

Pemanfaatan Teknologi *Open Source* untuk Meningkatkan Mutu Produk Industri Kerajinan

Implementation of Open-Source Technology to Improve the Quality of Handicraft Industries Product

Mufid Djoko Purwanto¹, Arif Basuki²

¹Balai Besar Logam dan Mesin / Jalan Sangkuriang no 12 Bandung

²FTMD Institut Teknologi Bandung / Jalan Ganesha 10 Bandung

Korespondensi Penulis

Email : mufid@yahoo.com

Kata kunci : *open source*, mesin cnc, kerajinan, mutu kerajinan UKM

Keywords : *open source*, *cnc machine*, *crafts*, *product quality of SMEs*

ABSTRAK

Teknologi komputer telah berkembang dengan pesat untuk membantu meningkatkan mutu dan kualitas produk industri. Peningkatan tersebut merupakan dampak dari pemanfaatan teknologi komputer untuk membantu proses kontrol dan otomastisasi dalam proses produksi. Naskah ini menyajikan teknologi *open source* dalam bidang otomatisasi untuk membantu proses produksi dengan menggunakan mesin CNC. Pembahasan pada naskah ini mencakup *software Open Source* dan *hardware* yang digunakan untuk membantu mengontrol gerakan motor *stepper* dalam mengatur sumbu putar pada arah sumbu X, Y, dan Z dari mesin CNC. Dengan menggunakan *software* dan *hardware* ini akan diperoleh produk mesin CNC yang murah dengan tingkat ketelitian dibawah 100 micron. Teknologi ini cocok digunakan untuk UKM kerajinan, sehingga produk-produk UKM dapat meningkatkan daya saing. Selain itu pemanfaatan teknologi *Open Source* pada mesin CNC ini dilakukan dengan *Plug and Play*. Jika prosedur telah dilakukan dengan benar, maka teknologi *open source* ini dapat dimanfaatkan dengan baik.

ABSTRACT

Computer technology has been developed rapidly to improve the quality of industrial products. This development is the result of the rapid use of computer technology to help control and automate the production process. This paper presents open-source technology software in the field of automation to assist the production process using CNC machines. The discussion in this paper will cover Open-Source software and hardware that is used to help controlling the movement of the stepper motor to adjust the rotational axis in the X, Y, and Z axis directions of the CNC machine. By using open-source software and hardware, a cheap CNC machine product with a precision level below 100 microns will be obtained. This technology is suitable for handicraft SMEs, so that SME products can be more competitive. In addition, the use of Open-Source technology on this CNC machine is done through Plug and Play. If the procedure has been carried out correctly, then this open-source technology can be implemented correctly.

PENDAHULUAN

Saat ini, persaingan dalam dunia industri sangat ketat. Dibutuhkan strategi dan usaha agar industri tetap dapat bersaing melalui produk-produknya. Tuntutan akan kualitas produk, kecepatan dan harga bersaing dengan sangat ketat. Naskah ini membahas pemanfaatan teknologi *open source* untuk digunakan sebagai jalan untuk memenangkan persaingan. Penerapan teknologi ini akan menciptakan produk yang memiliki daya saing di pasar global, karena industri akan terbantu untuk menaikkan kualitas produksi, kecepatan bahkan hargapun juga akan semakin bersaing (Rajput & Sarathe, 2016). Industri yang akan mendapatkan manfaat besar dari penelitian ini adalah IKM yang menuntut produk dengan kualitas dan ketelitian dimensi ukuran yang tinggi.

Teknologi *open source* yang ditawarkan pada naskah ini berkaitan dengan teknologi untuk mengontrol *motor stepper* yang dapat digunakan sebagai penggerak dan pengatur gerakan dari mesin-mesin numerical control. Teknologi *open source* ini dikembangkan untuk mengatur *motor stepper* sehingga dapat digunakan untuk menggerakkan robot maupun mesin CNC, mesin *printer* 3D maupun mesin-mesin untuk melakukan pemotogan atau pembentukan logam. Teknologi ini telah dimanfaatkan dengan baik (Wanggara, Andree, Moris, Simatupang, & Azmi, 2020).

