang lebih besar dari berat yang di *setting*. Ketika material sampai pada sensor berat, material akan di deteksi beratnya. Jika berat yang terdeteksi lebih besar maka ARM akan berputar ke kiri. Pada saat material sampai ke konveyor, konveyor akan berjalan dan ARM akan kembali ke posisi HOME. Jika posisi HOME terdeteksi maka ARM berhenti berputar.

```

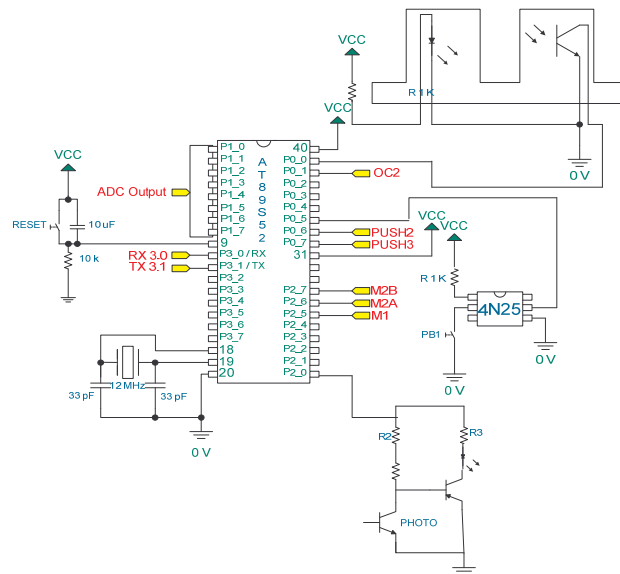
else if(adodata>=15&&adodata<=30) // Data lebih besar
{
    ARMCCW=0; // Lengan putar kiri
    sendtext("Arm CCW: accept\n");
    delay(100);
    while(ARMCCW==0)
    {
        if(PB2==0)
        {
            emg=1;
        }
        if(emg==1)
        {
            goto emergency;
        }
        if(STEP==0) // Jika posisi STEP terdeteksi
        {
            ARMCCW=1; // Stop lengan putar
            CONVEYOR=0; // Nyalakan conveyor
            sendtext("Conveyor ON\n\n");
            delay(1500);
            CONVEYOR=1; // Matikan conveyor
            ARMCCW=0; // Lengan putar
            while(ARMCCW==0)
            {
                if(PB2==0)
                {
                    emg=1;
                }
                if(emg==1)
                {
                    goto emergency;
                }
                if(HOME==0) // Jika
                {
                    ARMCCW=1; // Stop
                    delay(60);
                }
            }
        }
        if(PB2==0)
        {
            emg=1;
        }
        if(emg==1)
        {
            goto emergency;
        }
        step=0; // Set langkah proses 0
        //sendtext("step 5\n");
    }
    running=0; // Reset proses running
}

```

d. Menggunakan microcontroller dan sensor cahaya,

Frekuensi kristal disesuaikan dengan pemilihan kecepatan yang ditentukan untuk mentransfer data melalui pin serial *interface* dari MCU AT 89S52. Sistem ini dirancang untuk memiliki kemampuan *boud rate* sebesar 9600 bps sehingga kristal yang dipilih adalah 11,0952 Mhz atau 12 Mhz. Sedangkan untuk kapasitor pada kristal dipilih dengan lembar data yaitu $C = 33 \text{ pF}$ dan $C = 33 \text{ pF}$ dengan kerja MCU untuk satu *machine cycle*, adalah $f = (11,0592 : 4) \text{ Mhz} = 2,7648 \text{ Mhz} = 3 \text{ Mhz}$ dan $t = (1 : 3.10^6) = 0,33 \text{ uS}$

Sensor cahaya yang dipakai adalah sensor infrared dan phototransistor. Sensor ini dikendalikan oleh modul dan dipasang di kanan kiri konveyor yang digunakan untuk mendeteksi saat kertas sampai untuk diproses oleh sensor berat *load cell*. Modul kendali yang dipakai sebagai input untuk sensor cahaya. Sensor ini berfungsi dengan baik jika mempunyai arus sekitar (15-30) mA.

