

## PEMROGRAMAN MESIN BOR OTOMATIS BERBASIS ATMEGA 328 YANG TERINTEGRASI LCD TOUCHSCREEN NEXTION 3,2 INCHI

Muhammad Nur Iqbal dan Isnain Gunadi

Program Studi DIII Inisel, Departemen Fisika, Universitas Diponegoro, Semarang

Email: [gunadinung@gmail.com](mailto:gunadinung@gmail.com)

Received: 17 September 2019; revised: 22 Oktober 2019; accepted: 24 Oktober 2019

### ABSTRACT

*The aim of this study is to develop an automatic drilling machine based on Atmega328 integrated with the 3.2 inch-Nextion LCD Touchscreen. The drilling machine was designed to automatically determine the distance and the number of holes according to the LCD touchscreen nextion display, both for movement on the Y-axis and X-axis, using a PH268-21 series unipolar of stepper motor and was controlled by a CSD2120P type motor driver. Meanwhile, to perforate the workpiece using an AC motor with a voltage of 220 volts. Machine control used 2 Limit Switches as calculation indicators to be processed by a micro-controller that has been programmed using the Arduino IDE software and displayed on the Nextion LCD touchscreen. From the test it was found that this automation system is very accurate to produce number of holes. The accuracy of distance used as an initial indicator of this automatic drilling machine was 1 mm and it can be changed according to desired needs. Therefore, this automatic drilling machine can provide more effective and efficient results so that it is expected to help in maximizing results for industrial-scale.*

*Keywords: limit switch, unipolar stepper motor, micro-controller, Nextion LCD touchscreen*

### ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem otomatisasi mesin bor berbasis Atmega328 yang terintegrasi dengan LCD touchscreen nextion 3,2 inch. Mesin bor diatur dapat secara otomatis menentukan jarak dan jumlah lubang sesuai tampilan LCD touchscreen, baik untuk pergerakan pada sumbu Y dan sumbu X menggunakan motor stepper tipe unipolar seri PH268-21 dan dikendalikan oleh driver motor tipe driver CSD2120P. Sedangkan untuk melubangi benda kerja menggunakan motor AC dengan tegangan 220 volt. Pengendalian mesin menggunakan 2 Limit Switch sebagai indikator perhitungan untuk diolah oleh Mikrokontroler yang telah diprogram menggunakan software Arduino IDE dan ditampilkan di LCD touchscreen Nextion. Dari pengujian diperoleh bahwa sistem otomatisasi ini sangat akurat untuk menghasilkan lubang dengan jumlah yang cukup banyak. Akurasi jarak yang dijadikan indikator awal mesin bor otomatis ini sepanjang 1 mm dan dapat diubah sesuai kebutuhan yang diinginkan. Oleh karena itu, mesin bor otomatis ini dapat memberikan hasil yang lebih efektif dan efisien sehingga diharapkan dapat membantu dalam memaksimalkan hasil untuk kebutuhan berskala industri.*

*Kata Kunci: limit switch, motor stepper unipolar, mikro-kontroler, LCD touchscreen nextion*

### 1. PENDAHULUAN

Proses pengeboran pada benda kerja merupakan salah satu proses penting pada

pembentukan lubang yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri. Dalam skala industri, proses pengeboran

memiliki banyak manfaat, diantaranya untuk memasukkan baut sebagai penguat panel dan untuk membuat *barrel* yang dapat dimanfaatkan dalam pendingin dan kebutuhan lainnya.

Alat bor yang digunakan sebagian besar merupakan alat bor manual yang memanfaatkan tenaga manusia dalam penggunaannya. Namun, penggunaan alat bor manual ini membutuhkan waktu yang lama dan membahayakan keselamatan penggunaannya karena belum tersedia pengamanan pada alat bor tersebut.

