

Rancang bangun *wiring* dan program untuk sistem kendali pada motor *stepper*

Rosyidin Jibril¹⁾

Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
rosyidinjibril@gmail.com

Adik Susilo Wardoyo²⁾

Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
adik@poltek-gt.ac.id

ABSTRAK

PT AWW memiliki beberapa *plant*, salah satunya *plant mixing* yang memproduksi *compound*. *Plant mixing* memproduksi 2 jenis *compound* yaitu *compound master-batch* dan *compound final-batch*. *Compound master-batch* merupakan *compound* yang belum diperbolehkan untuk melakukan proses pada *metal detector*. Sedangkan *compound final-batch* merupakan *compound master-batch* yang diproses ulang dengan penambahan serbuk *final-batch* sehingga *compound* yang dihasilkan bisa digunakan untuk ke proses *Metal Detector*. *Compound final-batch* yang sudah diproses akan melewati mesin *metal detector* untuk pengecekan benda asing atau *foreign material*. Namun dalam prosesnya, mesin *metal detector* ditemukan permasalahan yang terjadi, yaitu *operator* diharuskan untuk menandai *compound foreign material* secara manual sehingga memunculkan *loss time*. *Loss time* yang terjadi dapat ditemukan saat mesin mendeteksi adanya *foreign material* pada *compound* sehingga *operator* memerlukan waktu untuk menandai *compound* yang terdeteksi *foreign material*. Oleh karena itu dibuatkannya alat *marking* untuk memudahkan *operator* menandai *compound* yang terdeteksi *foreign material*. Rancang bangun *wiring* dan program untuk sistem kendali menggunakan motor *stepper* sebagai actuator alat *marking* berbasis pada Arduino Mega dan drivier TB6600 menghasilkan alat yang dapat digunakan secara semi otomatis. Sehingga *marking* secara manual tidak diperlukan dan digantikan dengan alat *marking* hanya dengan satu kali tekan tombol.

Kata Kunci: mikrokontroler, sistem kendali, *wiring*, motor *stepper*, Arduino,

ABSTRACT

PT AWW operates several plants, one of which is a mixing plant that produces compounds. The mixing plant produces two types of compounds: master-batch compounds and final-batch compounds. Master-batch compounds are not allowed to undergo the metal detector process. In contrast, final-batch compounds are reprocessed master-batch compounds with the addition of final-batch powder, making them suitable for the Metal Detector process. The processed final-batch compounds pass through the metal detector machine for foreign material detection. However, a problem was identified during the process: operators are required to manually mark compounds with foreign material, resulting in loss time. This loss time occurs when the machine detects foreign material in the compounds, and operators need time to mark the detected compounds. Therefore, a marking tool was developed to facilitate operators in marking compounds detected with foreign material. Design and construct wiring and programming for a control system utilizing a stepper motor as the actuator for a marking tool based on Arduino Mega and TB6600 driver, resulting in a semi-automated tool. This eliminates the need for manual marking and replaces it with a one-button operation marking device..

Key Words: microcontroller, control system, wiring, motor stepper, Arduino,

I. PENDAHULUAN

PT AWW adalah perusahaan yang bergerak di bidang industri manufaktur pembuatan ban (*tire*) yang melakukan *improvement* secara berkelanjutan untuk menjaga kualitas produknya. Adapun produk yang dihasilkan yaitu *Motorcycle Tire*, *Passenger Car Radial (PCR)*, *Truck Bus Radial (TBR)* dan Ban Bias. PT. AWW terdiri dari beberapa *plant* yang memproduksi berbagai jenis ban, salah satunya adalah *Plant Mixing*. *Plant Mixing* adalah *Plant* yang memproduksi *compound*. *Compound* adalah campuran antara karet alam, *chemical*, oli dan *carbon*. *Compound* juga dijadikan sebagai bahan baku pembuatan *tire*.

Ada 2 macam *compound* yang diproduksi oleh *plant Mixing*, yaitu *compound master-batch / BO* (Belum Obat) dan *compound final-batch / SO* (Sudah Obat). *Compound master-batch* merupakan *compound* yang belum bisa digunakan untuk ke proses selanjutnya. Sedangkan *compound final-batch* merupakan *compound master-batch* yang diolah ulang dengan ditamhakkannya *chemical final-batch* sehingga *compound* yang dihasilkan bisa digunakan untuk ke proses selanjutnya. Setelah proses pembuatan *compound final-batch* telah selesai, proses selanjutnya adalah pengecekan *compound* menggunakan mesin *metal detector*. Pada bagian proses ini *compound* yang akan dikirim ke *plant* konsumen akan melalui proses *metal detector* untuk mendeteksi besi ataupun material material tak teridentifikasi (*Foreign material*).

Tabel 1. Flow process metal detector

No	Gambar	Penjelasan
1.		Awal proses dari mesin <i>metal detector</i> dimulai saat <i>compound</i> yang dinaikan ke <i>Conveyor</i> dan melewati bagian mesin <i>metal detector</i> untuk dilakukan pengecekan.
2.		Kemudian <i>compound</i> akan melewati <i>metal detector</i> . <i>Conveyor</i> akan berhenti dan <i>emergency lamp</i> akan menyala apabila ditemukan atau terdeteksi logam pada <i>compound</i> sehingga diperlukannya operator untuk menandai <i>compound</i> yang terdeteksi besi.

