

## MINI CNC TRAINING KIT

Nor Azlina Ismail<sup>1,a</sup>, Nurul Hana Abu Hassan<sup>1,b,\*</sup>, Muhammad Azhari Hakim Musson @ Abd Halim<sup>1,c</sup>,  
Muhammad Amirul Azim Mohd Pauzi<sup>1,d</sup>

<sup>1</sup>Pusat Latihan Teknologi Tinggi (ADTEC) Batu Pahat, KM8 Jalan Tanjung Labuh  
83000 Batu Pahat, Johor, MALAYSIA

\*Corresponding Author

Email: <sup>a</sup>[nor\\_azlina@jtm.gov.my](mailto:nor_azlina@jtm.gov.my), <sup>b</sup>[nurulhana@jtm.gov.my](mailto:nurulhana@jtm.gov.my), <sup>c</sup>[amirulazim1702@gmail.com](mailto:amirulazim1702@gmail.com), <sup>d</sup>[azharihakim36@gmail.com](mailto:azharihakim36@gmail.com)

Received December 2020;

Accepted June 2021;

Available online January 2022

**Abstrak (Malay):** *Mini CNC Training Kit* dibangunkan bertujuan memberi pendedahan kepada pelatih mengenai cara mudah dalam memahami Program G-Code bagi kendalian sesebuah mesin *Computer Numerical Control* (CNC). Kit latihan ini, mempunyai kelebihan tersendiri iaitu walaupun bersaiz kecil tetapi fungsi dan kendalianya adalah sama seperti yang terdapat di industri. Lakaran yang dihasilkan melalui kit latihan ini, menggunakan aplikasi Inkscape bagi proses penghasilan program G-code dan perisian Camotics untuk simulasi. Manakala *microcontroller Arduino* digunakan bagi mengawal pelbagai pergerakan melibatkan paksi-x, y dan z, di mana paksi-x untuk pemegang tapak lakaran, paksi-y mengawal pergerakan tapak lakaran dan pergerakan pen pula dikawal melalui paksi-z. Kesimpulannya, kit latihan ini dapat memudahkan pelatih dalam memahami program G-code serta fungsi mesin yang sama dengan industri dapat diperolehi dengan kos yang minima.

**Kata Kunci:** *Mini CNC Training Kit*, G-Code, mesin CNC

**Abstract:** *The Mini CNC Training Kit was developed to provide exposure to trainees on how to easily understand the G-Code Program for the operation of a Computer Numerical Control (CNC) machine. This training kit, has its own advantages that although it is small in size but its function and operation are the same as those found in the industry. The sketches generated through this training kit, use the Inkscape application for the G-code program production process and Camotics software for simulation. While the Arduino microcontroller is used to control various movements involving the x, y and z-axes, where the x-axis is for the sketch base holder, the y-axis controls the sketch base movement and the pen movement is controlled via the z-axis. In conclusion, this training kit can facilitate trainees in understanding the G-code program as well as the function of the machine similar to the industry can be obtained at minimal cost.*

**Keywords:** Mini CNC Training Kit, G-Code, CNC machine

### 1. Pengenalan

*Mini CNC Training Kit* merupakan salah satu alternatif yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah berkaitan pemerolehan mesin CNC yang sebenar. Mesin CNC merupakan mesin yang banyak digunakan di industri. Adalah dianggarkan, terdapat lebih dari 1500 buah kilang yang menggunakan mesin CNC di negara ini. Namun begitu didapati ramai pekerja masih kurang mahir menggunakan mesin CNC ini kerana kekurangan mesin untuk diuji dan melatih diri untuk mengendalikan mesin CNC ini. Hal ini berlaku kerana tidak banyak institusi yang menyediakan

kursus CNC ini kerana mesin ini mempunyai saiz yang besar dan begitu mahal untuk dimiliki.

Idea projek *Mini CNC Training Kit* ini merupakan projek yang dilaksanakan bagi memudahkan para pengguna serta para pelatih untuk belajar mengendalikan mesin CNC. Penyediaan kemudahan yang sesuai akan meningkatkan pencapaian para pelatih (Ekundayo, 2012) Penerangan struktur, kendalian dan saiz yang mampu dilukis bagi projek ini ialah pada paksi-x dan paksi-y yang akan menggunakan *stepper motor* dan rel daripada dua DVD Roms. Saiz maksimum percetakan ialah 4cm x 4cm menggunakan motor servo kecil yang mengawal pergerakan mata pen secara pergerakan menaik dan menurun. Manakala bagi tapak

\*Corresponding author: [nurulhana@jtm.gov.my](mailto:nurulhana@jtm.gov.my)

pemasangan pula akan menggunakan sekeping kecil plat besi dan dilengkapi dengan pen sebagai alatan melakar lukisan. Fokus *Mini CNC Training Kit* hanya sebagai satu mesin melukis sahaja dan akan dinaiktaraf sebagai sebuah mesin melarik (*engraver*) pada masa akan datang.