Pada zaman modern, semua aktivitas manusia diusahakan menghasilkan dampak yang maksimal dan membutuhkan waktu yang relatif singkat, termasuk dalam mengerjakan pengeboran pada lembar kerja. Dalam pengeboran, harus diusahakan untuk menghasilkan banyak lubang dalam waktu yang singkat sehingga lebih efisien. Dengan demikian, pengembangan alat bor otomatis yang mampu membuat banyak lubang dengan waktu yang cepat akan meningkatkan efektivitas pekerjaan manusia.

Sistem otomatisasi biasanya dikendalikan oleh *programmable logic controller* (PLC) yang memiliki kelebihan dari aspek ketahanan *controller*. Namun, sistem otomatis menggunakan PLC membutuhkan dana yang besar dalam pembuatannya, sehingga beberapa perusahaan mengalihkan *controller* PLC menjadi Arduino Uno Atmega 328. Hal ini dilakukan untuk menekan biaya pembuatan dan memberikan hasil maksimal. Riset ini bertujuan untuk mengembangkan pembuatan mesin bor otomatis berbasis Atmega328 yang terintegrasi oleh *LCD touchscreen nextion 3,2* untuk melubangi lembar kerja.

## DASAR TEORI

### Mikro-kontroler

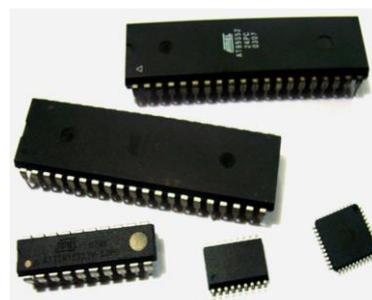
Mikro-kontroler merupakan *chip* mikro-komputer yang secara fisik berupa sebuah

*integrated circuit* (IC). Mikro-kontroler biasanya digunakan dalam sistem yang kecil, murah dan tidak membutuhkan perhitungan yang kompleks. Seperti dalam aplikasi PC, mikro-kontroler banyak ditemukan dalam peralatan elektronik. Mikro-kontroler berisi beberapa komponen utama yaitu *central processing unit* (CPU), *random access memory* (RAM) dan *input/output* (PORT I/O). Selain beberapa bagian utama tersebut, terdapat beberapa perangkat keras yang dapat digunakan untuk banyak keperluan, seperti melakukan pencacahan, komunikasi serial, interupsi dan lain lain. Mikro-controller tertentu bahkan menyertakan *analog to digital converter* (ADC), *USB controller*, *controller area network* (CAN), dan lain sebagainya.

Mikro-kontroler bekerja berdasarkan program (perangkat lunak) yang ditanamkan di dalamnya. Program tersebut dibuat sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Aplikasi mikro-kontroler umumnya terkait pembacaan data dari luar dan atau pengontrolan peralatan luar. Contoh aplikasi yang sangat sederhana adalah untuk menyalakan dan mematikan LED.

### Arduino

Arduino merupakan mikro-kontroler yang dirancang untuk digunakan dengan mudah oleh para pemula (yang memang bukan orang Teknik). Gambar 1 menunjukkan bentuk Arduino uno dari mikro-kontroler [1].



**Gambar 1.** Mikro-kontroler Arduino uno.

Dengan demikian, tanpa mengetahui bahasa pemrograman, Arduino bisa digunakan untuk menghasilkan karya yang canggih. Arduino merupakan sebuah *platform hardware* yang mempunyai *input/output* yang sederhana. Gambar 2 menunjukkan bentuk Arduino uno Atmega 328.



Gambar 2. Arduino uno Atmega328.

Arduino sangat membantu dalam membuat suatu *prototype* atau untuk menyelesaikan suatu proyek. Arduino memberikan I/O yang sudah *fix* dan dapat digunakan dengan mudah. Arduino dapat digabungkan dengan modul elektro lainnya sehingga proses perakitannya jauh lebih efisien. Para desainer hanya tinggal membuat *software* untuk mendayagunakan rancangan yang jauh lebih mudah untuk dimodifikasi tanpa harus memindahkan kabel. Saat ini, Arduino sangat mudah dijumpai di pasar. Terdapat beberapa perusahaan yang mengembangkan sistem H/D [2].