Penggunaan *open source* mulai dari sistem operasi hingga implementasi untuk kebutuhan khusus telah berkembang begitu pesat (Shahid, Khan, & Khan, 2019). Sistem operasi LINUX yang termasuk paling awal-awal membuka diri sebagai *software open source* saat sekarang menjadi *open source* yang paling banyak dipakai, mulai dari server hingga dijadikan *operating system* untuk Handphone. *Open source* merupakan *software* dengan *source code*-nya terbuka dan dapat dipakai secara umum, tetapi tetap harus dengan memperhatikan atau mencantumkan pengembangnya (GRBL Setting, 2019). *Software-software Open source* ini telah berkembang begitu cepatnya dan bahkan mampu memenangkan persaingan dengan *software-software* komersial. Sungguh merupakan keberuntungan bagi para developer *software* yang memanfaatkan *open source* ini, sehingga *software open source* ini dapat dikembangkan secara bersama-sama oleh para developer di seluruh dunia (Rajput & Sarathe, 2016).

Penggunaan *software open source* ini akan menguntungkan karena *software* ini bersama-sama dikembangkan oleh orang-orang di seluruh dunia, serta dapat dievaluasi dan diperbaiki codenya. Pengembangan *open source* yang untuk digunakan sebagai sistem operasi, seperti LINUX telah berkembang begitu cepatnya sehingga menjadi *software* papan atas. Begitu pula *software* untuk kebutuhan khusus, seperti *software* GRBL, juga dalam waktu singkat telah dikembangkan dan digunakan sebagai andalan dibidang produksi, seperti CNC, Printer 3D hingga robotik. Perkembangan yang begitu cepat terhadap *software-software Open Source* ini dikarena code *software* nya terbuka, sehingga para penggunanya selain dapat menggunakan *software*-nya juga diberi kesempatan untuk melihat *source code* nya serta

diberi hak untuk turut serta mengembangkannya (Jayachandriah, Krishna, Khan, & Reddy, 2014).

Banyak aplikasi berbasis *open source* yang laris dipasar, untuk jenis sistem operasi dan server contohnya adalah LINUX dan FREEBSD. Sedangkan untuk *software* pengaturan, sensor, kontrol dan mikroprocessor yang laris contohnya adalah Arduino. Implementasi yang digunakan untuk menggerakkan dan mengontrol motor *stepper* yang laris adalah GRBL. Perkembangan *open source* ini sebagaimana disebutkan diatas karena didukung oleh beberapa developer yang sama-sama memiliki peran untuk menumbuhkan *open source*. Selain itu, *software open source* ini juga didukung oleh para anggota *user group*, baik sebagai pengguna maupun sebagai *developer*. Pengguna *open source*, sebenarnya secara tidak disadari juga merangkap sebagai tim penguji coba dan evaluator. Karena berbagai permasalahan dilapangan banyak diketahui oleh pengguna ini, serta banyak saran-saran dari pengguna *open source* kepada para developernya.

Software GRBL dikembangkan oleh yang Sungeun K Jeon. *Software* ini awalnya dijalankan untuk implementasi pada *microprocessor* yang dipakai pada Arduino Uno. Oleh karena itu, salah satu syarat bagi pengguna *software* ini adalah mengenal cara menggunakan Arduino mulai dari mengupload ke library Arduino hingga mengupload code ke Arduino. Pada awalnya, *Software* GRBL ini dikembangkan untuk menggerakkan motor *stepper* yang berfungsi untuk menggerakkan sumbu X, Y, dan Z mesin CNC. Basic pengembangannya dengan menggunakan bahasa C. Sehingga para pengguna *software* GRBL yang faham dengan bahasa C serta pengguna perangkat keras Arduino Uno dapat menggunakan *software* ini tidak cuma sebagai pengguna, tetapi juga sebagai pengembang untuk diimplementasikan pada berbagai bidang keperluan. Walaupun demikian bagi para pengguna mesin CNC, yang tidak mengetahui bahasa C, dapat menggunakan *software* GRBL ini dengan cara menginstallnya pada Arduino Uno yang diberi CNC *Shield* serta driver motor *stepper* A4998 atau A4888 untuk digabungkan dengan mesin router CNC dengan *power* rendah, karena *software* ini dirancang awalnya untuk keperluan *plug and play* untuk *hardware* seperti itu.

Saat ini *software* GRBL diimplementasikan untuk CNC dengan empat axis (GRBL Command , 2019). Pada implementasinya, sumbu keempat digunakan sebagai *feeder* atau penyuplai material sebagaimana implementasi GRBL untuk printer 3D. *Software* GRBL ini juga banyak digunakan untuk *laser cutter*, *Robot Arm*, *Plotter 2D*, dan berbagai implementasi proyek lainnya. Bahkan, sekarang sudah dicoba LaserWeb4 yaitu menggabungkan pengoperasian *software* GRBL untuk implmentasi pemotongan dengan menggunakan laser yang dikontrol lewat web (GcodeSender, 2020).