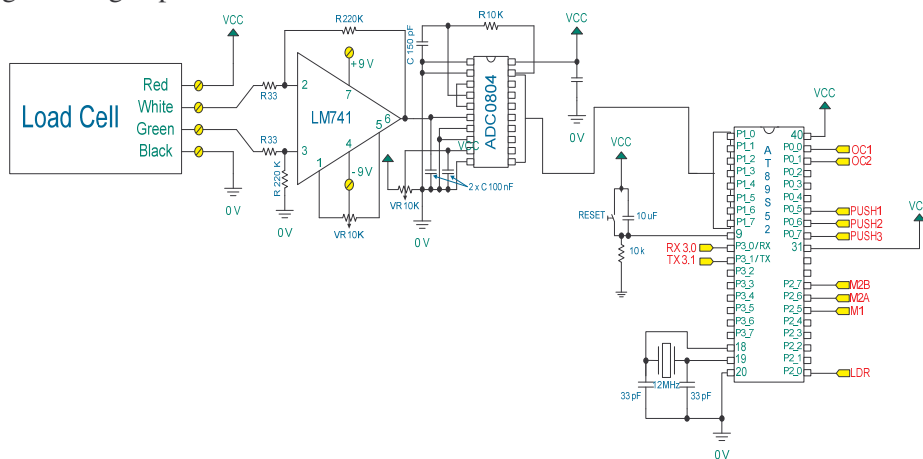


Gambar 5. Rangkaian microcontroller dengan sensor cahaya

e. Menggunakan microcontroller dengan load cell dan ADC

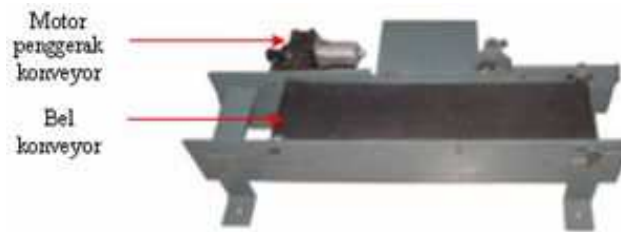
Sensor *load cell* yang digunakan dapat melakukan pembacaan untuk kondisi tekanan antara 0-2,5 kg. Tegangan keluaran pada sensor tekanan atau berat minimal adalah 0 Volt untuk kondisi berat = 0.1 kg, sedangkan tegangan keluaran maksimumnya adalah 0.01 Volt pada saat kondisi berat = 2.5 kg.

Perancangan ini menggunakan ADC 0804 yang mempunyai 8 inputan (IN-0 s/d IN-7) dan input yang digunakan adalah IN-6 dan yang lain dihubungkan ke *ground*. IN-6 digunakan untuk membaca sensor berat dengan kenaikan tegangan 0,0196 V/bit untuk tegangan *ref* (+) adalah +5 Volt. ADC 0804 mengkonversi sinyal masukan analog menjadi data digital 8 bit. Data digital ini di tahan oleh suatu *register* dalam ADC ini. Output dari ADC 0804 ini dihubungkan dengan jalur D2-D9. Karena sinyal bus data dari pada *microcontroller* juga memiliki level logika TTL (MCS-51 data manual, 1979). Maka D0-D7 ADC 0804 bisa langsung dihubungkan dengan port 1.0 MCU AT 89S52.



Gambar 6. Rangkaian microcontroller dengan load cell dan ADC

Mekanisme kerja prototipe alat penimbang berat material yang dibuat menggunakan sistem kendali otomatis. Modul pengendali yang telah dibuat dipasang pada alat penimbang berat material sehingga berfungsi dengan baik.