Tabel 1. Lanjutan

No	Gambar	Penjelasan
3.		Setelah <i>compound</i> selesai melewati mesin <i>metal detector</i> , <i>compound</i> akan ditumpuk ulang pada <i>pallet</i> di bagian ujung mesin <i>metal detector</i> .

Kemudian, ketika melakukan observasi pada mesin *metal detector* terdapat sebuah masalah yang terlihat yaitu *marking compound* atau penandaan yang masih manual oleh operator. Selama observasi terhadap masalah yang ditemukan, dapat diketahui bahwa waktu yang digunakan operator untuk melakukan *marking* sebagai berikut:

Tabel 2. Cycle time per 1 pallet

Foreign material ke-	Waktu Marking (s)	Cycle time (s)	Pallet
1	22		
2	16		
3	23		
4	24		
5	38		
6	31		
7	25	536	1
8	27		
9	29		
Total	235		
Rata-rata	26		

Dalam 1 *pallet* terdapat 9 *foreign material* yang terdeteksi, total *cycle time marking compound* yang diperlukan oleh operator adalah 235 detik. Kemudian *cycle time* yang di dapat untuk 1 *pallet* adalah 536 detik. Maka dapat dilihat dari tabel diatas bahwa apabila ditemukan 9 *foreign material* dengan waktu proses *marking* dengan waktu rata rata 235 detik hal ini setara dengan setengah dari cycle 1 *pallet*.

Tabel 3. cycle time sebelum dipasangnya alat

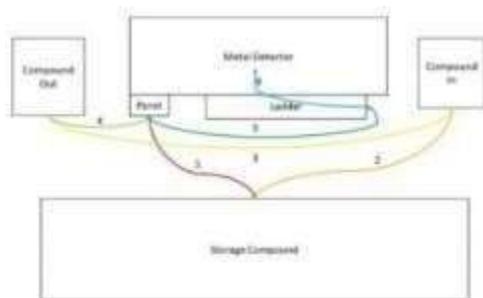
Pallet	Marking	Cycle time dengan foreign material	Cycle time tanpa foreign material
1	235	422	697
2	257	427	684
3	277	436	683
4	237	337	574
5	241	432	623
6	252	310	562
7	245	319	564
8	262	418	580
9	251	403	654

Tabel 3. Lanjutan

<i>Pallet</i>	<i>Marking</i>	<i>Cycle time</i> tanpa <i>foreign</i> <i>material</i>	<i>Cycle time</i> dengan <i>foreign</i> <i>material</i>
10	285	418	703
11	223	440	603
12	313	435	748
13	235	435	570
14	240	445	585
15	297	410	707
16	241	407	648
17	199	380	579
18	300	414	714
19	238	439	677
20	220	427	597
21	225	442	667
22	162	416	578
23	270	452	722
24	325	412	737
25	259	441	700
26	229	402	631
27	217	439	656
28	246	395	641
29	251	381	632
30	284	458	742
Total	7516	12392	19458
Rata - rata	250	413	648

Selama observasi didapatkan data 30 *pallet*, didapatkan nilai rata - rata pengecekan *compound* tanpa *foreign material* adalah 413 detik dan rata - rata *marking compound* tanpa *foreign material* dengan adalah 648 detik.

Selama melakukan observasi dilapangan, ditemukan bahwa operator yang melakukan pekerjaannya memiliki aktivitas yang tidak teratur, *Motion waste* adalah salah satu dari 7 bentuk pemborosan dalam lean manufacturing yang biasanya terdapat di bidang industri. Pada mesin metal detektor terdapat motion waste yaitu operator yang melakukan *marking* pada saat *compound* terdeteksi *foreign material*.



Gambar 1. Spaghetti Diagram

Operator memiliki aktivitas berupa mengambil *pallet* baru dari *storage compound*, memindahkan *pallet* dari *compound in* ke *compound out*,

melakukan *marking* pada *compound*. Apabila dilihat dari gambar 1 terdapat aktivitas 5 (operator berjalan menuju tangga) dan 6 (operator menaiki tangga dan melakukan *marking*) yang menjadi sumber bertambahnya *cycle time* pada mesin metal detector, hal ini merupakan pemborosan waktu yang dapat dihilangkan dengan cara menambahkan alat sebagai pengganti aktivitas yang akan di lakukan operator tersebut. Banyaknya aktivitas yang dilakukan oleh operator dapat menyebabkan operator mudah kelelahan sehingga dapat berpotensi mengalami kecelakaan kerja baik dengan resiko ringan maupun berat.

Tabel 4. Cycle time aktivitas

No	<i>Cycle time</i> aktivitas 5	<i>Cycle time</i> aktivitas 6
1	12	5
2	8	6
3	11	3
4	10	5
5	10	3
6	9	5
7	9	6
8	7	6
9	12	8
Total	88	47
Rata - rata	10	5

Selama melakukan observasi dilapangan didapatkan bahwa untuk setiap step atau aktivitas yang dilakukan didapatkan waktu rata rata sekitar 10 detik untuk operator berjalan menuju tangga dan menaiki tangga selama 5 detik. Apabila dilihat dari Tabel 2, dalam 1 *pallet* terdapat 9 *foreign material* maka *cycle time* akan bertambah sebanyak 135 detik untuk kedua aktivitas tersebut.

