

IMPLEMENTASI OTOMATISASI MESIN *GRATING* MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO MEGA 2560

Agus Wahyudi¹ dan Suhartati Agoes¹

Abstract: Along with the progress of the industry following the market demand, the automation of the production process is absolutely used to increase effectiveness, price competitive products and a fast time. In a study conducted innovation Grating machines by replacing components with a microcontroller Adriano PLC Type MEGA 2560 has durability, precision, reliability, high speed, user friendly and affordable price. This study uses Reserch and Development (RnD), the object of this research is the engine that produces Grating Grating with precision, efficient, non reject, and high quality. The step of the method is the concept and design, implementation, tuning and testing, quality control, and durability testing. The results achieved in this study is on the machine Grating using ARDUINO MEGA 2560 microcontroller only takes 2 machine and man power 1 HO (Day x People), so that the percentage of the sheer number of engine efficiency is 33.33%. As for the percentage of man power efficiency reached 50%. Energy efficiency is achieved by using a microcontroller ARDUINO MEGA 2560 is 33.33%.
Keywords: Arduino Mega 2560, Super Bright LED Line Sensor, Software IDE, Grating Machine

Abstrak: Seiring dengan kemajuan industri yang mengikuti permintaan pasar, otomatisasi pada proses produksi sangat mutlak digunakan untuk meningkatkan efektifitas, harga produk yang kompetitif dan waktu yang cepat. Pada penelitian dilakukan inovasi suatu mesin *Grating* dengan mengganti komponen PLC dengan sistem mikrokontroler Adriano Tipe MEGA 2560 yang mempunyai *durability, presisi, reliability, high speed, user friendly* dan harga yang terjangkau. Penelitian ini menggunakan metode *Reserch and Development* (RnD), objek penelitian ini adalah mesin *Grating* yang memproduksi *Grating* dengan presisi, efisien, *non reject*, dan berkualitas tinggi. Adapun langkah-langkah metodenya adalah konsep dan desain, implementasi, *tuning* dan pengujian, *quality control*, dan ujicoba ketahanan. Hasil yang dicapai pada penelitian ini adalah pada mesin *Grating* dengan menggunakan mikrokontroler ARDUINO MEGA 2560 hanya dibutuhkan 2 mesin dan *man power* 1 HO (Hari x Orang), sehingga presentase efisiensi jumlah mesin adalah 33.33%. Sedangkan untuk presentase efisiensi *man power* tercapai 50%. Efisiensi energi yang dicapai dengan menggunakan mikrokontroler ARDUINO MEGA 2560 adalah 33,33%.

Kata kunci: Arduino Mega 2560, Sensor Garis LED Super Bright, Software IDE, Mesin *Grating*

PENDAHULUAN

Peralatan seperti *Kabel tray, Grating, Storage Tank* menggunakan bahan baku *fiberglass* karena tahan terhadap bahan kimia atau anti korosif, kebutuhan tersebut digunakan pada penelitian ini untuk pembuatan mesin *Grating* dengan bahan baku *fiberglass*. Seiring dengan kemajuan industri yang mengikuti permintaan pasar, otomatisasi pada proses produksi sangat mutlak digunakan untuk meningkatkan efektifitas, harga produk yang kompetitif dan waktu yang cepat. Oleh karena itu dilakukan inovasi suatu mesin *Grating* mengganti komponen PLC dengan mikrokontroler yang mempunyai *durability, presisi, reliability, high speed, user friendly* dan harga yang terjangkau.

Pada penelitian ini, dirancang dan direalisasikan mesin *Grating* dengan menggunakan mikrokontroler Arduino tipe Mega 2560 dengan tujuan untuk efisiensi biaya pembuatan mesin, fleksibilitas dalam transfer program atau data, kecepatan, ketepatan, penggunaan *man power* dan energy yang lebih efisien.

Upaya peningkatan ketepatan serta kecepatan mesin *Grating* dengan menggunakan mikroprosesor Arduino Mega 2560 dan perbaikan pada sensor garis yaitu dengan menggunakan LED *Super Bright* serta *Software Arduino Integreted Development Environment (IDE) TIPE 1.6.4 windows*.

MIKROKONTROLER ARDUINO TIPE MEGA 2560

Arduino merupakan salah satu jenis perangkat elektronik berbasis mikrokontroler yang terdiri perangkat keras dan perangkat lunak yang mudah digunakan untuk ‘mendeteksi’ lingkungan dengan menerima masukan dari berbagai sensor misal: cahaya, suhu, inframerah, ultrasonic, jarak, tekanan, kelembaban dan dapat ‘mengendalikan’ peralatan lainnya seperti lampu, motor, dan actuator lainnya. Arduino berasal dari bahasa italia dan informasi lengkap tentang sejarah perkembangan Arduino, macam-macam *board* Arduino serta contoh aplikasinya yang sangat luas dan lengkap. Produk Arduino mempunyai banyak model atau tipe, karena bersifat *open source*, maka banyak vendor yang membuat dan menjual variannya baik yang *official* maupun yang *unofficial*, sebagai contoh *board* Arduino yang *official* seperti Arduino UNO, Duemilanove, Leonardo, Nano, Mega 2560/Mega ADK, Esplora, Micro, Mini, Severino (NG/Older). *Software* yang digunakan bersifat *open source* yang berbahasa C yang dinamakan *sketch* setelah dilakukan *compile* dengan perintah *Verity/Compile* serta menghasilkan file *hex* .[2]

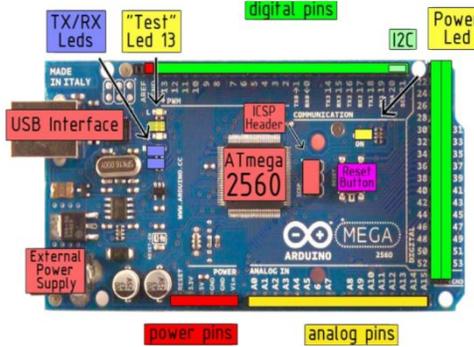
Kelebihan-kelebihan dari board Arduino diantaranya adalah:

1. Tidak perlu perangkat *chip programmer* karena di dalamnya memiliki *bootloader* yang dapat menangani program yang di-*upload* dari komputer.
2. Bahasa pemrogramannya relative mudah (bahasa C) dan *software* arduino mudah dioperasikan karena berbentuk *Graphical User Interface (GUI)*, *Integreted Development Environment (IDE)*, memiliki *library* yang cukup lengkap serta gratis dan *Open Source*.