### Relay

*Relay* adalah sebuah elektromagnetik (batang besi di dalam kumparan tidak bergerak) yang ketika aktif akan menarik potongan potongan besi lunak pada pivot. Fungsi utama *relay* adalah sebagai saklar berdasarkan *input* yang diperoleh. Fungsi lain *relay* adalah untuk menjadikan arus agar menjadi lebih stabil. Istilah *relay* bisa

juga diartikan sebagai pengalihan arus listrik. Pada beberapa piranti *relay* dimanfaatkan sebagai alat bantu mengalihkan arus listrik dari sumber listrik (aki) ke objek yang akan dialiri arus listrik [3].



Gambar 3. Contoh sebuah *relay*.

### Motor Stepper

*Motor stepper* adalah motor digital yang dikontrol oleh pulsa digital. *Motor stepper* yang paling sederhana terdiri atas sebuah *rotor* dan sebuah *stator* yang dililit kumparan sehingga membentuk magnet listrik.

Prinsip kerja sebuah *motor stepper* sama seperti sebuah magnet yang kedua ujungnya memiliki kutub yang berbeda. Jika pada ujung *stator* (electromagnet) terdapat kutub yang sama dengan salah satu ujung dari *rotor* (magnet permanen), magnet akan saling tolak menolak akibatnya *rotor* akan berputar. Arah putarannya dapat searah jarum jam atau berlawanan jarum jam. Pengiriman pulsa-pulsa digital baik dari PC atau PLC diterjemahkan oleh *motor stepper* sebagai gerak langkah (*step*) sesuai dengan kombinasi pulsa-pulsa digital yang diterima. Arah gerak langkah *motor stepper* dapat diprogram dengan PC sebagaimana yang digunakan pada perancangan sistem kamera pengawas [4].



**Gambar 4.** Contoh *motor stepper*.

### **Kabel Jumper**

Kabel *jumper* adalah kabel yang digunakan untuk menghubungkan perangkat elektronika dengan beberapa *port* pada komponen elektronika sesuai dengan fungsinya. Kabel *jumper* terdiri dari 2 jenis kabel, yaitu *male* dan *female*. Gambar 5 menunjukkan contoh kabel *jumper* [5].



**Gambar 5.** Contoh kabel *jumper*.

### **Limit Switch**

*Limit Switch* adalah bagian integral dari sistem kontrol yang memiliki fungsi mekanis dan biasa digunakan untuk keperluan *start* dan *stop*.

*Limit switch* biasa digunakan untuk mengetahui posisi dari sebuah batasan yang berhubungan dengan piston silinder, *rotor*, pergerakan tempat mesin dan lainnya, agar peralatan tersebut dapat terkontrol secara otomatis. Bila pembatas dari sebuah mesin menekan *roller* dari *limit switch* maka *limit switch* tersebut menjadi *ON* atau *OFF*. Gambar 6 menunjukkan contoh bentuk *limit switch* [6].



**Gambar 6.** Contoh *limit switch*.

### **Motor AC**

Motor AC merupakan jenis motor yang banyak digunakan pada dunia modern. Walaupun motor AC sebagian besar dapat digunakan untuk memutarakan peralatan yang membutuhkan kecepatan konstan, tetapi penggunaannya untuk kontrol kecepatan mulai sering dilakukan dalam sebagian aplikasi industri. Gambar 7 menunjukkan contoh motor AC.



**Gambar 7.** Contoh motor AC.

Motor induksi biasa disebut dengan motor tak serempak, karena putaran medan *stator* selalu mendahului putaran medan *rotor*. Kumparan motor induksi terdiri dari kumparan utama dan kumparan bantu dengan beda besaran resistansi dan reaktansi sehingga aliran arus tidak sefasa. Beda arus antara kumparan utama dan kumparan bantu menyebabkan terjadinya perbedaan fluks medan utama dan fluks medan bantu pada *stator*, sehingga menghasilkan medan putar besar pada motor. Sistem untuk pengendalian arus yang besar pada saat *starting* motor induksi agar tidak mengganggu jaringan listrik terpasang. Oleh karena itu, arus *starting* harus dapat dikendalikan, salah satunya dengan memasang kapasitor *starting* [8].