Perancangan melibatkan serangkaian langkah untuk menerjemahkan hasil analisis suatu sistem ke dalam bahasa pemrograman. Bahasa pemrograman ini berperan sebagai alat untuk menyajikan gambaran yang jelas dan komprehensif kepada para programmer dan ahli teknik, serta menjelaskan implementasi komponen sistem. Sementara itu, kegiatan membangun melibatkan penciptaan sistem baru atau melakukan perubahan serta perbaikan menyeluruh pada sistem yang sudah ada. Secara keseluruhan, proses perancangan dan pembangunan melibatkan penggambaran, perencanaan, dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari elemen-elemen terpisah untuk membentuk suatu kesatuan yang utuh dan berfungsi. Dalam konteks ini, perancangan dan pembangunan dapat diartikan sebagai langkah-langkah untuk menerjemahkan hasil analisis menjadi paket perangkat lunak dan melanjutkan dengan pembuatan atau perbaikan sistem [1].

Sistem kontrol adalah proses pengaturan ataupun pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (variabel, parameter) sehingga berada pada suatu harga atau dalam suatu rangkuman harga (*range*) tertentu. Di dalam dunia industri, dituntut suatu proses kerja yang aman dan berefisiensi tinggi untuk menghasilkan produk dengan kualitas dan kuantitas yang baik serta dengan waktu yang telah ditentukan. Otomatisasi sangat membantu dalam hal kelancaran operasional keamanan. Sistem kendali adalah sistem yang bertujuan untuk mengendalikan suatu proses agar keluaran yang dihasilkan dapat dikontrol dengan baik, sehingga kestabilan, ketelitian, dan kedinamisan proses tersebut tetap terjaga dan kesalahan dapat dihindari [2].

Sistem kontrol terbuka adalah jenis sistem kontrol di mana sinyal keluaran tidak dikembalikan (*feedback*) dan dibandingkan dengan sinyal masukan. Dalam kata lain, sistem ini tidak dilengkapi dengan mekanisme umpan balik untuk mengoreksi kesalahan atau memastikan bahwa keluaran sesuai dengan yang diinginkan [3].

Perangkat lunak (*software*) adalah program yang mengandung kumpulan instruksi untuk mengolah data. *Software* berperan sebagai penghubung antara manusia sebagai pengguna dengan perangkat keras komputer, berfungsi untuk menerjemahkan bahasa manusia ke dalam bahasa mesin. Hal ini memungkinkan perangkat keras komputer memahami keinginan pengguna, menjalankan instruksi yang diberikan, dan memberikan hasil yang diinginkan oleh manusia tersebut [4].

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah program yang digunakan untuk membuat program komputer. *Software* Arduino IDE menggunakan istilah "*sketch*" untuk program yang ditulis di dalamnya, yang disimpan dalam file dengan ekstensi *.ino*. IDE ini menyediakan editor teks di mana *sketch* dapat ditulis, serta sebuah *message box* berwarna hitam yang menampilkan status seperti pesan *error*, *compile*, dan proses *upload* program. Di bagian bawah kanan Arduino IDE, terdapat informasi mengenai *board* yang terkonfigurasi dan COM *Ports* yang digunakan. Fitur utama dari Arduino IDE meliputi *Verify/Compile*, yang digunakan untuk memeriksa kesalahan *sintaks* dalam *sketch* dan mengkompilasi program ke bahasa mesin jika tidak ada kesalahan, serta fitur *Upload*, yang mengirimkan program yang sudah dikompilasi ke *Arduino Board* untuk dieksekusi [5].

Mikrokontroler atau pengendali mikro adalah sebuah komputer mini yang dirancang untuk tujuan khusus dan terintegrasi dalam sebuah *IC/chip*. Di dalam *IC/chip* mikrokontroler, terdapat komponen seperti CPU, memori, *timer*, saluran komunikasi

serial dan paralel, *port input/output*, ADC, dan lainnya. Mikrokontroler berfungsi sebagai pengendali yang mengatur semua proses dalam sistem yang diimplementasikan [6].

Arduino adalah perangkat mikrokontroler yang telah mengalami perkembangan pesat di era saat ini. Ini adalah sistem elektronik berbasis *open-source* yang fleksibel dan mudah digunakan baik dari segi perangkat keras maupun perangkat lunak. Arduino memiliki basis pengguna yang luas, yang mendukung banyak tempat kode program dan modul dukungan perangkat keras (*hardware support modules*) untuk berinteraksi dengan perangkat keras lainnya. Arduino merupakan pengendali mikro *single-board* yang berasal dari platform *wiring*, dirancang untuk menyederhanakan penggunaan elektronik di berbagai aplikasi [7].