¹ Jurusan Teknik Elektro, Universitas Trisakti Jakarta

3. Komunikasi serial dan komunikasi untuk *upload* program menggunakan jalur yang sama yaitu melalui jalur USB (atau komunikasi serial), jadi membutuhkan sedikit kabel. [2]

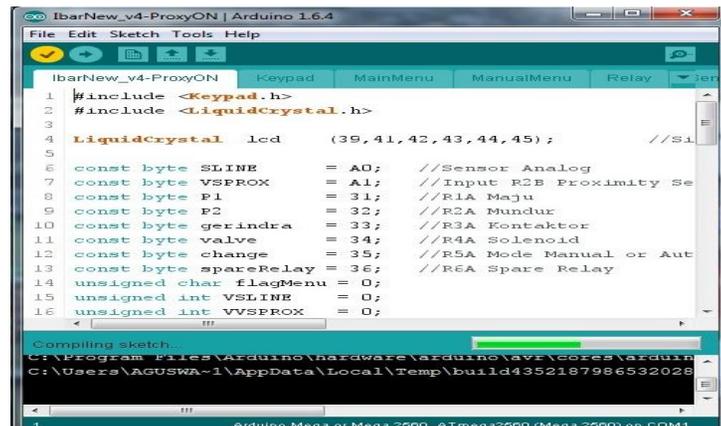
Board Arduino Mega 2560 adalah sistem yang menggunakan IC mikrokontroler ATmega 2560, *board* ini memiliki 54 digital *input/output*, 15 buah diantaranya dapat digunakan sebagai *output Pulse Width Modulation* (PWM), 16 buah *analog input*, 4 *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART), Osilator Kristal 16MHz, koneksi USB, *jack power*, *socket ICSP* (*In-Circuit System Programming*) dan tombol *reset*, seperti yang terdapat pada Gambar 1 [1]. Spesifikasi mikrokontroler Arduino Mega 2560 terdapat pada Tabel 1.



■ Gambar 1. Arduino MEGA 2560

■ Tabel 1. Tabel Arduino MEGA 2560

MEGA	
Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz



■ Gambar 2. Software IDE Arduino

Software IDE arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open source*, diturunkan dari *platform Wiring*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang, hardware menggunakan prosesor Atmel AVR dan *software* menggunakan bahasa pemrograman C++ yang sederhana dan fungsi-fungsi yang lengkap, sehingga arduino mudah dipelajari oleh pengguna. Pada penelitian ini *software* Arduino

yang digunakan adalah *driver* dan IDE, walaupun masih ada beberapa *software* lain yang sangat berguna selama pengembangan Arduino. IDE Arduino adalah *software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java.

Parameter yang digunakan:

$$Waktu\ Baku = (Waktu\ 1x\ proses) \times (Jumlah\ Lubang) \times (2\ sisi) \dots\dots(1)$$

$$Total\ Waktu\ Baku = (Waktu\ Baku) \times (Jumlah\ Quantity\ I - Bar) \dots\dots(2)$$

$$Jumlah\ mesin = (Total\ Waktu\ Baku) / (Waktu\ Proses\ Terependek) \dots\dots(3)$$

$$Menentukan\ Man\ Power = (Jumlah\ Mesin) \times (0.5\ Hari\ X\ Orang) \dots\dots(4)$$

$$Efisiensi_{Optimalisasi} = \frac{Waktu_Kontrol_Lama - Waktu_Kontrol_Baru}{Waktu_Kontrol_Lama} \times 100\% \dots\dots(5)$$

$$Energi = (Jumlah\ Power\ Energi) \times (Jam\ Kerja) \times (Tarif) \dots\dots(6)$$

$$Energi\ Total = (Jumlah\ Mesin) \times (Energi) \dots\dots(7)$$

PERANCANGAN SISTEM MESIN GRATING

Penelitian ini menggunakan metode *Reserch and Development* (RnD) dengan objek penelitian adalah mesin *Grating* yang memproduksi *Grating* dengan presisi, efisien, *no reject*, dan berkualitas tinggi. Adapun langkah-langkah metodenya adalah: konsep dan desain, implementasi, *tuning* dan pengujian, *quality control* , uji coba ketahanan.

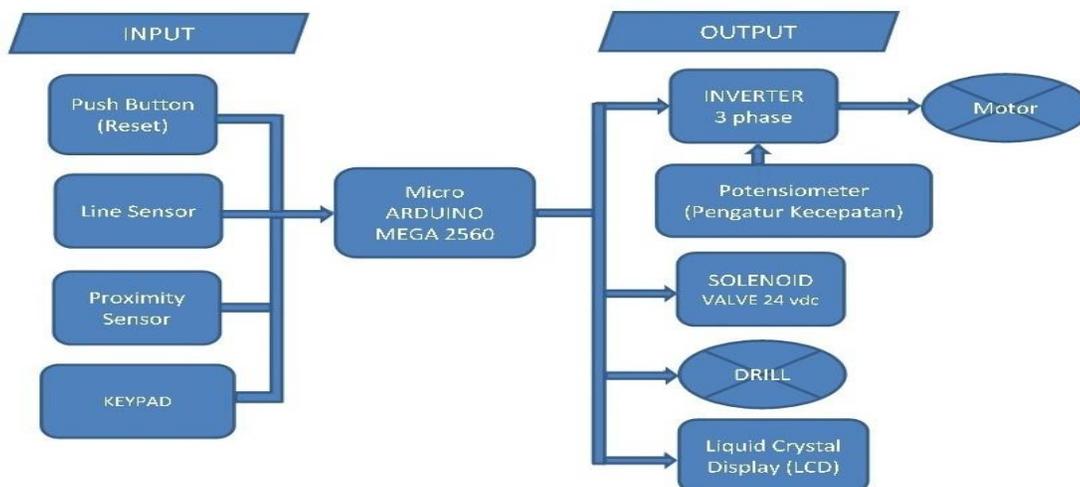
Konsep dan Desain Rancangan Sistem:

Konsep dan desain dibuat dengan menyesuaikan kebutuhan dari produk apa yang akan dibuat karena dengan mengetahui kebutuhan dan prinsip kerja maka akan menentukan parameter-parameter sebagai berikut :

- A. Kontrol yang akan digunakan dengan melihat *input output*.
- B. *Software* yang akan digunakan
- C. Motor-motor penggeraknya (kapasitas dan karakteristik)
- D. Sensor apa yang akan digunakan
- E. *Equipment* pendukung yang dibutuhkan
- F. *Power* yang dibutuhkan
- G. Mekanik yang digunakan

Implementasi

Implementasi dilakukan dengan membuat simulasi perangkat lunak (*software*), kemudian dilanjutkan dengan menggunakan *autocad*.



■ **Gambar 3.** Diagram Blok Otomatisasi Mesin *Grating*

Kontrol

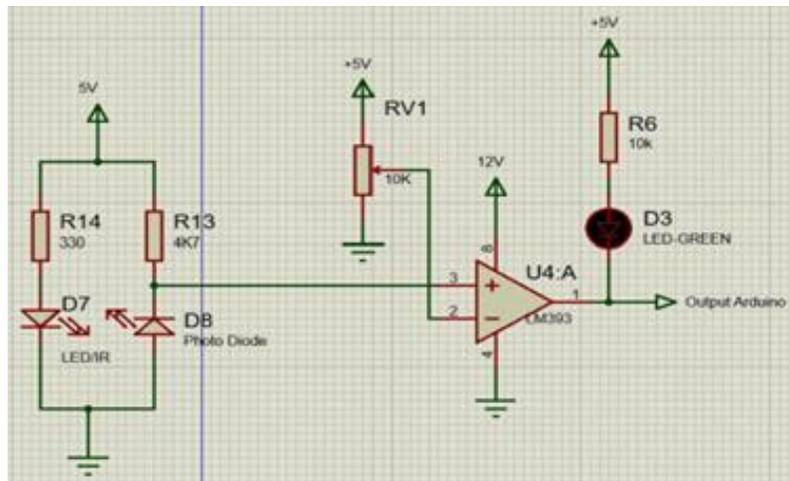
Mikrokontroler berfungsi untuk menerima input serta mengatur *output* atau penggerak mengikuti program yang sudah dimasukkan ke dalam *chip* tersebut. Posisi mikrokontroler dapat dijelaskan pada Gambar 3.

Sensor garis

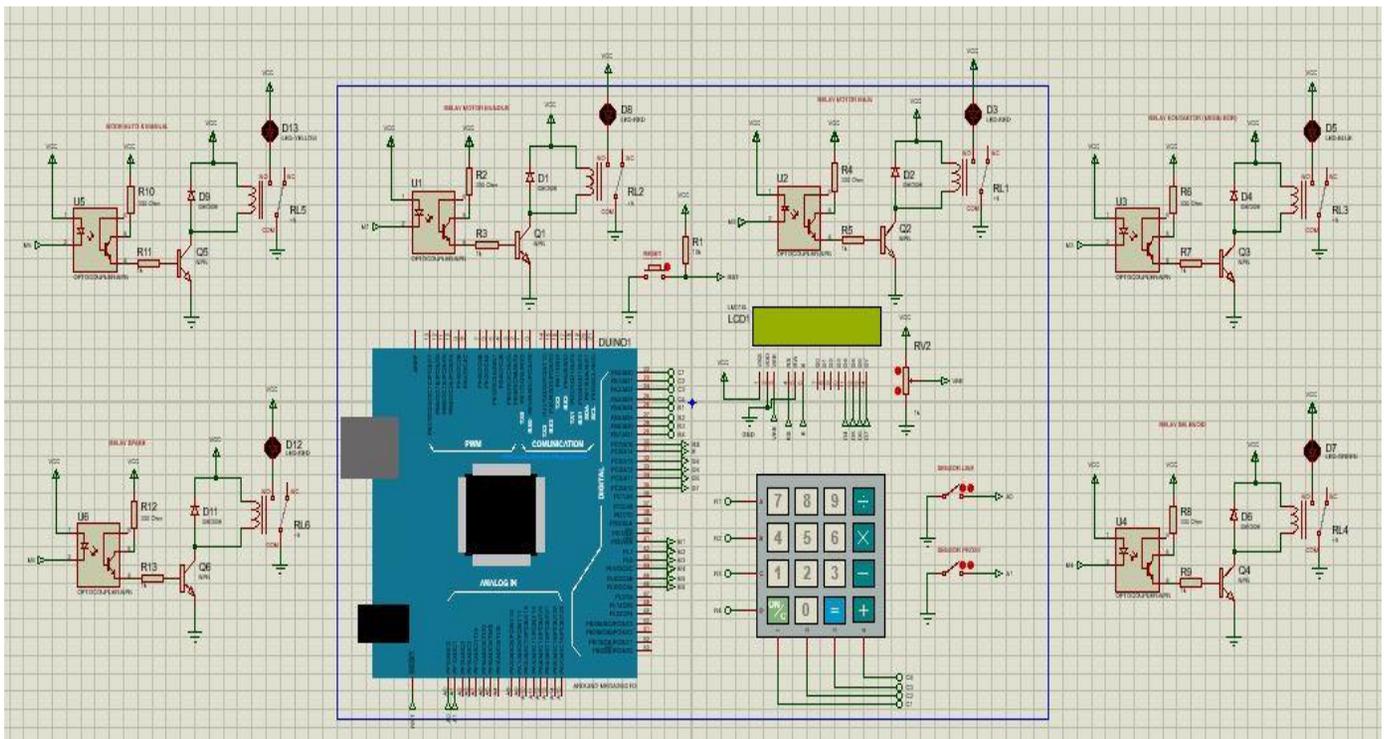
Sensor garis ini terdiri dari komponen sebagai berikut:

1. LED *High Brightness* tipe VLCS5830 yang mempunyai sudut kemiringan $\pm 4^\circ$, *Reverse Voltage* (V_r) 5vdc, *peak wavelength* (λ_p) 631nm
2. Photo Dioda tipe PD 333, *Reverse Voltage* (V_r) 32vdc, *power dissipation* 150mW
3. Komparator LM 393N 0-36vdc, *power dissipation* 780 mW

Sensor garis dibuat *customs* dari LED *High Brightness* sehingga dibuat rangkaian yang mendeteksi sebuah garis gelap dan terang, karena *output* sensor tegangan masih berupa *analog* maka dimasukkan ke dalam *input* komparator yang berfungsi mengubah dari *analog* ke digital sebelum masuk ke Arduino Mega dan diterjemahkan menjadi kode biner 0 atau 1 dan sensor garis tersebut dijelaskan pada Gambar 4.



■ Gambar 4. Sensor Garis



■ Gambar 5. Simulasi mikrokontroler Arduino tipe MEGA

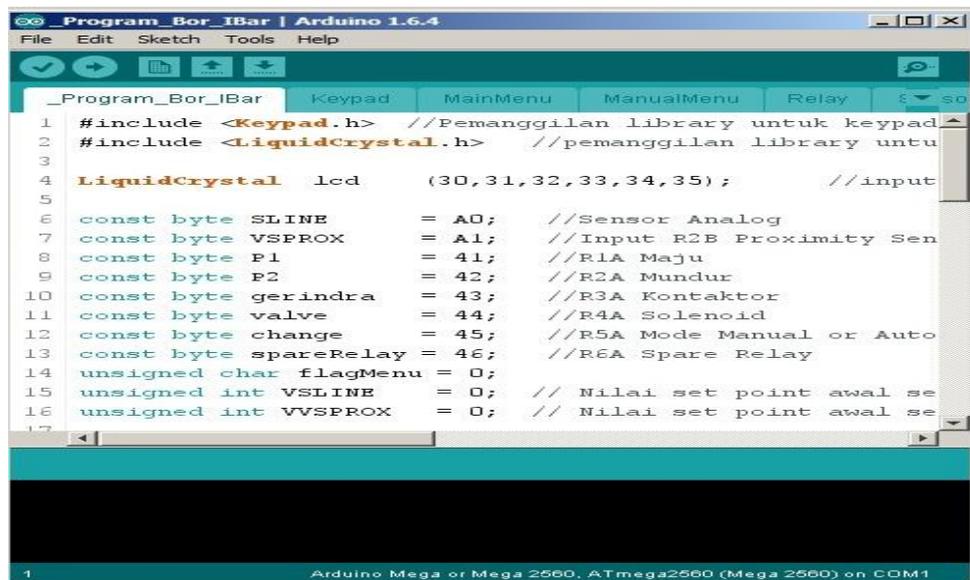
Sensor Proximity PNP

Proximity PNP berfungsi agar *cylinder pneumatic* bisa diatur berapa kedalaman benda yang akan dibuat lubang dan sebelum semuanya dirakit maka dibuat simulasi system dengan menggunakan program *Proteus 8 profesional schematic*. Agar bisa mensimulasi sistem berjalan dengan baik, dengan simulasi *Proteus 8 profesional schematic* belum menjamin 100% hasil yang dicapai sesuai keinginan karena masih ada faktor lain seperti *tuning* parameter, kalibrasi, mekanik dan simulasi tersebut dijelaskan pada Gambar 5.

Software

Software Arduino yang digunakan adalah IDE dengan menggunakan bahasa pemrograman Java seperti contoh pada Gambar 6 dan IDE Arduino terdiri dari:

1. *Editor program*, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa Processing.
2. *Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa Processing) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa Processing. Yang bisa dipahami oleh mikrokontroler adalah kode biner. Itulah sebabnya *compiler* diperlukan dalam hal ini.
3. *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori di dalam *board* Arduino.



■ Gambar 6. Software Program IDE

Tuning dan Pengujian

Metode pengujian dilakukan dengan metode tuning satu persatu komponen yang telah dirakit yaitu :

A. Motor, Gearbox dengan inverter

Motor induksi 3 phase dan inverter 3 phase dilakukan *tuning* dengan cara memasukkan parameter motor induksi 3phase seperti: power motor (2hp), rpm 1400, pole 4, *accelerasi* level 6 dari 10, *decelerasi* level 5 dari 10. Tabel 2 menunjukkan nilai RPM dan arus yang merupakan hasil mengatur *inverter* yang diberi *trigger* on dengan frekuensi bertahap.

■ Tabel 2. Hasil Seting Inverter

No	Setting Potensiometer	Frekuensi	RPM	Arus [Ampere]
1	25 %	12.5 HZ	350	0.55
2	50 %	25 HZ	700	1.1
3	75 %	37.5 HZ	1050	1.65
4	100 %	50 HZ	1400	2.2
5	0 %	0 HZ	0	0

B. Sensor Garis

Jika sensor mengenai garis hitam dengan tegangan sensor 5vdc maka ADC membaca 1 dan jika mengenai garis

putih dengan tegangan sensor 0-2 vdc maka ADC membaca 0, maka dengan demikian sensor selesai dituning.

C. Sensor *Proximity* PNP

Jika mendapat sentuhan logam pada jarak tertentu maka menghasilkan *output* 5 vdc dan jika menjauh dari logam maka *output*nya 0 vdc, maka sensor tersebut dianggap berfungsi.