Motor AC merupakan jenis motor yang banyak digunakan pada dunia modern. Walaupun, motor AC sebagian besar dapat digunakan untuk memutarakan peralatan yang membutuhkan kecepatan konstan tetapi penggunaan dengan kontrol kecepatan mulai sering

**Kompresor**

Kompresor adalah mesin untuk memampatkan udara atau gas. Secara umum, kompresor biasanya mengisap udara dari atmosfer yang secara fisika merupakan campuran beberapa gas dengan susunan 78% nitrogren, 21% oksigen dan 1% campuran argon, karbon dioksida, uap air, minyak, dan lainnya. Namun ada juga kompresor yang mengisap udara dengan tekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer dan biasa disebut penguat (*booster*). Sebaliknya, terdapat pula kompresor yang menghisap udara bertekanan lebih rendah dari tekanan atmosfer dan biasanya disebut pompa vakum. Fungsi dari sebuah kompresor adalah untuk menaikkan tekanan suatu gas. Tekanan gas dapat dinaikkan dengan memaksakan untuk mengurangi volumenya dan ketika volumenya dikurangi tekanannya akan naik. Gambar 8 menunjukkan contoh bentuk kompresor [8].



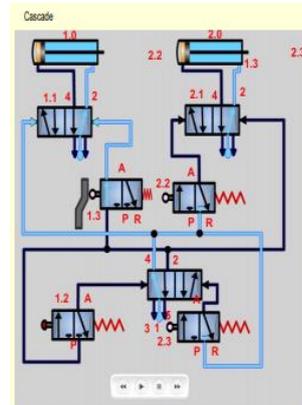
**Gambar 8.** Contoh bentuk kompresor.

**Pneumatic**

Sistem pengendalian gaya dan gerakan dengan media fluida mampu mampat (udara). Sistem mekanismenya hampir sama dengan hidrolik. Aplikasi *pneumatic* untuk sistem dengan beban kecil dan dengan kecepatan gerak yang besar. Keuntungannya, udara mudah didapat,

tidak perlu saluran kecepatan gerak tinggi. Instalasi lebih murah dibanding dengan hidrolik. Kerugiannya, tidak boleh untuk tekanan kerja yang besar karena karakter udara mampu memberikan tekanan udara yang berbahaya jika bekerja pada tekanan tinggi. Jika terjadi kebocoran akan terjadi penurunan tekanan tenaga yang sangat besar.

Sistem yang menggunakan tenaga disimpan dalam bentuk udara yang dimampatkan, dan dimanfaatkan untuk menghasilkan suatu kerja disebut sistem *pneumatic*. Kata *pneumatic* berasal dari bahasa Yunani yang berarti udara atau angin. Gambar 9 menunjukkan contoh bentuk sistem *pneumatic* [9].



**Gambar 9.** Sistem *pneumatic*.

**LCD Touchscreen Nextion**

LCD Nextion merupakan *human machine interface* yang dilengkapi dengan *capacitive touchscreen*. Nextion LCD berfungsi untuk menampilkan grafik *display* sampel. Penelitian ini menggunakan LCD dengan ukuran 3'5 inchi. Gambar 10 menunjukkan contoh bentuk g LCD Touchscreen Nextion [10].