Implementasi dari *Software* GRBL ini cukup luas. Setelah *Software* GRBL ini dikembangkan pada Arduino Mega 2560, *software* GRBL ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan termasuk mengatur panas, tekanan, kontrol temperatur, kontrol tekanan, display monitor yang kesemuanya tersebut dapat diterapkan bersama-sama dengan *software* GRBL ini. Printer 3D berkembang bersamaan dengan dikembangkannya *software* GRBL untuk diterapkan pada

Arduino Mega 2560. Begitu pula mesin laser cutting juga mulai berkembang setelah GBRL ini mulai dipakai pada Arduino Mega 2560.

Pemanfaatan *software open source* diharapkan akan semakin mengoptimalkan implementasi dari *software open Source*, serta akan semakin menambah cakrawala implementasinya dan kreativitas. Selain itu *software open source* ini bisa dipakai bebas, *software* ini dalam paketnya untuk CNC sudah *plug and play*. Selain itu dengan menggunakan *software open source*, pengembangannya akan semakin mudah sehingga mengurangi tingkat ketergantungan kepada pembuatnya.

METODOLOGI PENELITIAN

Secara garis besar penelitian ini menggunakan *software open source* GRBL beserta GCodeSender. Microprocessor yang digunakan menggunakan Arduino. Microprocessor dan kedua *software* ini untuk memacu driver dari motor *stepper* untuk mengontrol gerakan dari motor *stepper*. Dan dari pengontrolan ini mengatur gerakan dari mesin produksi, untuk penelitian ini menggunakan mesin *milling*.

Software utama yang dibahas pada naskah ini adalah GRBL yang dapat di download dan dicari alamat *source* codenya lewat google. GRBL ini setelah di download kemudian diupload dengan menggunakan Arduino, mulai dari mengload ke library Arduino hingga merunning codenya serta mengirimkan ke *hardware* Arduino. Proses ini memakan waktu cukup cepat, waktu dari download hingga mengupload ke Arduino memakan waktu kurang dari 15 menit. Apalagi dengan kecepatan internet yang cukup tinggi. *Software* GRBL ini membuat arduino siap untuk menerima perintah GCODE yang merupakan bahasa yang dikenal pada mesin CNC untuk melakukan proses pemakanan material atau melakukan proses pergerakan mata pahat.

Software open source yang kedua yang diperlukan adalah *software* untuk mengirimkan data GCODE dan MCODE ke mesin CNC. *Software open source* yang digunakan untuk melakukan proses pengiriman data ke mesin CNC ini adalah GCODESender. *Software* ini dibuat dengan menggunakan java, dan bisa langsung dipakai jika komputer yang kita gunakan sudah di *install* java. *Software* ini menggabungkan komputer dengan *hardware* kontrol mesin CNC dengan menggunakan USB. Dengan menggunakan GCODESender ini, maka baris perintah ke mesin CNC dari komputer dapat dilakukan setahap demi setahap, sebaris demi sebaris, hingga seluruh proses permesinan selesai.

Software open source untuk CNC ini menggunakan microprocessor yang terpaket dalam Arduino Uno maupun Arduino Mega. *Hardware* ini kemudian dihubungkan dengan driver dari motor *stepper*. Pada Arduino Uno, untuk mesin CNC dengan power rendah dapat menggunakan CNC *Shield* yang dipasangkan pada Arduino, dengan driver motor *steppernya* menggunakan A4988 atau DRV8825. Sedangkan untuk menjalankan motor *stepper* power tinggi dapat dihubungkan dengan menggunakan driver motor *stepper* secara terpisah dari Arduino, yang kemudian disambungkan dengan menggunakan kabel ke pin direction dan pin *stepper*.

Software dan kontrol dari mesin CNC ini dihubungkan dengan *hardware* mesin CNC, dengan menggunakan motor *stepper* yang diberi penghubung antara motor *stepper* dengan ulir penggerak dari komponen gerakan mesin CNC. Dari susunan seperti ini, maka dapat diketahui seberapa manfaat *software open source* ini untuk dapat menggerakkan dan mengontrol mesin CNC. Manfaat dan kehandalan dari *software open source* ini dapat dilihat dari kemudahan dan ketelitiannya. Selain itu manfaat lain dari *software open source* untuk mesin CNC ini cukup terbuka, bagi para programmer yang ingin mengeksplorasi dan mengembangkan untuk keperluan lain. Dengan demikian akan nampak kehandalan dan manfaat dari *software open source* ini untuk diimplementasikan pada industri IKM kerajinan.