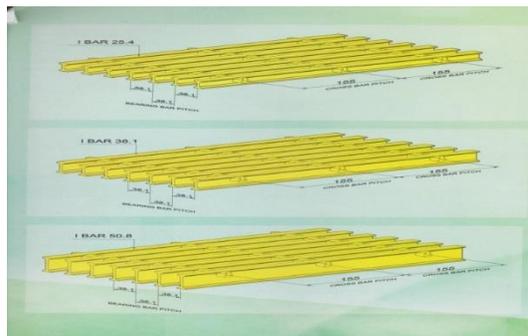
Quality Control

Suatu percobaan dianggap valid jika nilai yang diinginkan sama dengan actual yang didapat. Nilai yang diinginkan adalah seperti pada Tabel 3,

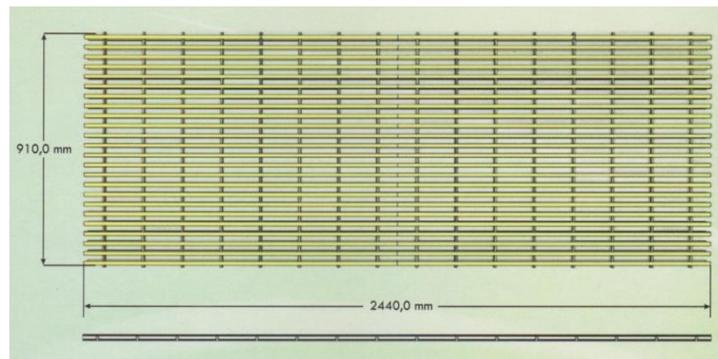
■ **Tabel 3.** Spesifikasi Nilai Parameter Produk

Jarak awal – Lubang 1 (D)	Jarak Antar Lubang (E)	Jarak Lubang Terakhir – Akhir Produk (D)	Jumlah Lubang
57.5 mm	155 mm	57.5 mm	16 lubang

Pada Gambar 7 dan Gambar 8 adalah produk yang diinginkan dengan lebar produk 910 mm, panjang 2440 mm, jumlah I-bar 24 batang, antar lubang I-bar 155 mm dengan jumlah 16 lubang. Toleransi yang diinginkan maksimal 0.2 mm, jika lebih maka berpotensi *slot notcher* (pengikat) antar *I-bar* tidak akan masuk dan produk dipastikan *reject*.



■ **Gambar 7.** Contoh produk dengan size antar Lubang

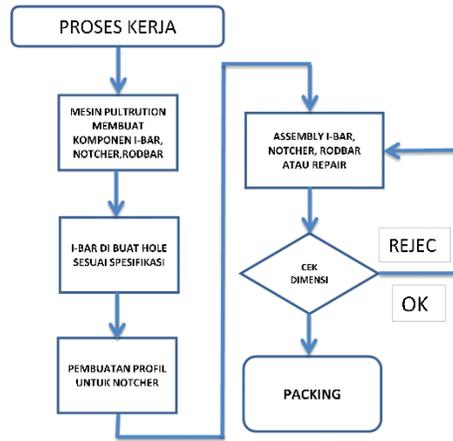


■ **Gambar 8.** Tampak Atas Contoh Produk

Uji Coba Ketahanan

Uji coba mesin menggunakan produk dan hasilnya *zero defect* artinya mesin dianggap sudah lulus uji dan siap diserahkan terimakan ke bagian produksi untuk memulai produksi produk tersebut. Ketahanan atau kehandalan mesin karena mesin harus tahan dalam operasi 3 shift selama 24 jam.

Pembuatan sebuah *Grating* dibutuhkan beberapa jenis mesin dari bahan baku cair (resin) dan semi padat menjadi bahan padat dan Gambar 9 menunjukkan urutan proses pengujian mesin.



■ Gambar 9. Tahapan Proses Produksi

PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL PERANCANGAN

Proses pengujian ini dilakukan berdasarkan untuk mencari tahu adanya kesalahan atau tidak pada setiap blok rangkaian yang digunakan dan setiap pengujian tersebut diberikan hasil percobaan dan analisa.

Waktu Baku

Hasil *tuning* semua parameter didapat sebagai berikut :

1. Menggunakan PLC membutuhkan waktu 19 detik /lubang, sedangkan 1 batang membutuhkan 16 lubang dan prosesnya hanya 1/2 lubang maka dengan menggunakan Rumus (1) dan rumus (2) diperoleh waktu total sebesar 608 detik. Sedangkan dari rumus (3) dan rumus (4) diperoleh jumlah mesin yang dibutuhkan untuk pembuat lubang I-bar yaitu tiga mesin dan jumlah tenaga kerja (*Man Power*) sebanyak dua orang untuk menjalankan mesin tersebut seperti yang terdapat pada Tabel 4.

■ Tabel 4. Waktu baku kontrol PLC
Waktu Baku Pembuatan GRATING (Lubang I-BAR menggunakan control PLC)

No.	Nama Proses	Waktu Baku	Qty	Unit	Total Waktu	Mesin	Man Power	Keterangan
1	Mencetak I-Bar	976/detik	24	btg	23,424/detik	4Unit	2	Tk
2	Mencetak Notcher	364/detik	16	btg	5,824/detik	1Unit		
3	Mencetak RodBar	364/detik	16	btg	5,824/detik	1Unit	1	Tk
4	Membuat Lubang I-Bar	608/detik	24	btg	14,592/detik	3Unit		19 detik/hole
5	Membuat Profil Notcher	240/detik	16	btg	3,840/detik	1Unit	2	Tk
6	Assembly/perakitan	3600/detik	1	Lot	3,600/detik	1Unit	1	Tk
7	Cek Quality Control	900/detik	1	Lot	detik			
8	Packing	300/detik	1	Lot	detik		6	
Total					57,104 detik	11 unit		

Rincian : 24 pcs I-Bar L= 2440 mm
16 pcs Notcher = 910 mm
16 pcs RodBar = 910 mm

Dengan Proses Indutri

Produk Yang dihasilkan

951.73	Menit
15.86	Jam
5.824	detik
97.06667	Menit
1.617778	Jam
12.98077	Set

Hari

2. Menggunakan Arduino Mega membutuhkan waktu 13/lubang, sedangkan 1 batang membutuhkan 16 lubang dan prosesnya hanya 1/2 lubang maka dengan menggunakan Rumus (1) dan rumus (2) diperoleh waktu total sebesar 416 detik. Sedangkan dari rumus (3) dan rumus (4) diperoleh jumlah mesin yang dibutuhkan untuk pembuat lubang I-bar sebanyak dua mesin dan jumlah tenaga kerja (*Man Power*) sebanyak 1 orang untuk menjalankan mesin tersebut terdapat pada Tabel 5.