Arduino Mega 2560 adalah sebuah papan mikrokontroler yang menggunakan *chip* ATmega 2560 sebagai basisnya. Keputusan untuk menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai kontroler didasarkan pada jumlah *pin* yang melimpah serta kapasitas memori *flash* sebesar 256KB yang mencukupi untuk menyimpan beragam program. Arduino Mega 2560 dipilih sebagai kontroler utama dalam sistem tersebut [8].

Box panel adalah tempat atau wadah untuk melindungi komponen-komponen kelistrikan dari kemungkinan resiko bahaya yang terjadi kemudian *box panel* memiliki bahan dan ukuran agar bisa disesuaikan dengan kebutuhan instalasi. Dengan instalasi yang disimpan didalam *box panel* maka akan meminimalisir gangguan listrik yang akan terjadi. *Box panel* juga berperan sebagai pengamanan instalasi listrik yang membutuhkan pemasangan diluar lapangan [9].

TB6600 arduino *stepper* motor adalah sebuah pengendali motor *stepper* yang dirancang untuk penggunaan profesional dengan kemudahan penggunaan, memungkinkan kontrol motor dalam dua fase per langkah. Produk ini dapat digunakan dengan Arduino dan aplikasi lain yang menghasilkan sinyal pulsa digital 5V, serta memiliki kompatibilitas yang baik [10].

Motor *stepper* merupakan perangkat elektromekanis yang mengubah pulsa listrik menjadi gerakan mekanis diskret. Urutan pulsa yang diterapkan secara langsung menentukan arah rotasi poros motor [11].

Motor *stepper* adalah jenis motor yang berputar dengan langkah-langkah tertentu. Motor ini banyak digunakan dalam industri, seperti pada mesin CNC, lengan robot, pemindai, dan *printer*. Motor *stepper* memiliki kumparan pada bagian stator, sedangkan rotornya terdiri dari magnet permanen. Karena

konstruksi ini, motor stepper dapat dikendalikan untuk berputar sesuai keinginan, baik searah jarum jam maupun berlawanan arah [12].

Push button merupakan komponen yang digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik dengan sistem kerja tekan *unlock* (tidak mengunci). Sistem kerja *unlock* memungkinkan tombol untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik saat ditekan, dan kembali ke kondisi normal saat dilepas. *Push button* memiliki dua kondisi, yaitu *ON* (bernilai 1) dan *OFF* (bernilai 0), yang sangat penting bagi perangkat listrik untuk mengoperasikan mesin. Prinsip kerja yang sederhana dan langsung berhubungan dengan *operator* membuat *push button* sangat efektif digunakan pada setiap perangkat listrik, karena perangkat canggih sekalipun memerlukan perangkat untuk mengatur kinerjanya, baik untuk mengaktifkan maupun menghentikan mesin [13].

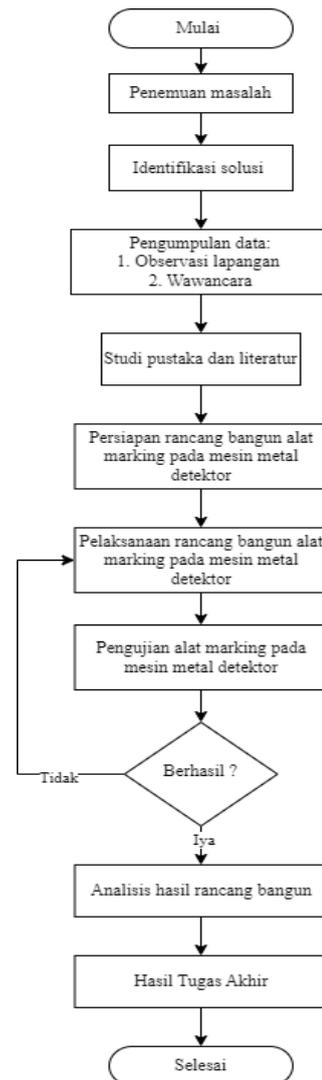
Sabuk atau *belt* adalah penggerak berbentuk sabuk yang bekerja berdasarkan gesekan tenaga, menyalurkan daya dari mesin penggerak melalui kontak sabuk yang menghubungkan *pulley* penggerak dengan *pulley* yang digerakkan. Sabuk memiliki sifat lekat namun tidak lengket pada *pulley*, dan salah satu *pulley* harus dapat diatur [14].

Timing Pulley adalah perangkat mekanis yang berfungsi sebagai penggerak sabuk untuk mentransfer tenaga melalui alur-alur yang dirancang untuk tujuan tersebut. Secara esensial, fungsi *Timing Pulley* adalah sebagai penghubung mekanis antara *Timing belt* dan motor [8].

II. METODE PENELITIAN

A. Alur Tugas Akhir

Alur penelitian berisikan tahapan dalam penelitian ini dilakukan. Adapun alur penelitian dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2. Alur Tugas Akhir

B. Penemuan Masalah

Pada proses ini ditemukan banyaknya waktu yang terbuang ketika proses penandaan pada *compound*. Ketika mesin *metal detector* mendeteksi adanya *foreign material* dalam *compound* berupa besi, operator akan menandai secara manual dengan cara menaiki tangga lalu menandainya *compound* yang terdeteksi *foreign material* dengan kapur. Sehingga waktu yang diperlukan untuk menandai *foreign material* memerlukan waktu yang cukup banyak. Proses manual ini tidak hanya memakan waktu, tetapi juga meningkatkan risiko keselamatan bagi operator yang harus naik turun tangga secara terus-menerus.