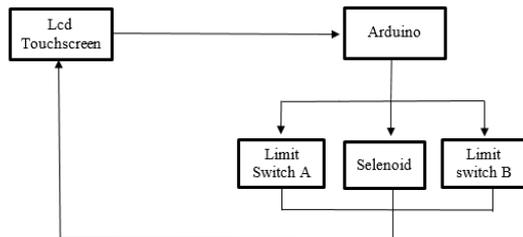


**Gambar 10.** LCD Touchscreen Nextion.

**METODE PENELITIAN**

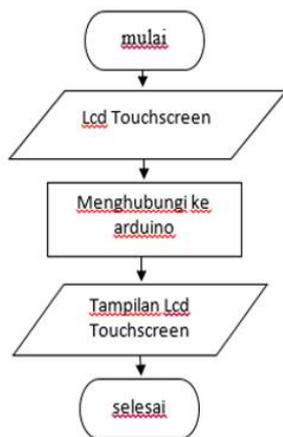
**Deskripsi Sistem dan Cara Kerja**

Gambar 11 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan perancangan dari keseluruhan sistem. Sistem ini memiliki 3 buah digram alir, yaitu proses tampilan pada LCD, proses pengeboran dan proses keamanan pada alat.



**Gambar 11.** Diagram bok sistem alat.

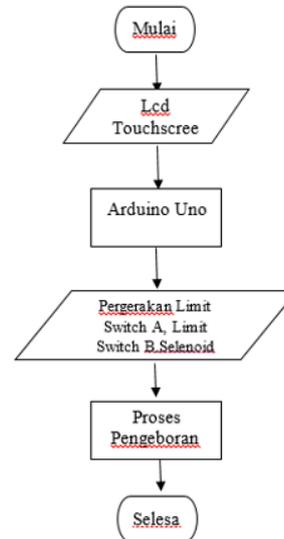
Flowchart pertama yaitu proses tampilan pada LCD, diagram alir ini tampak pada Gambar 12. Pada proses ini, dengan menyambungkan Arduino Uno menggunakan LCD. Kemudian LCD akan menampilkan beberapa button untuk menjadi input. Diagram blok koneksi LCD Touchscreen ke Arduino tampak pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Flowchart koneksi LCD Touchscreen ke Arduino.

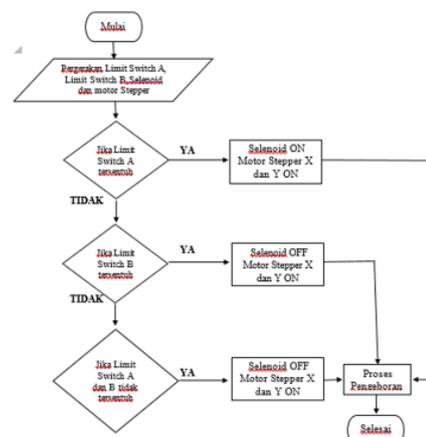
Flowchart yang kedua yaitu proses pengolahan perintah dari LCD Touchscreen Nextion menuju ke Arduino

Uno, Kemudian Arduino Uno akan menggerakkan beberapa piranti seperti *Limit Switch A*, *Limit Switch B*, dan solenoid agar menjadi penggerak untuk proses pengeboran. Diagram blok koneksi proses pengeeksekuan mesin bor tampak pada Gambar 13.



**Gambar 13.** Flowchart proses pengeeksekuan mesin bor.

Flowchart yang ketiga yaitu proses keamanan pada mesin bor untuk melindungi lembar kerja, dan mengantisipasi patahnya mata bor pada saat proses pengeboran. Diagram blok koneksi proses pengaman pada mesin bor tampak pada Gambar 14



**Gambar 14.** Flowchart keamanan mesin bor.

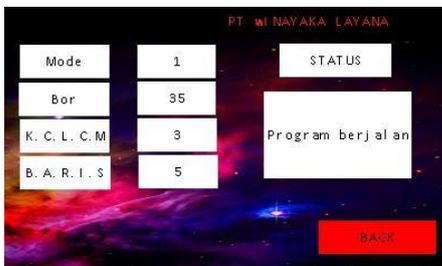
### **Desain tampilan pengaturan nilai pada LCD Touchscreen\_Nextion**

Tampilan LCD touchscreen ditunjukkan oleh Gambar 15. Pada tampilan LCD touchscreen menampilkan status kinerja mesin alat bor yang dengan tujuan untuk memantau kinerja mesin bor. Tampilan pada LCD touchscreen berupa status alat, jenis mode, jumlah lubang dan letak lubang pada kolom.