■ **Tabel 5.** Waktu baku kontrol Arduino MEGA 2560

Waktu Baku Pembuatan GRATING (Lubang I-BAR menggunakan control Adriano MEGA 2560)

No.	Nama Proses	Waktu Baku	Qty	Unit	Total Waktu	Mesin	Man Power	Keterangan
1	Mencetak I-Bar	976 detik	24	btg	23,424 detik	4 Unit	2	Tk
2	Mencetak Notcher	364 detik	16	btg	5,824 detik	1 Unit		
3	Mencetak RodBar	364 detik	16	btg	5,824 detik	1 Unit	1	Tk
4	Membuat Lubang I-Bar	416 detik	24	btg	9,984 detik	2 Unit		13 detik/hole
5	Membuat Profil Notcher	240 detik	16	btg	3,840 detik	1 Unit	1	Tk
6	Assembly/perakitan	3600 detik	1	Lot	3,600 detik	1 Unit	1	Tk
7	Cek Quality Control	900 detik	1	Lot				
8	Packing	300 detik	1	Lot				
Total					52,496 detik	10 unit	5	TK

Rincian : 24 pcs I-Bar L= 2440 mm
 16 pcs Notcher = 910 mm
 16 pcs RodBar = 910 mm

Dengan Proses Industri

Produk Yang dihasilkan

874.93	Menit
14.58	Jam
5.824	detik
97.06667	Menit
1.617778	Jam
12.98077	Set Hari

Jika dibuat sebuah presentasi optimalisasi kecepatan berbanding waktu seperti pada Tabel 6 dengan menggunakan rumus (5) diperoleh optimalisasi sebesar 31.58%.

■ **Tabel 6.** Efisiensi Optimalisasi Arduino MEGA 2560

Optimalisasi kecepatan berbanding lurus dengan waktu

No.	Item	Waktu	Satuan	Keterangan
1	Kontrol PLC	19	detik	
2	Kontrol Arduino	13	detik	

Maka Efisiensi Optimalisasi = 31.58 %

Ketepatan

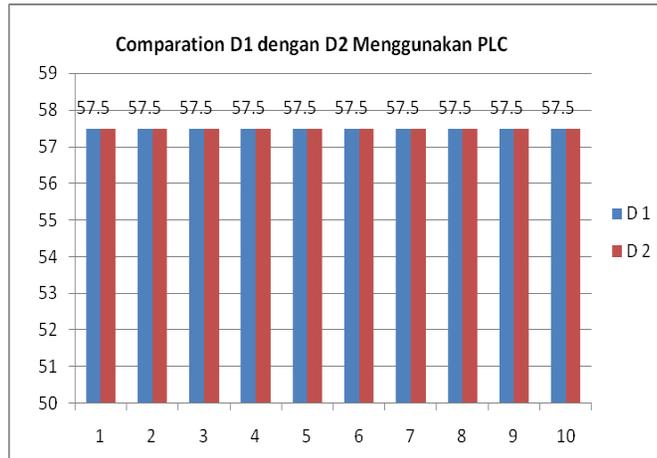
Pada pengujian mesin baru terlebih dahulu harus diketahui hasil /parameter acuan dari mesin lama, kemudian ditinjau seberapa besar perubahan atau perbaikan yang dicapai. Perbandingan hasil produksi dengan menggunakan mesin kontrol PLC dengan sensor LED *infrared* dengan sudut kemiringan $\pm 10^\circ$ adalah *peak wavelength* $\lambda_p=940$ nm dan *photodiode*. Sedangkan dengan mesin menggunakan mikrokontroler Arduino MEGA 2560 serta sensor LED *High Brightness* $\pm 4^\circ$ menghasilkan *peak wavelength* $\lambda_p=9631$ nm dan *photodiode*.

Penggunaan kontrol PLC OMRON tipe SYSMAC CPM1A dengan melakukan 20 kali percobaan dengan menitik beratkan dimensi-dimensi yang penting diperoleh hasil seperti pada Tabel 7.

■ **Tabel 7.** Hasil pengecekan dimensi oleh *Quality Control* dengan kontrol PLC

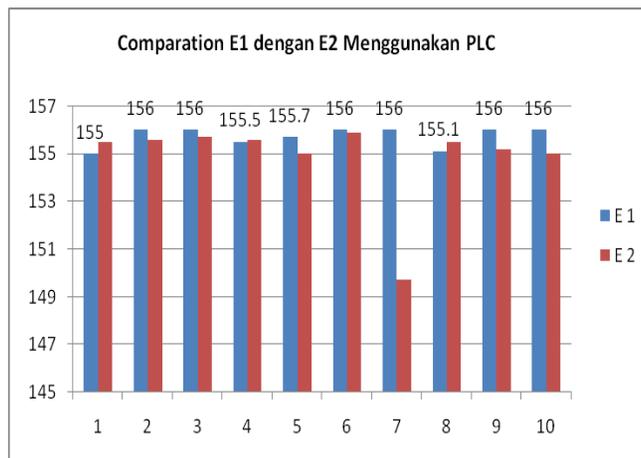
DESCRIPTION	PLC 1		PLC 2		
	ITEM CEK		ITEM CEK		
	D 1	E 1	D 2	E 2	
STANDARD	57.5	155	57.5	155	
ALLOWANCE	± 0.2	± 1	± 0.2	± 1	
Result For Prod. No. :	1	57.5	155	57.5	155.5
	2	57.5	156	57.5	155.6
	3	57.5	156	57.5	155.7
	4	57.5	155.5	57.5	155.6
	5	57.5	155.7	57.5	155
	6	57.5	156	57.5	155.9
	7	57.5	156	57.5	149.7
	8	57.5	155.1	57.5	155.5
	9	57.5	156	57.5	155.2
	10	57.5	156	57.5	155

Gambar 10 menunjukkan bentuk grafik perbandingan hasil dimensi (D1, D2) dengan nilai seperti yang terdapat pada Tabel 7 untuk mesin Grating yang menggunakan kontrol PLC.