C. Identifikasi Solusi

Dalam proses ini, penulis berupaya mencari solusi yang dapat meminimalisir permasalahan yang ada. Metode yang digunakan meliputi diskusi dengan mentor.

D. Pengumpulan data

Pada proses ini dilakukan pengumpulan data dengan menggunakan metode pengamatan langsung di lapangan dan wawancara. Metode ini digunakan untuk memperoleh data yang akurat dan sesuai dengan kondisi sebenarnya. Observasi lapangan dilakukan dengan mengamati secara langsung masalah penelitian, sehingga data yang terkumpul sesuai dengan tujuan tugas akhir. Data yang diperoleh dari observasi ini berfokus pada inspeksi *compound* dengan *metal detector*, yang memerlukan waktu cukup lama. Selain itu, wawancara dengan narasumber dilakukan untuk mendapatkan data yang lebih akurat dan mendalam. Wawancara ini mengungkapkan beberapa temuan penting, seperti kurangnya tenaga kerja dalam proses *metal detector* dan penggunaan mesin yang terbatas pada *non-shift*.

E. Studi Pustaka dan Literatur

Pada proses studi Pustaka dan literatur, penulis melakukan studi terhadap penelitian sebelumnya yang memiliki sistem serupa, dengan tujuan penelitian yang dilakukan memiliki pedoman dan dasar teori yang kuat. Selain itu, hal tersebut diperlukan untuk mengkaji dan memahami penelitian yang sedang dikerjakan supaya berjalan dengan sebagaimana mestinya.

F. Analisis Hasil Rancang Bangun

Pada tahap ini akan dilakukan analisis sebelum adanya alat *marking* dan sesudah adanya alat *marking*. Analisis yang digunakan dengan membandingkan banyaknya waktu yang tercatat dan berapa banyak *pallet* yang dapat dicek. Data yang dibutuhkan untuk analisis ini yaitu lama waktu mesin dalam cek *compound* dengan adanya *foreign material*.

G. Hasil Tugas Akhir

Pada tahap ini dilakukan pemantauan apakah alat yang telah dibuat hasil dari tugas akhir ini dapat berfungsi dengan baik. Bagian terakhir dari penelitian berisi kesimpulan yang menjawab tujuan akhir dari tugas akhir yang dilakukan mahasiswa pada mesin *metal detector* dengan alat *marking*. Kemudian, pada bagian saran berisi tentang hal-hal yang bisa ditambahkan untuk tugas akhir selanjutnya.

H. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan untuk membuat rancang bangun sistem kontrol ini dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 5. Alat dan Bahan

No	Alat/Bahan	Jumlah
1	Panel box	1 pcs
2	Power Supply	1 pcs
3	Motor Driver	1 pcs
5	Motor Stepper	1 pcs
6	Timing Pulley	1 pcs
7	Timing Belt	3 meter
8	Push Button	1 pcs
9	Arduino Mega	1 pcs

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sebelum Rancang Bangun

Cara yang dilakukan sebelum pemasangan alat yaitu operator harus menaiki tangga kemudian memberikan marking secara manual, kemudian menuruni tangga untuk melanjutkan proses pengecekan.



Gambar 3. Sebelum rancang bangun

Pada Gambar di atas dapat dilihat tidak adanya alat bantu marking yang dapat digunakan untuk memberikan tanda atau menandai *compound* yang terdeteksi *foreign material* yang mengharuskan operator untuk menaiki tangga untuk menandainya secara langsung.

B. Setelah Rancang Bangun



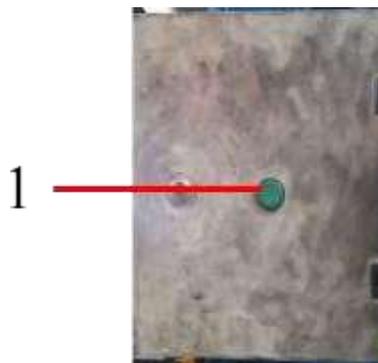
Gambar 4. Setelah rancang bangun

Tabel 6. Keterangan Alat

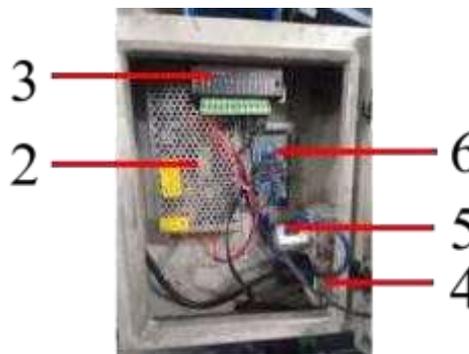
No	Nama	Keterangan
1	Panel	Digunakan untuk mengaktifkan atau mengendalikan motor stepper untuk menggerakkan alat <i>marking</i> .
2	Motor Stepper	Sebagai aktuator untuk menggerakkan <i>marking</i> .
3	Penanda/ <i>Marking</i>	Digunakan untuk menandai <i>compound</i> .