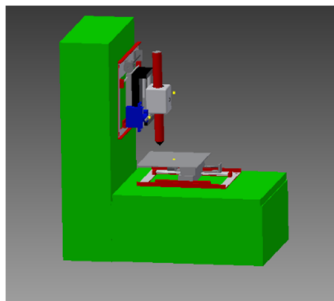
Bagi mempertingkatkan kawalan keseluruhan pengendalian mesin, Arduino Uno microcontroller digunakan. Aplikasi dan perisian seperti Inkscape dan Processing 3.0 digunakan bagi mengubah sesebuah lakaran ke dalam bentuk G-code dan seterusnya dimuat naik ke dalam *microcontroller*.

**2. Metodologi**

Pembangunan kit latihan ini dibahagikan kepada beberapa fasa, iaitu fasa pertama adalah berkaitan kajian literatur terhadap jenis-jenis mesin CNC yang terdapat di industri. Fasa kedua melibatkan *microcontroller* Arduino Uno dan fasa ketiga melibatkan pengaturcaraan. Fasa keempat pula, membangunkan prototaip kit dan fasa terakhir mengkoordinasi pengaturcaraan dan perkakasan supaya kit dapat beroperasi seperti yang ditetapkan.

Sebelum projek ini direka bentuk, beberapa kriteria perlu diambil kira bagi memastikan produk yang dihasilkan benar-benar berkualiti dan mendapat tempat dalam pasaran. Antara kriteria yang perlu diambil kira adalah seperti mudah digunakan, mempunyai fungsi dan tujuan yang merangkumi fungsi utama dan fungsi sampingan bagi memenuhi keperluan dan menyelesaikan masalah. Selain itu juga faktor kesesuaian bahan dengan fungsinya serta kos yang bersesuaian, mudah diperolehi dan bertepatan dengan keperluan penggunaannya di dalam reka bentuk yang dipilih juga perlu dititikberatkan. Kaedah pembinaan mestilah dirancang dengan sistematik agar mudah dibina dan kesesuaian kemasan disesuaikan dengan bahan, reka bentuk projek dan keselamatan pengguna semasa mengendalikannya seperti Rajah 1.

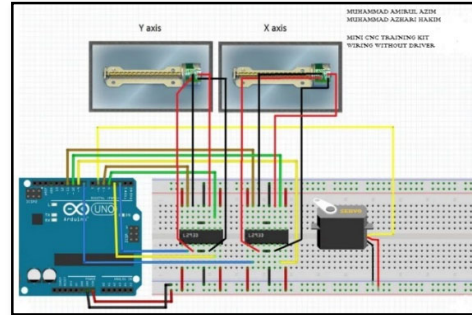
Selain itu juga faktor keselamatan tidak boleh diabaikan di mana proses pemilihan bahan yang digunakan mestilah bersesuaian dan tiada kesan sampingan kepada kesihatan, mesra alam dan mesra pengguna. Selepas mempertimbangkan kesemua kriteria tersebut, terdapat tiga bahagian utama dalam proses mereka bentuk projek *Mini CNC Training Kit* ini iaitu reka bentuk struktur mekanikal, reka bentuk litar kawalan dan reka bentuk aturcara kawalan pengoperasian projek.



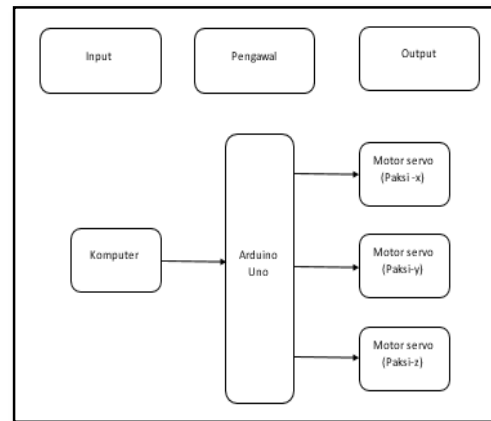
**Rajah 1: Pandangan sisi 3D *Mini CNC Training Kit***

Dalam projek ini, pendawaian elektrik adalah faktor utama untuk menghidupkan dan menggerakkan *Mini CNC Training Kit* ini. Bahagian utama ialah *stepper motor*, pada bahagian itu akan dibuat penyambungan pendawaian terus kepada *motor driver* yang akan digunakan bersama Arduino. Selain itu, projek ini juga menggunakan bekalan kuasa tambahan kepada *motor driver* untuk menggerakkan *stepper motor* seperti di dalam Rajah 2.