Bahan dan Alat

Software open source GRBL selain memiliki fungsi untuk menggerakkan motor *stepper* CNC baik untuk arah X, Y dan Z, *software* ini juga dilengkapi dengan fasilitas untuk mengontrol pembatas pergerakan dari mesin CNC. Fungsi GCODE standard untuk CNC 3 Axis dapat dijalankan dengan baik dengan menggunakan *software open source* ini. *Software* ini dapat mengatur jumlah pulsa/menit yang disampaikan ke motor *stepper*, sehingga kecepatan motor *stepper* dapat dikontrol dengan baik. Begitu pula *software* ini dapat mengatur panjang pulsa per sekali gerakan, sehingga gerakan *stepper* dapat dirancang dengan baik. Beberapa hal menarik lainnya adalah *software* ini dapat digunakan untuk mengatur percepatan dan kecepatan per satuan panjang pulsa. Dengan demikian *software* ini cukup handal dalam mengatur dan mengontrol gerakan mesin CNC.

Konfigurasi dari *software open source* ini ada yang dilakukan saat kompilasi dan dikirim ke Arduino, atau ketika *software* ini telah terpasang pada Arduino. Selain itu *software open source* ini, sebagaimana *software open source* lainnya memiliki fasilitas untuk dilihat *source code*nya, sehingga bagi para pengembang dapat mengembangkan *source code* atau memanfaatkan *source code* yang ada pada *software* GRBL ini untuk digunakan dan dimanfaatkan untuk keperluan yang sesuai dengan yang dikehendaki pengembang.

Pengaturan GRBL ini juga mencakup pengaturan terhadap cairan pendingin yang diperlukan pada proses permesinan pada CNC. Selain itu pengaturan lain yang dapat dilakukan seperti pengaturan terhadap kecepatan spindle, percepatan gerakan dari pemakanan pahat terhadap benda kerja. Pengaturan ini dapat dilakukan lewat konfigurasi pada GRBL, maupun dengan menggunakan GCODE. Cuma yang membedakan bahwa pengaturan dengan menggunakan konfigurasi GRBL akan berlaku umum untuk berbagai macam GCODE, tetapi pengaturan lewat GCODE hanya berlaku saat GCODE nya digunakan.

Fungsi-fungsi pada GRBL secara umum adalah fungsi untuk mengaktifkan CNC dalam kondisi ON dan dalam kondisi OFF, fungsi-fungsi untuk GCODE, fungsi-fungsi untuk gerakan *stepper*, serta fungsi-fungsi untuk membuat limit atau batas atau area gerakan baik arah X, Y maupun Z, fungsi untuk cairan pendingin, fungsi-fungsi untuk komunikasi antara Arduino dengan komputer agar GCODE dapat tertransfer dengan baik dan benar.

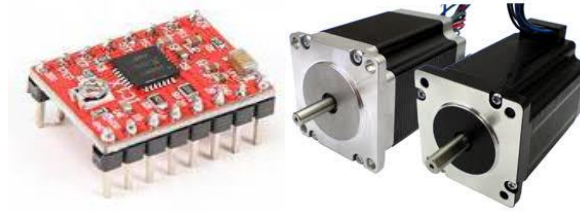
Arduino merupakan suatu papan yang berisi microprocessor berikut fasilitas input output baik dari komputer yang berupa USB maupun berupa pin-pin input/output. Fasilitas USB yang ada pada arduino berfungsi untuk mendapatkan power ke Arduino, selain itu USB pada Arduino juga berfungsi sebagai media transfer data yang berasal dari maupun ke komputer. Pin-pin input/output Arduino terbagi dalam pin power, pin digital, pin analog dan pin transfer/revice data. Dalam penggunaan untuk GRBL ini, Arduino yang digunakan adalah jenis Arduino Uno, gambar 1, yaitu berisi microprocessor dengan 8 bit.