Gambar 7. Prototipe alat penimbang

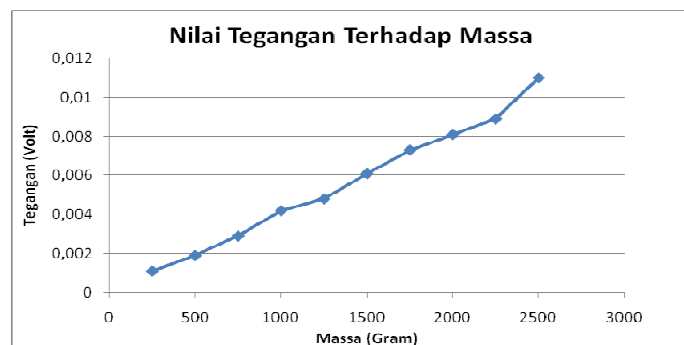
Pada saat tombol *on* ditekan, tegangan dari *power supply* akan menggerakkan M1 (motor 1) dan menjalankan konveyor dengan tegangan dari *power supply* 12 Volt, konveyor yang membawa beban akan bergerak sampai ke *arm*. Cahaya dari *infrared* yang menuju phototransistor terhalang oleh beban menyebabkan *relay* dan M2 (motor 2) bergerak. Arm yang terhubung dengan poros motor juga ikut berputar membawa beban ke *load cell*. Saat beban sampai di *load cell*, konveyor akan berhenti. Beban akan terdeteksi oleh sensor berat *load cell*, dimana sensor akan mendapat tekanan dari beban dan merubah gaya tekan itu menjadi besaran tegangan listrik. Karena perubahan tegangan *output* akibat dari tekanan sangat kecil, maka untuk dapat digunakan dalam sebuah sistem kendali harus dimasukkan ke *signal processor* untuk dikuatkan. Sinyal analog yang dihasilkan oleh penguat akan masuk ke ADC untuk dirubah menjadi sinyal digital agar mudah diproses oleh MCU. Sinyal-sinyal dari sensor yang telah diolah oleh ADC diterima MCU, kemudian MCU memberikan intruksi dan menghasilkan sinyal-sinyal yang akan dikirimkan ke M2. Motor bekerja dipengaruhi oleh sensor *load cell* dan detektor yang ada pada alat penimbang berat material tersebut dengan sistem kendali otomatis.

f. Validasi perancangan modul kendali otomatis,

Validasi hasil perancangan dilakukan dalam tahapan evaluasi gerakan mesin sesuai dengan rangkaian sistem kendali otomatis yang dibuat, yaitu:

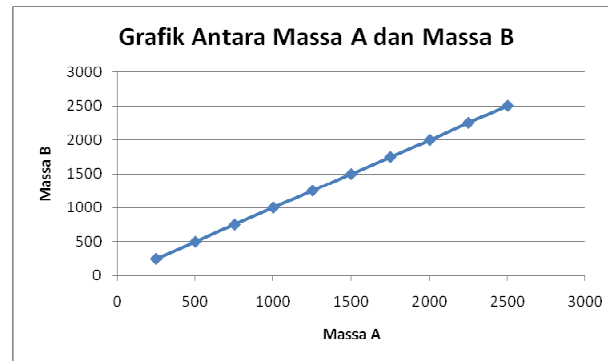
1) Melakukan kalibrasi,

Tujuan kalibrasi adalah mencari hubungan antara tegangan yang di keluarkan oleh rangkaian dengan berat suatu massa. Massa yang dimaksud adalah berat bahan material atau kertas yang digunakan untuk proses produksi.



Gambar 8. Grafik antara massa dengan tegangan

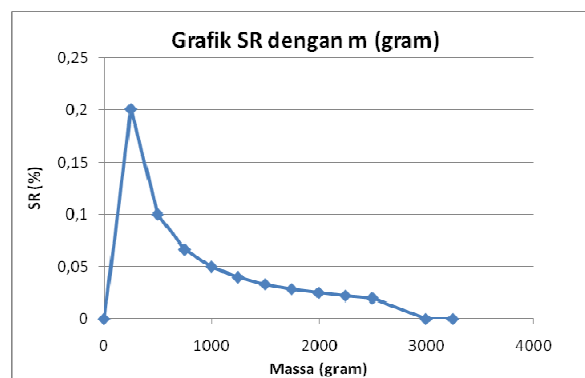
Setelah itu, pengujian alat dilakukan dengan menggunakan alat penimbang standar sebagai acuan, hasilnya dibandingkan dengan berat yang terbaca pada alat (data hasil kalibrasi). Dimana massa A adalah nilai dari berat dengan alat penimbang standar dan massa B adalah nilai dari berat dengan alat penimbang otomatis.