Alat bantu *marking* menawarkan solusi yang lebih aman dan efisien dibandingkan *marking* manual. Implementasi alat bantu *marking* dapat memberikan manfaat signifikan dalam meningkatkan produktivitas dan memastikan keamanan operator.

C. Komponen dan Fungsi



Gambar 5. Pintu Panel



Gambar 6. Panel Bagian Dalam

Spesifikasi dan fungsi komponen dapat dilihat pada tabel berikut.

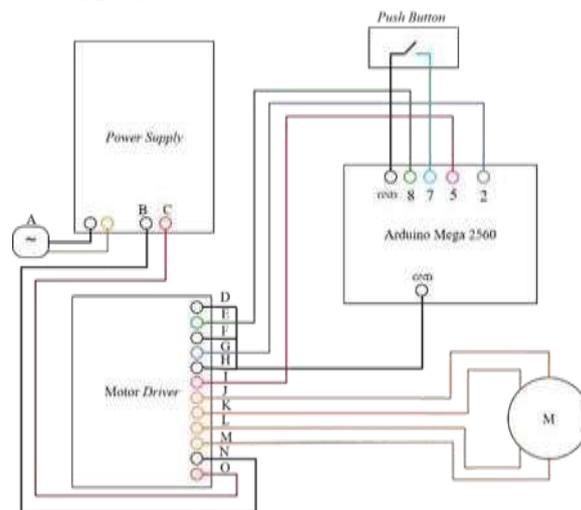
Tabel 7. Keterangan Pintu Panel dan Panel Bagian Dalam

No.	Nama	Spesifikasi	Fungsi
1	<i>Push button</i>	<i>Schneider Electric XB7 Terminal Type: Screw Contact Configuration: NO & NC</i>	Sebagai saklar yang digunakan pada rangkaian untuk mengaktifkan alat <i>marking</i> .

Tabel 7. Lanjutan			
No	Nama	Spesifikasi	Fungsi
4	Soket Listrik	<i>Rated current:</i> 16 A 250 V AC <i>Cable:</i> 2 x 1.5 mm	Digunakan untuk meneruskan arus listrik dari sumber listrik ke komponen elektrik.
2	<i>Power Supply</i>	<i>Input Voltage:</i> 100 – 240V AC, 50/60 Hz <i>Output Voltage:</i> 24V DC <i>Output Current:</i> 5 - 10A	Menyediakan keluaran tegangan dan arus listrik yang sesuai dengan kebutuhan dalam pengoperasian motor <i>stepper</i> .
3	Motor Driver	Model: TB6600 Tegangan: 9V – 24 V DC Arus: 0,5 – 5 A	Sebagai pengendali utama dalam rangkain elektrik untuk mengendalikan ataupun menggerakkan motor <i>stepper</i> .
4	Adaptor	<i>Input:</i> 220 V <i>Output:</i> 12 V 5A	Digunakan untuk sumber tegangan sebuah perangkat mikrokontroler atau Arduino.

Tabel 7. Lanjutan		
No	Nama	Spesifikasi
5	Arduino <i>Microcontroller:</i> ATmega 2560	Merupakan mikrokontroler yang digunakan sebagai pusat kontrol untuk mengendalikan perangkat alat <i>marking</i>
	<i>Operating Voltage:</i> 5V <i>Input:</i> 12V <i>AnalogInputPin:</i> 16	

D. Wiring Diagram Alat *Marking Foreign Material*



Gambar 7. *Wiring Alat Marking Foreign Material*

Pada gambar di atas menjelaskan penggunaan *power supply* sebagai sumber daya untuk alat *marking*, yang berasal dari arus *alternating current* (AC) dengan *output* V+ dan V- dihubungkan ke motor *driver*. Motor *driver* terhubung dengan Arduino Mega 2560 melalui *pin* 2, 5, 7, dan 8, dengan ENA-, DIR-, dan PUL- disatukan dan dihubungkan ke GND Arduino Mega. ENA+ terhubung ke *pin* 8, DIR+ ke *pin* 2, dan PUL+ ke *pin* 5 Arduino. *Push button* digunakan untuk mengaktifkan alat, terhubung ke *pin* 7 dan GND Arduino. Motor *stepper* berfungsi sebagai *output* untuk menggerakkan alat *marking*, dengan empat bagian *coil* (A+A-, B+B-) yang digunakan untuk urutan aktivasi kumparan pada motor *stepper*.