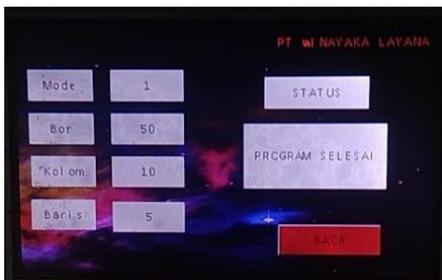


**Gambar 15.** Tampilan pengaturan nilai pada LCD touchscreen.

Tampilan status kerja mesin bor pada LCD touchscreen dapat dilihat pada Gambar 16 dan 17.



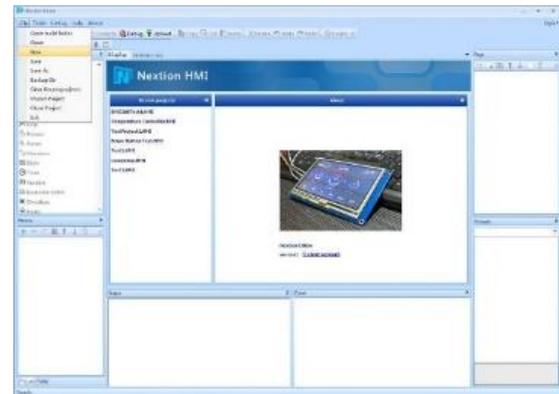
**Gambar 16.** Tampilan status kerja mesin bor pada LCD touchscreen.



**Gambar 17.** Tampilan mesin bor telah selesai pada LCD touchscreen.

### **Nextion Editor**

Aplikasi Nextion editor merupakan aplikasi yang berfungsi untuk membuat desain tampilan pada LCD touchscreen nextion yang telah di-support oleh software Arduino. Sehingga memudahkan untuk membuat desain tampilan sesuai yang dibutuhkan dan memudahkan untuk mengkoneksikan antara LCD touchscreen nextion dengan Arduino Uno. Gambar 18 menunjukkan Nextion Editor.

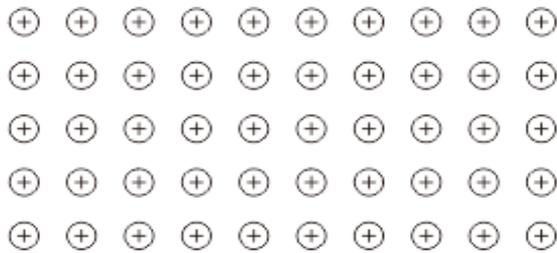


**Gambar 18.** Tampilan Nextion editor.

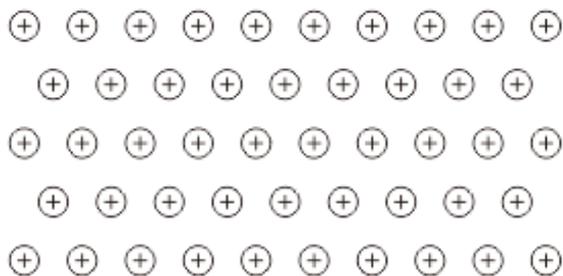
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Pengujian Mesin Bor**

Pengujian data pada mesin bor dilakukan dengan cara mengambil 10 kali percobaan. Kemudian data yang dihasilkan dibandingkan dengan jumlah total yang ada pada status LCD touchscreen dengan hasil jumlah lubang yang telah dilubangi oleh mesin bor pada lembar kerja. Pada proses pengujian mesin bor dilakukan dengan dua mode yang berbeda. Terdapat 2 mode yang berfungsi untuk menyesuaikan kebutuhan yang diinginkan. Yang membedakan setiap mode antara hasil akhir, motif dan jumlah lubang yang sudah diuji sebanyak 10 kali. Gambar 19 menunjukan bentuk hasil motif pada mode 1 dan Gambar 20 menunjukkan bentuk hasil motif mode 2.