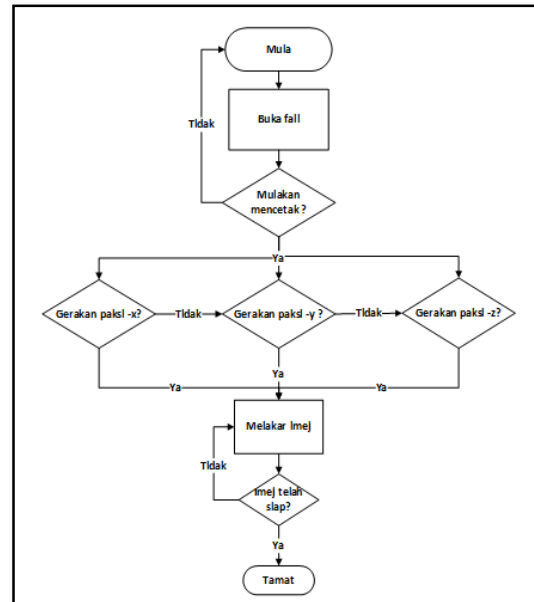
Projek *Mini CNC Training Kit* ini menggunakan pergerakan motor yang dikawal secara automatik oleh *microcontroller* seperti di dalam Rajah 3. Data kendalian dimasukkan ke dalam *microcontroller* melalui *communication protocol* yang boleh dikawal secara keseluruhan kendalian setiap paksi secara automatik seperti di dalam Rajah 4.



**Rajah 2: Reka Bentuk pendawaian elektrik**



**Rajah 3: Gambarajah blok**



**Rajah 4: Carta alir operasi *Mini CNC Training Kit***

### 3. Keputusan

Jadual 1 menunjukkan hasil ujian yang telah dijalankan ke atas helaian lakaran bagi menguji operasi kit latihan ini. Pemerhatian telah dijalankan bagi memastikan pergerakan paksi x dan y berjalan seperti yang diharapkan. Begitu juga dengan pergerakan paksi-z, bagi kawalan pergerakan pen sama ada pergerakan menaik atau pergerakan menurun.

**Jadual 1: Keputusan Pengujian Jumlah Peratusan Lakaran mengikut jumlah helaian yang dilakar**

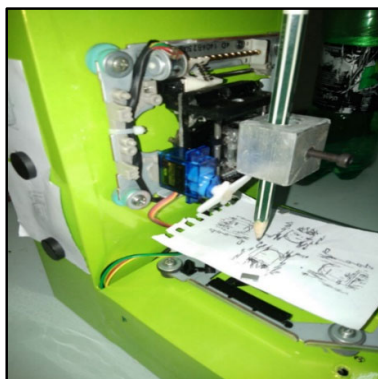
Jumlah Helaian Yang Dilakarkan	Kualiti Lakaran Yang Dihasilkan
1	100 peratus seperti gambar
2	100 peratus seperti gambar
3	95 peratus seperti gambar
4	90 peratus seperti gambar
5	70 peratus seperti gambar
6	60 peratus seperti gambar

**Jadual 2: Keputusan Ujian Menggunakan Pelbagai Jenis Fail Ke G-Code**

Jenis Fail	Hasil Pemerhatian
PNG	Berjaya ditukarkan kepada G-Code
BMP	Berjaya ditukarkan kepada G-Code
JPG	Berjaya ditukarkan kepada G-Code

Manakala Jadual 2 pula, menunjukkan 3 jenis fail imej yang berjaya ditukarkan ke G-Code. Ketiga-tiga jenis fail berjaya ditukarkan ke G-Code.

Berpandukan Rajah 5 hingga Rajah 7 merupakan proses pengujian membuat lakaran yang telah dibuat. Dalam proses ini, pengaturcaraan merupakan perkara utama di mana melalui program maka paksi-x, -y dan -z dikawal.