Gambar 1. Arduino Uno (kiri) dan *CNC Shield* (kanan)

Sedangkan *hardware* lain yang diperlukan untuk *software* GRBL ini adalah *CNC Shield* (gambar 1). merupakan papan yang penuh fungsi yang berisi berbagai macam pin. *CNC Shield* ini memiliki 2 permukaan yaitu permukaan yang pin-pin nya terhubung langsung dengan pin-pin Arduino Uno dan permukaan yang pin-pinnya terhubung dengan *driver stepper* motor, *stepper* motor serta *switch sensor ON/OFF*. Ada 4 *driver* motor *stepper* yang dapat terhubung dengan *CNC Shield*, sehingga ada 4 motor *stepper* yang terhubung dengan *CNC Shield* ini. Empat motor *stepper* tersebut dapat digunakan untuk menggerakkan CNC dalam sumbu X,Y,Z dan sumbu keempat yaitu A. Sehingga CNC yang dapat digerakkan adalah CNC dengan empat axis.

Driver motor *stepper* (gambar 2) yang dapat dipasang pada *CNC Shield* ini adalah jenis A4988 atau DRV8825. Jika digunakan dengan menggunakan *CNC Shield*, power yang diperlukan untuk driver ini adalah power DC antara 12-24 Volt. Sedangkan Ampere yang aman dapat dilewati driver ini adalah sekitar 1.5 A. *Driver* motor *stepper* ini yang diperlukan adalah menyesuaikan power yang diperlukan untuk menggerakkan motor *stepper*. Jika power motor *stepper* terlampau besar maka driver ini akan panas dan cepat rusak, tetapi jika tetap dingin maka power yang tersampaikan ke motor *stepper* terlalu rendah. Saat driver ini terasa hangat dalam pemakaian yang cukup lama, maka menggunakan motor driver ini sudah optimal.



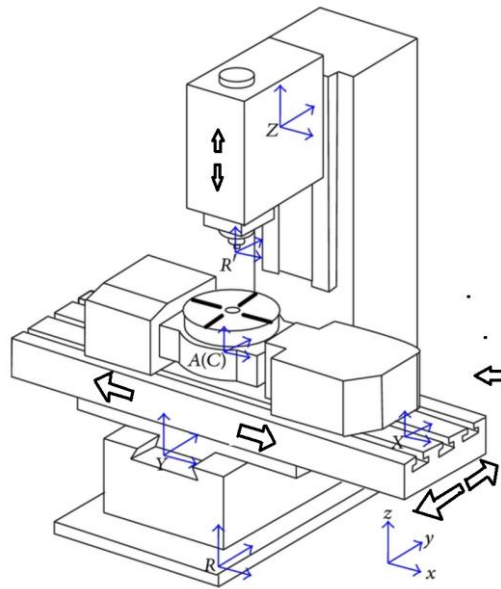
Gambar 2. *Driver motor stepper* (kiri) dan motor *stepper* (kanan)

Motor *stepper* (gambar 2) merupakan motor yang digerakkan dengan menggunakan pulsa. Motor *stepper* ini terdiri dari dua pasang tegangan yaitu tegangan pengarah (*Direction*) dan tegangan pembangkit. Kedua tegangan ini dihubungkan dengan medan magnet. Kedua tegangan ini memiliki arus yang saling berlawanan, sehingga jika kedua tegangan tersebut sedang aktif, maka motor *stepper* tidak bisa bergerak, adapun jika salah satu tegangan tersebut tidak aktif, maka motor akan bergerak, dengan demikian maka irama tegangan nyala mati akan menyebabkan motor *stepper* ini bergerak dan berhenti. Motor *stepper* ini merupakan motor yang gerakannya adalah berlangkah. Dalam satu putaran ada 200 langkah pergerakan, bahkan untuk motor *stepper* yang teliti dapat sampai 1200 langkah untuk satu putarannya.

Komponen-komponen penyusun CNC ini mudah didapatkan di pasar. Sementara, *Software* didapatkan dengan mengunduh dari internet, sedangkan *hardware*-nya mudah dibeli dipasar elektronik maupun pasar online.