**Gambar 19.** Bentuk pola pada mode 1.



**Gambar 20.** Bentuk pola pada mode 2.

**Hasil Pengujian LCD Touchscreen**

Uji validasi pada *LCD touchscreen* pada alat mesin bor dilakukan untuk mengetahui keakuratan perintah yang diberikan *LCD touchscreen* terhadap kontroler. Uji validasi dilakukan dengan cara membandingkan jumlah total lubang pada *LCD touchscreen* dengan jumlah lubang pada lembar kerja yang telah dihasilkan dengan proses pengeboran (Tabel 1).

**Tabel 1.** Nilai *input* pada *LCD touchscreen* Nextion.

Percobaan ke	Input <i>lcd touchscreen</i>				Status <i>lcd touchscreen</i>		
	Jumlah baris	Jumlah kolom	Jarak baris (mm)	Jarak kolom (mm)	Total Luban g	Panjang jarak ukur (cm)	Lebar jarak ukur (cm)
1	10	5	4,00	4,00	50	4,00	2,00
2	10	10	4,00	4,00	100	4,00	4,00
3	30	10	3,00	3,00	300	9,00	3,00
4	30	10	4,00	3,00	300	12,00	3,00
5	35	15	4,00	4,00	525	14,00	6,00
6	50	10	3,00	3,00	500	15,00	3,00
7	60	20	4,00	4,00	1.200	24,00	8,00
8	65	25	3,00	3,00	1.625	19,50	7,50
9	70	30	2,00	3,00	2100	14,00	9,00
10	90	32	4,00	4,00	2.880	32,00	12,80

**Hasil Pengujian Mesin Bor Mode 1**

Pengujian mesin bor pada mode 1 dilakukan sebanyak 10 kali. Mode 1 merupakan jenis mode yang menghasilkan motif kotak dan memiliki jumlah lubang baris ganjil dan genap sama. Sehingga, hasil dari bentuk bor seperti kotak. Pada uji coba mode 1 data perintah akan dibandingkan dengan hasil dari jumlah lubang pada lembar kerja yang telah dilakukan proses pengeboran (Tabel 2).

**Tabel 2.** Hasil data pengujian mesin bor mode 1.

Percobaan ke	Status <i>lcd touchscreen</i>			Hasil proses pengeboran		
	Total lubang	Panjang jarak ukur (cm)	Lebar jarak ukur (cm)	Total lubang	Panjang jarak ukur (cm)	Lebar jarak ukur (cm)
1	50	4,00	2,00	50	4,00	2,00
2	100	4,00	4,00	100	4,00	4,00
3	300	9,00	3,00	300	9,00	3,00
4	300	12,00	3,00	300	12,00	3,00
5	525	14,00	6,00	525	14,00	6,00
6	500	15,00	3,00	500	15,00	3,00
7	1.200	24,00	8,00	1.200	24,00	8,00
8	1.625	19,50	7,50	1.625	19,50	7,50
9	2.100	14,00	9,00	2100	14,00	9,00
10	2.880	32,00	12,80	2.880	32,00	12,80

Dari data perbandingan yang diperoleh pada Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa keberhasilan mesin bor mencapai 100% dan tidak ditemukan *error* untuk jumlah lubang dan jarak setiap lubang sesuai dengan *input* yang diberikan *LCD touchscreen*.