■ **Gambar 10.** Grafik dimensi D1 dan D2 (jarak antar lubang sisi luar) kontrol PLC

Gambar 11 di bawah ini menunjukkan bentuk grafik perbandingan hasil dimensi (E1, E2) dengan nilai seperti yang terdapat pada Tabel 7 untuk mesin Grating yang menggunakan kontrol PLC.



■ **Gambar 11.** Grafik dimensi E1 dan E2 (jarak antar lubang sisi dalam) kontrol PLC

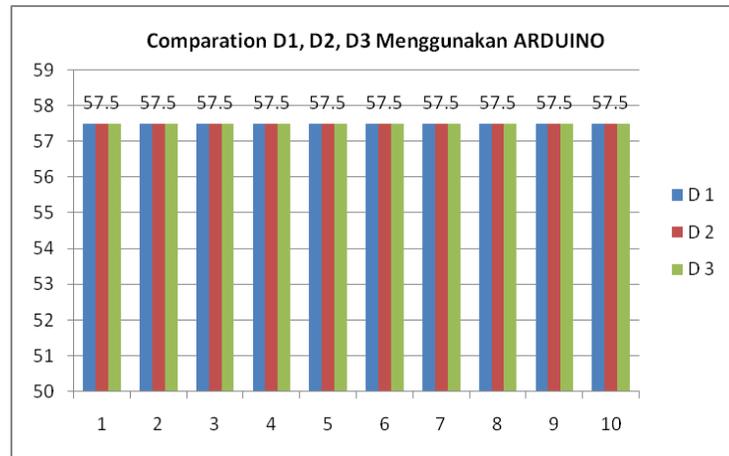
Dengan desain dan kontrol baru menggunakan Arduino tipe MEGA 2560 serta sensor LED *High Brightness* maka menghasilkan produk yang lebih baik dari sisi ketepatan, dengan melakukan 30 kali percobaan diperoleh hasil produk seperti pada Tabel 8.

■ **Tabel 8.** Hasil pengecekan dimensi oleh *Quality Control* dengan kontrol Arduino tipe MEGA 2560

DESCRIPTION	Arduino 1		Arduino 2		Arduino 3		
	ITEM CEK		ITEM CEK		ITEM CEK		
	D 1	E 1	D 2	E 2	D 3	E 3	
STANDARD	57.5	155	57.5	155	57.5	155	
ALLOWANCE	± 0.1	± 0.2	± 0.1	± 0.2	± 0.1	± 0.2	
Result For Prod. No. :	1	57.5	155	57.5	155	57.5	155
	2	57.5	155	57.5	155	57.5	155
	3	57.5	155	57.5	155	57.5	155
	4	57.5	155	57.5	155	57.5	155
	5	57.5	155	57.5	155	57.5	155
	6	57.5	155	57.5	155	57.5	155
	7	57.5	155	57.5	155	57.5	155
	8	57.5	155	57.5	155	57.5	155
	9	57.5	155	57.5	155	57.5	155
	10	57.5	155	57.5	155	57.5	155

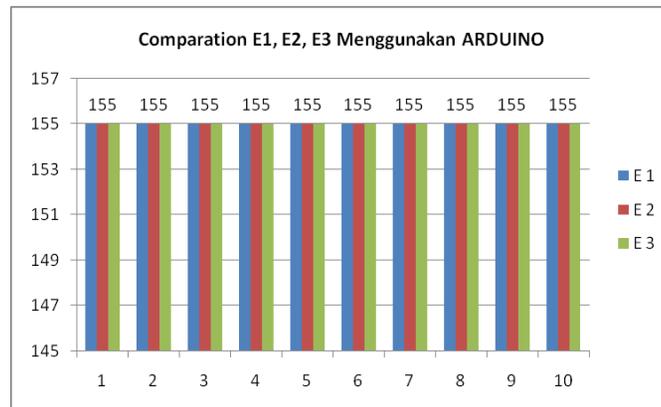
Gambar 12 menunjukkan bentuk grafik perbandingan hasil dimensi (D1, D2, D3) dengan nilai seperti yang

terdapat pada Tabel 8 untuk mesin Grating yang menggunakan kontrol Aeduino Mega 2560.



■ **Gambar 12.** Grafik dimensi D1 dan D2 (jarak antar lubang sisi luar) kontrol Arduino MEGA 2560

Gambar 13 menunjukkan bentuk grafik perbandingan hasil dimensi (D1, D2, D3) dengan nilai seperti yang terdapat pada Tabel 8 untuk mesin Grating yang menggunakan kontrol Arduino Mega 2560.



■ **Gambar 13.** Grafik dimensi E1 dan E2 (jarak antar lubang sisi dalam) kontrol Arduino MEGA

Energi

Rumus (6) dan Rumus (7) digunakan untuk menghitung pemakaian energi dengan menggunakan control PLC membutuhkan 3 unit mesin seperti pada Tabel 9.