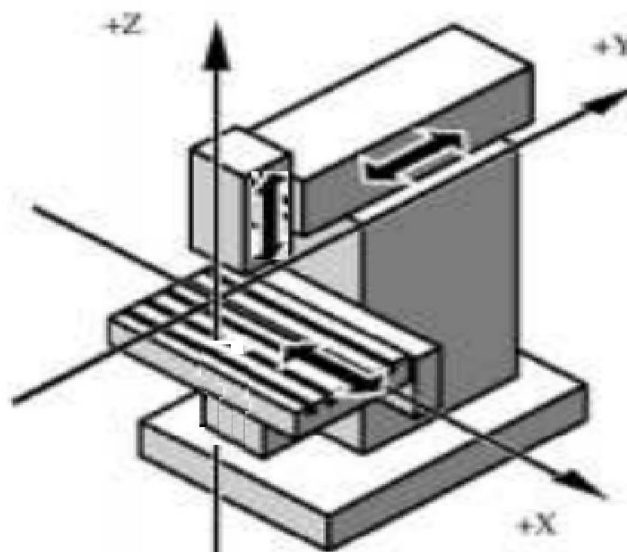
Prosedur Kerja

Secara garis besar, mesin CNC *milling* memiliki dua macam desain. Desain yang pertama memiliki gerakan bidang datar X dan Y yang berada dalam satu kesatuan kelompok *frame*, sedangkan sumbu Z yang bergerak naik dan turun berada pada *frame* yang berbeda, sebagai mana pada gambar 3. Adapun untuk mesin CNC *milling* jenis yang kedua adalah salah satu *frame*-nya memiliki gerakan X, sedangkan gerakan Y dan Z berada dalam satu kelompok *frame* lainnya sebagaimana pada gambar 4. Salah satu keuntungan dari mesin CNC jenis yang pertama adalah mudah dalam melakukan pergantian pahat. Hal ini dikarenakan posisi pemegang pahat hanya bergerak vertikal secara sederhana sehingga memudahkan kembali ke pusat sumbu.



Gambar 3. Koordinat mesin CNC jenis pertama

Sementara untuk mesin CNC jenis kedua, ruang gerakan lebih sempit dibandingkan CNC jenis pertama yang dikarenakan benda kerja tidak bergerak. Pada kasus ini mesin CNC yang kami gunakan adalah mesin CNC jenis yang kedua, karena nya tidak perlu untuk melakukan ganti pahat sehingga mesin CNC ini akan nampak lebih kecil. Adapun untuk mesin CNC jenis kedua ini memiliki workspace yang besar, oleh karena itu mesin CNC ini akan nampak lebih kecil walau benda kerja yg diproses lebih kecil.



Gambar 4. Koordinat Mesin CNC jenis kedua

Mesin CNC ini disusun dengan menggunakan aluminium *profile*, T bolt, braket *corner*, *linear* aktuaktor, *sliding bearing*, *linear rail gate*, *ball screw*, *ball nut*, *bushing* CNC, serta *coupling*.



Gambar 5. Alumunium profile dan T-bolt dan Braket corner

Alumunium profil, sebagaimana pada gambar 5, digunakan sebagai rangka atau *frame* dari mesin CNC, selain itu alumunium profile ini juga digunakan sebagai dasar dari tumpuan benda kerja. Penyambungan alumunium profile dengan alumunium profile lainnya dilakukan dengan menggunakan braket corner serta dikencangkan dengan menggunakan *T-bolt*. Setelah rangka ini terwujud, rangka dari mesin CNC ini diberi *linear gate*, gambar 6, yang berfungsi untuk mengarahkan gerakan sumbu-sumbu CNC agar benar-benar lurus dan presisi.



Gambar 6. *Linear gate*

Setelah itu *ball screw* dipasangkan dengan *ball nut*, sebagaimana pada gambar 7, dimana *ball nut* dipasang pada rangka yang bergerak, sebagaimana pada gambar dibawah. Pada *ball nut* ini dipasangkan pada *frame* bergerak yang dikencangkan dengan menggunakan *T-bolt* serta ditempelkan pada *flange ball nut*. Setelah itu salah satu ujung dari *ball screw* dipasang flange bearing sehingga sejajar dengan linear gate. Linear gate dan *ball screw* harus benar-benar sejajar, agar tidak mengganggu power dan ketelitian dari mesin CNC. Kelurusan dan ketegaklurusan dari rangka-rangka yang terkait akan menentukan ketelitian dari mesin CNC *milling* ini.