Tabel 8. Keterangan Gambar *Wiring* alat *Marking Foreign Material*

No	Nama Komponen	Identitas	Keterangan
1	<i>Power Supply</i>	A	Sumber AC
		B	GND
		C	VCC
2	<i>Motor Driver</i>	D	ENA-
		E	ENA+
		F	DIR-
		G	DIR+
		H	PUL-
		I	PUL+
		J	B-
		K	B+
		L	A-
M	A+		
N	GND		
O	VCC		

E. Program Arduino

1. Program Deklarasi Variabel

```

1 // Defines pins numbers
2 const int stepPin = 5;
3 const int dirPin = 2;
4 const int enPin = 8;
5 const int buttonPin = 7;
6 unsigned long startTime;
7 unsigned long periodDuration = 6300;
8 boolean clockwise = true;
9 boolean motorActive = false;

```

Gambar 8. Program Deklarasi Variabel

Gambar di atas menjelaskan bahwa program tersebut mengatur kendali motor *stepper* melalui beberapa *pin* yang terhubung ke Arduino, dengan *pin* 5 untuk sinyal langkah (*step*), *pin* 2 untuk arah (*dir*), *pin* 8 untuk *enable* (*en*), dan *pin* 7 untuk tombol pengaktifan. Program ini mencatat waktu mulai putaran motor dan menetapkan durasi setiap putaran selama 6,3 detik. Motor *stepper* dapat berputar searah jarum jam (*clockwise*) atau berlawanan arah jarum jam, dengan status motor yang dapat diaktifkan atau dinonaktifkan melalui logika *boolean*.

2. Program Penambahan perintah *Setup*

```

11 void setup() {
12 // Sets the two pins as Outputs
13 pinMode(stepPin, OUTPUT);
14 pinMode(dirPin, OUTPUT);
15 pinMode(enPin, OUTPUT);
16 digitalWrite(enPin, LOW);
17 // Setup button
18 pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP);
19 }

```

Gambar 9. Program Penambahan perintah *Setup*

Gambar di atas menunjukkan bahwa mengatur *pin* *stepPin*, *dirPin*, dan *enPin* sebagai *output* untuk mengontrol motor *stepper*, mengatur *pin* *buttonPin* sebagai *input* dengan *pull-up* internal untuk membaca status tombol, dan memastikan motor *stepper* dalam keadaan non-aktif pada awalnya dengan mengatur *enPin* ke *LOW*.

3. Program Penambahan Perintah *Loop*

```

21 void loop() {
22
23 if (digitalRead(buttonPin) == LOW && !motorActive) {
24 activateMotor();
25 }

```

Gambar 10. Program penambahan perintah *loop*

Gambar di atas menunjukkan bahwa dalam fungsi '*loop()*', kode tersebut difungsikan untuk memantau keadaan tombol. Jika tombol ditekan (membaca nilai *LOW* pada '*buttonPin*') dan motor tidak aktif, maka fungsi '*activateMotor()*' akan dipanggil untuk mengaktifkan motor.

4. Program Kondisi Jika Motor Aktif

```

27 if (motorActive) {
28 unsigned long currentTime = millis();
29 unsigned long elapsedTime = currentTime - startTime;

```

Gambar 11. Program kondisi jika motor aktif

Gambar di atas bahwa kode tersebut digunakan untuk mengecek apakah motor sedang aktif. Jika motor aktif, kode akan mencatat waktu saat ini ('*currentTime*') menggunakan fungsi '*millis()*' dan menghitung waktu yang telah berlalu ('*elapsedTime*') sejak motor mulai diaktifkan.

5. Program putar Motor

```
31 if (elapsedTime < periodDuration) {  
32     digitalWrite(dirPin, clockwise ? HIGH : LOW);  
33 } else if (elapsedTime >= periodDuration && elapsedTime < 2 * periodDuration) {  
34     digitalWrite(dirPin, clockwise ? LOW : HIGH);  
35 } else {  
36  
37     digitalWrite(enPin, HIGH);  
38     motorActive = false;  
39 }
```

Gambar 12. Program putar motor

Gambar di atas merupakan kode tersebut difungsikan untuk mengontrol arah dan durasi putaran motor dalam dua periode waktu yang berbeda. Selama periode pertama, motor berputar dalam satu arah (ditentukan oleh variabel `clockwise`). Selama periode kedua, motor berputar dalam arah yang berlawanan. Setelah kedua periode selesai (total 10 detik), motor dimatikan dengan mengatur pin `enPin` ke *HIGH* dan mengubah status `motorActive` menjadi *false*.

6. Program Pengukuran Putar Motor

```
42     digitalWrite(stepPin, HIGH);  
43     delayMicroseconds(1);  
44     digitalWrite(stepPin, LOW);  
45     delayMicroseconds(1);  
46 }  
47 }
```

Gambar 13. Program pengukuran putar motor

Gambar di atas merupakan program yang digunakan untuk mengontrol motor untuk berputar sangat cepat dengan menggunakan pin `stepPin`. Motor berputar dengan cepat karena terdapat *delay* yang sangat kecil (1 mikrodetik) antara perubahan status *HIGH* dan *LOW* pada `stepPin`, yang menyebabkan langkah motor dilakukan dalam interval waktu yang sangat singkat.

7. Program Pengatur Aktif Motor Stepper

```
49 void activateMotor() {  
50  
51     digitalWrite(enPin, LOW);  
52     motorActive = true;  
53     startTime = millis();  
54 }
```

Gambar 14. Program pengatur aktif motor stepper

Gambar di atas menunjukkan bahwa fungsi *activateMotor()* digunakan untuk mengaktifkan motor *stepper*. Fungsi ini melakukan hal-hal berikut: menghidupkan motor dengan mengatur *pin enPin* ke status *LOW*, mengubah status variabel *motorActive*

menjadi *true* untuk menandakan motor aktif, dan mencatat waktu mulai menggunakan fungsi *millis()*.