■ **Tabel 9.** Biaya penggunaan Energi menggunakan kontrol PLC

BIAYA ENERGY MENGGUNAKAN SISTEM PLC TARIF LWBP

No.	Nama Equipment	Daya	Qty	Unit	Satuan	Waktu	Satuan	Tarif LWBP	Lama produksi	Biaya Energy	Keterangan
1	Motor induksi	1,500	3	4.50	kilo watt	20	Jam	950	30	2,565,000	PLC
2	Drilling	670	3	2.01	kilo watt	10	Jam	950	30	572,850	PC
3	Exhaust panel control dll	80	3	0.24	kilo watt	20	Jam	950	30	136,800	PLC
		Total		6.75				Biaya Selama 1 bulan		3,274,650	

BIAYA ENERGY MENGGUNAKAN SISTEM PLC TARIF WBP

No.	Nama Equipment	Daya	Qty	Unit	Satuan	Waktu	Satuan	Tarif WBP	Lama produksi	Biaya Energy	Keterangan
1	Motor induksi	1,500	3	4.50	kilo watt	4	Jam	1,425	30	769,500	PLC
2	Drilling	670	3	2.01	kilo watt	2	Jam	1,425	30	171,855	PC
3	Exhaust panel control dll	80	3	0.24	kilo watt	4	Jam	1,425	30	41,040	PLC
		Total		6.75				Biaya Selama 1 bulan		982,395	

TOTAL PEMAKAIAN LWBP+WBP = 4,257,045 / BULAN

Sedangkan pemakaian energi dengan menggunakan control Adriano MEGA 2560 membutuhkan 2 unit mesin seperti pada Tabel 10.

■ **Tabel 10.** Biaya penggunaan Energi menggunakan Mikrokontroler ARDUINO MEGA 2560

BIAYA ENERGY MENGGUNAKAN SISTEM ARDUINO MEGA TARIF LWBP

No.	Nama Equipment	Daya	Qty	Unit	Satuan	Waktu	Satuan	Tarif LWBP	Lama produksi	Biaya Energy	Keterangan	
1	Motor induksi	1,500	2	3.00	kilo watt	20	Jam	950	30	1,710,000	ARDUINO	
2	Drilling	670	2	1.34	kilo watt	10	Jam	950	30	381,900	ARDUINO	
3	Exhaust panel, control dll	80	2	0.16	kilo watt	20	Jam	950	30	91,200	ARDUINO	
Total				4.50	Biaya Selama 1 bulan				2,183,100			

BIAYA ENERGY MENGGUNAKAN SISTEM ARDUINO MEGA TARIF WBP

No.	Nama Equipment	Daya	Qty	Unit	Satuan	Waktu	Satuan	Tarif WBP	Lama produksi	Biaya Energy	Keterangan	
1	Motor induksi	1,500	2	3.00	kilo watt	4	Jam	1,425	30	513,000	ARDUINO	
2	Drilling	670	2	1.34	kilo watt	2	Jam	1,425	30	114,570	ARDUINO	
3	Exhaust panel, control dll	80	2	0.16	kilo watt	4	Jam	1,425	30	27,360	ARDUINO	
Total				4.50	Biaya Selama 1 bulan				654,930			

TOTAL PEMAKAIAN LWBP+WBP = 2,838,030 / BULAN

Penggunaan rumus (5) diperoleh *Effisiensi* sebesar 33.33% yang disebabkan oleh jumlah mesin yang digunakan pada proses produksi yaitu apabila menggunakan kontrol PLC diperlukan tiga mesin sedangkan dengan kontrol Arduino hanya diperlukan dua mesin.

KESIMPULAN

Penggunaan mesin menggunakan kontrol PLC adalah 3 mesin dan *man power* 2 HO (Hari x Orang), sedangkan menggunakan mikrokontroler ARDUINO MEGA 2560 cukup menggunakan 2 mesin dan *man power* 1 HO (Hari x Orang). Tercapai presentase efisiensi Jumlah mesin 33.33%, untuk presentase efisiensi *man power* tercapai 50%.

Energi yang dibutuhkan kontrol PLC dibutuhkan 3 unit mesin sedangkan sistem ARDUINO MEGA 2560 hanya dibutuhkan 2 unit mesin sehingga diperoleh presentase efisiensi energi sebesar 33,33%.

Mikrokontroler Arduino tipe MEGA 2560 bisa menggantikan fungsi dari PLC (*Programmable Logic Kontrol*), dengan penambahan *display monitor* dan *keypad* lebih memudahkan operator untuk mengontrol apabila dibandingkan dengan menggunakan PLC tanpa *display monitor* dan masih menggunakan *push button* konvensional yang membutuhkan tempat yang lebih besar atau luas.

Untuk meningkatkan ketepatan digunakan LED *High Brightness* yang menggantikan sensor Garis LED *Infrared* sehingga meningkatkan ketepatan dalam hasil produksi yaitu target jarak awal lubang 1 = 57,5 mm, aktual 57,5 mm, jarak antar lubang target awal 155 mm, aktual 155 mm, sedangkan jarak lubang terakhir produk target 57.5mm, aktual 57.5mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kadir, Abdul. 2015. *Panduan Mempelajari Aneka Proyek Berbasis Mikrokontroler*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- [2] Andrianto, Heri dan Darmawan, Aan. 2016. *ARDUINO Belajar Cepat dan Pemrograman*. Bandung: Penerbit Informatika
- [3] “Arduino” (Online). (<http://www.arduino.cc>. diakses 11 April 2016:06.43WIB)
- [4] Djuandi, Feri. Juli 2011 “Pengenalan Arduino”. (Online). (<http://www.tobuku.com>. diakses 1 Februari 2015:11.34 WIB)
- [5] “Arduino” (Online). (<http://www.microelectronics.com> diakses 11 April 2016:06.45WIB)
- [6] “Atmel” (Online). (<http://www.Atmel.com/id/> diakses 11 April 2016:06.48WIB)
- [7] “PLC Omron” (Online). (<http://www.Omron.com/id/> diakses 12 April 2016:09.15WIB)
- [8] “LS Inverter” (Online). (<http://www.ls.com/id/> diakses 11 April 2016:07.21WIB)
- [9] “Autonics” (Online). (<http://www.autonics.com/id/> diakses 11 April 2016:07.21WIB)
- [10] Komponen MCB, Relay, Kontaktor, sensor proximity ([http:// www.habetec.co.id](http://www.habetec.co.id) . Diakses pada tanggal 13 April 2016:15.10WIB)