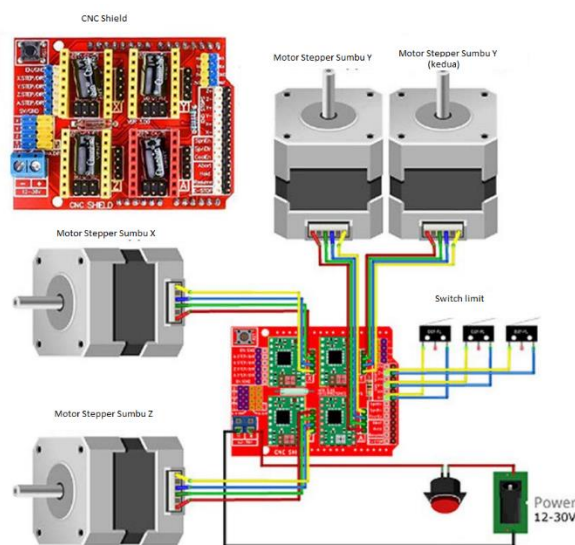
Gambar 7. *Ball screw*

Langkah berikutnya adalah pemasangan motor *stepper* pada salah satu ujung dari masing-masing *bolt screw*. Adapun motor *stepper* dipasangkan pada rangka alumunium dari mesin CNC sedangkan poros putar dari motor *stepper* digabungkan dengan *bolt screw* dengan menggunakan coupling. Adapun bentuk dari coupling ini sebagaimana pada gambar 6. Kesempurnaan pemasangan ini sangat berpengaruh pada kualitas dari penggunaan *software open source* GRBL.



Gambar 8. *Coupling*

Ketika motor *stepper* sudah terpasang pada mesin CNC, langkah berikutnya adalah menggabungkan motor *stepper* dengan *driver* motor *stepper* yang telah terpasang pada Arduino. Cara menggabungkan sumbu X,Y dan Z pada mesin CNC harus dicocokkan dengan perangkat motor *stepper* yang ada pada *CNC Shield*. Motor *stepper* yang berada pada sumbu X mesin CNC, digabungkan dengan driver motor *stepper* X yang ada pada *CNC Shield*. Begitu pula motor *stepper* yang berada pada sumbu Y mesin CNC, digabungkan dengan driver motor *stepper* Y yang ada pada *CNC Shield*. Begitu pula motor *stepper* yang berada pada sumbu Z mesin CNC, digabungkan dengan driver motor *stepper* Z yang ada pada *CNC Shield*. Susunan rangkaian elektroniknya sebagaimana tertera pada gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian elektronik untuk mengontrol CNC

Program GRBL perlu di-*install* pada Arduino Uno. Setelah di-*install* pada Arduino Uno pada komputer, langkah berikutnya adalah memasang library GRBL ke arduino, baru setelah itu GRBL di *install* pada *hardware* Arduino. Setelah *hardware* Arduino Uno dipasang CNC *Shield* berikut driver motor *stepper*, dan digabungkan dengan motor *stepper* yang telah terhubung dengan rangka mesin CNC, maka langkah selanjutnya adalah mengirimkan GCODE dengan menggunakan GCODESender. Jika pada GCODEsender dikirim dengan lambang "\$", maka akan muncul settingan yang sedang aktif yang ada pada GRBL.

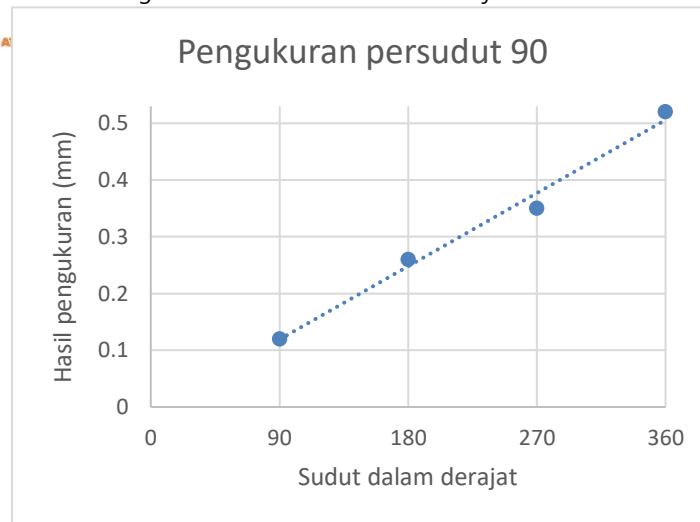
Mesin CNC dapat digerakkan dengan menggunakan GCODESender searah sumbu X,Y maupun Z. Untuk gerakan ini, yang diperlukan adalah bagaimana menjaga agar apa yang diinputkan ke mesin CNC hasilnya akan seperti yang diharapkan. Sebagai contoh jika sumbu X diperintah untuk digerakkan sejauh 1 mm, maka gerakan searah sumbu X mesin CNC akan bergerak sejauh 1 mm. Pengujian gerakan ini dilakukan dengan menggunakan *dialgate* untuk mengetahui kesamaan antara yang diperintahkan dengan hasilnya. Ada beberapa kriteria untuk menguji kehandalan dari *software* GRBL ini, yaitu, untuk gerak lurus, dan untuk gerakan melingkar baik melingkar pada bidang XY, XZ maupun YZ.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengecek kehandalan dari mesin CNC ini dilakukan dengan mengecek gerakan mesin CNC dengan gerakan yang direncanakan dengan GRBL. Gerakan yang diperintahkan ini oleh GRBL harus sesuai dengan gerakan yang terjadi. Kemudian gerakan ini dibalik untuk mengetahui backlash yang ditimbulkan dari menggunakan mesin GRBL ini. Ketelitian gerakan dari mesin CNC ini dengan menggunakan backlash ini akan menentukan ketelitian dalam jarak. Pengecekan gerakan ini dilakukan dengan menggunakan *dialgauge*.