**Pengujian Mesin Bor Mode 2**

Pengujian mesin bor pada mode 2 dilakukan sebanyak 10 kali. Mode 2 merupakan jenis mode yang menghasilkan motif berbentuk silang dan memiliki jumlah lubang baris ganjil dan jumlah lubang baris genap yang berbeda. Perbedaan antara baris ganjil dan genap adalah jumlah lubang garis genap sama dan jumlah garis ganjil dikurang 1. Sehingga, hasil dari bentuk bor seperti bentuk silang. Pada uji coba mode 2 data

perintah akan dibandingkan dengan hasil dari jumlah lubang pada lembar kerja yang telah dilakukan proses pengeboran. Data hasil dilihat hasil mode 2 pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil data pengujian mesin bor mode 2.

Percobaan ke	Status <i>lcd touchscreen</i>			Hasil proses pengeboran		
	Total lubang	Panjang jarak ukur (cm)	Lebar jarak ukur (cm)	Total lubang	Panjang jarak ukur (cm)	Lebar jarak ukur (cm)
1	48	4,00	2,00	48	4,00	2,00
2	95	4,00	4,00	95	4,00	4,00
3	295	9,00	3,00	295	9,00	3,00
4	295	12,00	3,00	295	12,00	3,00
5	517	14,00	6,00	517	14,00	6,00
6	495	15,00	3,00	495	15,00	3,00
7	1.190	24,00	8,00	1.190	24,00	8,00
8	1.612	19,50	7,50	1.612	19,50	7,50
9	2.085	14,00	9,00	2.085	14,00	9,00
10	2.864	32,00	12,80	2.864	32,00	12,80

## KESIMPULAN

Telah berhasil dibuat sistem mesin bor otomatis berbasis Arduino Uno Atmega 328 dengan menggunakan *LCD touchscreen* nextion 3,2 inchi untuk mengantur *input* jumlah lubang baris, jumlah lubang kolom, jarak baris dan jarak kolom untuk menentukan pemrosesan mesin bor sesuai dengan yang dibutuhkan. Pengujian terhadap alat mesin bor untuk masing-masing mode sebanyak 10 kali percobaan dibandingkan dengan hasil pemrosesan pada mesin bor yang terdapat pada lembar kerja. Diperoleh bahwa mesin bor otomatis ini sangat akurat, sehingga mesin bor otomatis ini dapat digunakan untuk proses produksi dengan jumlah banyak.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] Andrian W. *Rancang bangun alat pengukur diameter benang dengan perangkat digital microscope dan aplikasi pengelolaan citra digital*

*berbasis Java*. Bandung; Politeknik STTT Bandung: 2018.

- [2] Angky P. Analysis of compressor isentropic efficiency type sullair screw air compressor in factory of hot strip mill case study in PT. Krakatau Steel (Persero) Cilegon by using computer aided thermodynamics table 2 (CATT2). *TEKNOSIA*. 2015;2(14):1-57.
- [3] Arief DH. *Microkontroller: kosep dasar dan praktis*. Malang; UB Press: 2017.
- [4] Yogi Astawan IG, Divayana Y, Rahardjo P. Rancang bangun spectroscopy optik portabel berbasis Arduino Micro. *Jurnal SPEKTRUM*. 2019;6(2):87-93.
- [5] Ekojono, Parastiwi A, Rahmad C, Rahmanto AN. *Pemrograman spreadsheet untuk permodelan kontrol rangkaian elektronika*. Malang; Polinema Press: 2018.
- [6] Hamdani dan Indrawan AW. *Programmer logic controller dan scada: Teori, pemrograman dan aplikasinya dalam otomasi system tanur*. Yogyakarta; Deepublish: 2015.
- [7] Hari S. *Panduan praktis Arduino untuk pemula*. Elang Sakti: 2015.
- [8] Hasto K, Haddin M, Nugroho D. Kendali arus starting motor induksi satu fasa menggunakan magnetic energy recovery switch (Mers). *Media ElektriKa*. 2015;8(2):12-19.
- [9] Marta DY. *Arduino itu pintar*. Jakarta; PT. Elex Media Kompuntindo: 2016.
- [10] Mochamad R. *Dasar perancangan kendali logika*. Malang; UB Press: 2017.