Gambar 9. Grafik antara berat (alat) dengan berat (standar)

2) Menghitung persentase kesalahan relatif,

Pencarian persentase kesalahan relatif pengukuran dilakukan dengan tiga tahap yaitu mencari tingkat ketelitian pengukuran terkecil (ukuran terkecil) dari hasil pengukuran (standar pengukuran terkecil), menghitung kesalahan terbesar yang mungkin timbul dalam pengukuran. dengan rumus yang digunakan adalah $sm = \frac{1}{2} \times spt$, menghitung kesalahan pengukuran dibandingkan dengan hasil pengukuran. dengan rumus yang digunakan adalah $sr = sm/\text{hasil pengukuran}$. Diperoleh kesalahan relatif sebesar $\pm 0,2\%$.



Gambar 10. Grafik antara berat (alat) dengan kesalahan relatif

3) Menghitung sensitivitas alat,

Sensitivitas dari modul adalah 4,06 mV/Kg dengan besarnya penguatan sensor berat (data sheet) sebesar adalah 4 mV/Kg. Pengujian ini dapat disimpulkan bahwa modul cukup sensitif sehingga bisa dipakai untuk mengendalikan sensor berat pada prototipe alat penimbang berat material.

Tabel 1. Data perhitungan sensitivitas

Massa B (gram)	Tegangan (volt)	Sensitivitas (Volt/Gram)
249	0,0011	0,0000044
499	0,0019	0,0000038
750	0,0029	0,0000039
1000	0,0042	0,0000042
1250	0,0048	0,0000038
1500	0,0061	0,000004
1750	0,0073	0,0000041
2000	0,0081	0,0000041
2250	0,0089	0,0000039
2500	0,011	0,0000044
Sensitivitas (Volt/Gram)		0,00000406

g. Menentukan biaya perancangan alat,

Total biaya keseluruhan pembuatan modul *load simulator* sebagai berikut.

Tabel 2. Total biaya

No	Keterangan	Harga (Rp)
1	Komponen Load Simulator	301,500
2	Komponen Load Simulator Riset	25,200
3	Load cell	1,250,000
4	Biaya Perakitan	50,000
5	Biaya Sewa Lab	80,000
JUMLAH		1,706,700

Biaya yang diperlukan dalam pembuatan prototipe modul ini adalah Rp 1.706.700,-. Biaya untuk mesin sebenarnya menggunakan *load cell* dengan kapasitas penimbangan 30 kg dengan harga Rp 945.000,- per buah, maka biaya total pembuatan modul kendali otomatis dengan sensor berat ini adalah Biaya total mesin = Biaya total pembuatan modul + Biaya sensor berat, maka Rp 456.700,- + Rp 4.725.000,- = Rp 5.181.700,-.

4. Kesimpulan

Rancangan modul kendali pada alat penimbang otomatis dengan sistem kendali *microcontroller* AT 89S52 dapat bekerja secara otomatis dan memberikan kemudahan dalam proses penimbangan serta dapat menghasilkan waktu proses kerja yang lebih cepat dari pada menggunakan alat penimbang mekanik sentisimal sebesar 58 detik per penimbangan. Penambahan *keypad* pada modul kendali ini dapat mempermudah mengendalikan alat penimbang otomatis dengan biaya sebesar Rp 5.181.700,-. Modul kendali ini selain dapat digunakan untuk proses penimbangan juga dapat digunakan untuk proses penyortiran dengan merubah program bahasa C.

Daftar Pustaka

- Bishop, O. (2004), *Dasar-dasar Elektronika*, alih bahasa Irzam Harmein, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Budhy, S. (2001), *Konstruksi Port Paralel MCS51*, <http://alds.stts.edu/>.
- Fitzgerald, A.E., Higginbotham, D.E. dan Grabel, A. (1993), *Dasar-dasar Elektro Teknik* Jilid 1, alih bahasa Pantur Silaban PhD, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Intel (1986), *Microcontroller Hand Book*, Intel Corporation, USA.
- Kadir, A. (2004), *Panduan Pemrograman Visual C++*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Ogata, K. (1985), *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)* Jilid 1, alih bahasa Ir. Edi Leksono, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Pracoyo, A. (2001), *MCS-51 Instruction Set, Architecture, and Hardware Design*, Penerbit Politeknik Negeri Malang, Malang.