F. Alur Instruksi Kerja Lapangan

Pada saat mesin *metal detector* mendeteksi adanya *foreign material* atau bahan asing berupa logam maka mesin akan berhenti beroperasi dan *emergency lamp* dan *buzzer* menyala sebagai peringatan bahwa mesin mendeteksi FM. Operator hanya perlu menekan tombol *push button* yang terdapat pada panel tanpa perlu melakukan naik turun tangga untuk memberikan tanda secara manual. Alat *marking* akan berjalan *forward* dalam waktu yang telah ditentukan dalam program Arduino, setelah waktu yang telah ditentukan alat *marking* berjalan *reverse* kemudian berhenti di tempat awal. Alat *marking* tersebut digerakkan oleh motor *stepper* dengan transmisi daya menggunakan *timing pulley* dan *timing belt*.

IV. KESIMPULAN

Rancang bangun alat *marking* yang digunakan untuk memberikan tanda pada *compound* yang terdeteksi *foreign material* bekerja sesuai dengan *wiring* dan program yang telah dibuat. Proses *marking* yang awalnya dilakukan secara manual kini digantikan dengan cara menekan *push button*. *Push button* untuk mengirimkan sinyal ke motor *stepper* dengan sistem kontrol motor *driver* TB6600 agar alat dapat beroperasi sesuai dengan program. Program tersebut tersimpan dalam memori mikrokontroler yang digunakan sebagai pusat kendali alat *marking*. Mikrokontroler ini memastikan alat *marking* berfungsi sesuai dengan logika yang diprogramkan, sehingga proses *marking* berjalan otomatis dan lebih efisien

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Ibrahim and F. F. Ridha, "Perancangan Desain Rangka dan Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pengiris Singkong CV Phonna Raya Machinery Menggunakan Software Solidworks," Mar. 2024.
- [2] A. D. Novita and Y. Saragih, "Sistem Kontrol Level Transmitter Pada Tangki FA – 410 di PT. Sintas Kurama Perdana," *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*, vol. 6, no. 1, 2024, [Online]. Available: <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- [3] R. Wahyudi and Edidas, "Perancang Dan Pembuatan Sistem Keamanan

- Rumah Berbasis Internet Of Things Menggunakan ESP32-CAM,” vol. 6, no. 1, pp. 1135–1141, 2022.
- [4] A. Sudarso, “Pemanfaatan Basis Data, Perangkat Lunak Dan Mesin Industri Dalam Meningkatkan Produksi Perusahaan (Literature Review Executive Support Sistem (Ess) For Business),” vol. 3, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.38035/jmpis.v3i1.
- [5] M. A. Najib, S. Sulartopo, D. Sasmoko, D. Danang, and I. S. Suasana, “Sistem Pendeteksi Bencana Kebakaran Menggunakan ESP32 Dan Arduino Berbasis WEB,” *Neptunus: Jurnal Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, vol. 2, no. 1, pp. 15–24, Feb. 2024, doi: 10.61132/neptunus.v2i1.62.
- [6] C. C. Utama, T. Syahputra, and M. Iswan, “Implementasi Teknik Counter Pada Air Mancur Untuk Membuat Animasi Air Berbasis Mikrokontroler Atmega 16,” *Jurnal Teknologi Komputer dan Sistem Informasi Februari 2021*, vol. 1, no. 1, pp. 13–18, Feb. 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/teknisi>
- [7] M. N. Sholakhudin, “Alat Praktikum Gerak Lurus Dengan Sensor IR Berbasis Arduino,” vol. 9, no. 1, pp. 20–27, 2024.
- [8] H. D. A. Mahendra, K. Hertavianda, L. F. Wicaksono, J. Wandu, and A. Yuandari, “RANCANG BANGUN LENGAN ROBOT PENGGAMBAR BIDANG DATAR DUA DIMENSI,” vol. 2, 2020.
- [9] D. P. Nanggala and A. Ahfas, “Rancangan Desain Panel Sub Distribusi Rancangan Panel Sub Distribusi,” 2024.
- [10] A. H. Patonra, S. Masita, N. R. Wibowo, and A. Fitriati, “Rancang Bangun Media Pembelajaran Praktik Motor Stepper,” 2020.
- [11] A. A. Muntashir, M. A. Rizky, and M. S. Nugroho, “Kendali Motor Stepper pada Fast Shot & Slow Shot Valve Die Casting Machine menggunakan PLC Omron,” Oct. 2023.
- [12] A. A. Putra, M. Rifa’i, and H. K. Safitri, “Implementasi Sistem Kontrol Penggerak Motor Stepper Pada Proses Molding Microplastic Berbasis PID Menggunakan PLC dan Arduino,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3601.
- [13] M. H. Susanta and N. Sujana, “Rancang Bangun Topi Tuna Netra Dengan 3 Akses Kontrol Sensor Ultrasound Berbasis Arduino Uno,” 2024.
- [14] R. Ramdani, A. Saleh, and I. Primahidin, “Rancang Bangun CNC Printer 3 Dimensi Menggunakan Arduino Mega 2560,” 2024.