**Rajah 5: Pengujian membuat lakaran**

```

file Edit Sketch Tools Help
CNC_code
int LineDelay = 0;
int penDelay = 75; //50 original

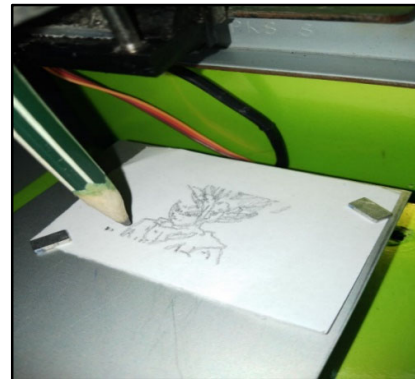
// Motor steps to go 1 millimeter.
// Use test sketch to go 100 steps. Measure the length of line.
// Calculate steps per mm. Enter here.
float StepsPerMillimeterX = 50.0;
float StepsPerMillimeterY = 50.0;

// Drawing robot limits, in mm
// OK to start with. Could go up to 50 mm if calibrated well.
float Xmin = 0;
float Xmax = 40;
float Ymin = 0;
float Ymax = 40;
float Zmin = 0;
float Zmax = 1;

float Xpos = Xmin;
float Ypos = Ymin;
float Zpos = Zmax;

// Set to true to get debug output.
boolean verbose = false;
    
```

**Rajah 6: Mengubah Coding Bersesuaian Dengan Pergerakan Stepper Motor**



**Rajah 7: Hasil lakaran yang berjaya dilukis**

### 4. Perbincangan

Projek ini didapati bersesuaian bagi pelatih baharu (*beginner*) kerana ia mudah untuk dibangunkan dan mudah untuk memahami G-Code. Pembangunan prototaip ini, dapat mengurangkan kos berbanding perolehan sesebuah mesin CNC. Di samping itu, ia dapat membantu untuk mempermudah pelatih menjalani sesi pembelajaran berasaskan mesin CNC sebenar (Martono & Wagiran, 2016).

Kebaikan *Mini CNC Training Kit* ini pula adalah ia boleh melakar gambar berulang-ulang dalam masa yang sama. Bagi setiap lukisan yang sederhana kompleks dihasilkan, ianya tidak mengambil masa yang begitu lama. Ia juga menjimatkan ruang dan hanya menggunakan bateri sebagai punca kuasa jika ingin dibawa ke mana sahaja.

Didapati projek yang telah dihasilkan ini berpotensi untuk dikomersilkan. Projek ini mampu memperluaskan pengetahuan kepada pelatih dalam bidang kemahiran dan teknikal terhadap mesin CNC. Ia juga boleh menyediakan pelatih pengalaman merasai penggunaan mesin CNC yang sebenar. Sasaran pengguna ialah sekolah atau institusi latihan kemahiran dalam bidang mekanikal seperti Politeknik, Institut Latihan Perindustrian, Institut Kemahiran Belia Negara, Kolej Vokasional dan lain-lain.

### 5. Kesimpulan

Kesimpulan dalam penghasilan projek ini adalah pelatih dapat mempraktikkan semua kemahiran yang dipelajari di pusat latihan ini termasuklah pengaturcaraan, pendawaian

elektrikal dan elektronik. Berdasarkan analisa yang telah dijalankan kesemua objektif projek telah pun berjaya dicapai. *Mini CNC Training Kit* ini berjaya dibina dan berfungsi sepenuhnya. Setiap jenis gambar seperti daripada fail JPG, BMP dan PNG berjaya ditukarkan kepada G-code seperti yang dirancang. Di samping itu, setiap paksi berjaya dikawal dengan menggunakan Arduino untuk melakar hasil *output* berpandukan G-code. Akhir sekali imej lakaran secara automatik juga berjaya dicapai seperti mana dirancang.

Oleh itu *Mini CNC Training Kit* ini amat sesuai digunakan di pusat latihan kemahiran kerana ia mampu menyelesaikan masalah pembelian mesin CNC pada harga yang sangat mahal.

### **Penghargaan**

Sejuta penghargaan kepada Pengarah Pusat Latihan Teknologi Tinggi (ADTEC) Batu Pahat dan Ketua Jabatan Elektrikal dan Elektronik ADTEC Batu Pahat atas sokongan dan panduan sepanjang menyiapkan projek *Mini CNC Training Kit*.

### **Rujukan**

- Ekundayo, H. T. (2012). School facilities as correlates of students' achievement in the affective and psychomotor domains of learning. *European scientific journal*, 8(6), 208-215.
- Martono, M., & Wagiran, W. (2016). Developing A Learning Module of Computer Numerically Control GSK 983 Machines To Enhance Students' Learning Outcomes. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 23(2), 184-190.