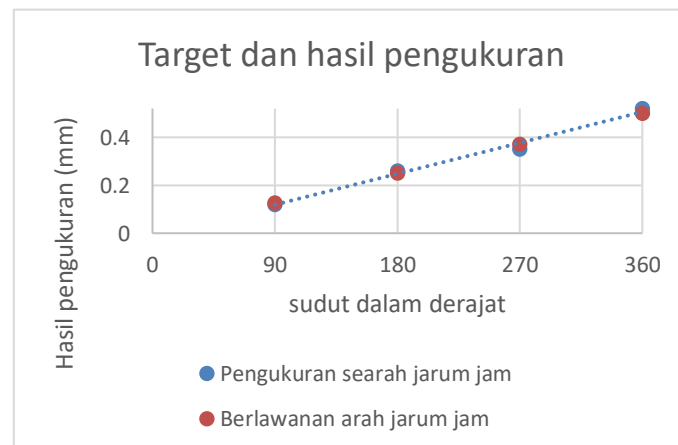
Adapun dalam percobaan ini menggunakan motor *stepper* dengan 200 langkah per satu putaran serta menggunakan *ball screw* untuk satu putarannya. Langkah pertama adalah mengukur gerakan linier *ball screw* untuk perputaran hingga dalam jarak 1 mm. Untuk pertama ini dilakukan tanpa digerakkan dengan menggunakan motor *stepper*. Kemudian diukur dalam setiap satu putaran, kemudian putaran dibalik dan diukur posisi dari gerakan linear *ball screw*. Setelah itu baru diukur dengan menggunakan motor *stepper*, gerakan motor *stepper* yang dilakukan dengan menggunakan GRBL untuk gerakan persatu milimeter dengan menggunakan GCODE

Grafik pada gambar 10 menunjukkan uji ketelitian dari gerakan mesin CNC yang menggunakan *ball screw*. Untuk menguji ketelitian *ball screw*, *ball screw* diputar per 90 derajat, kemudian diukur berapa pergeseran translasi dari *ball nut* nya. Grafik menunjukkan bahwa ketelitian dari *ball screw* adalah 0.02 mm. Pengukuran ini dilakukan dengan bantuan *dialgate*.



Gambar 10. Hasil Pergerakan *ball screw* dalam satu putaran

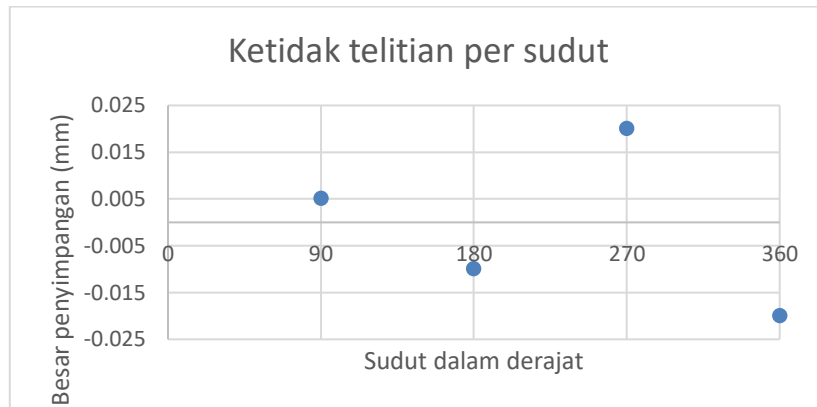
Gambar 11 menunjukkan *backslash* yang terjadi, pengukuran *backslash* dari *ball screw* ini dilakukan per 90 derajat, dengan cara memutar *ball screw* searah jarum jam, kemudian dikembalikan sesuai sudut semula dengan arah berlawanan arah dengan jarum jam. Dari hasil pengukuran ini diperoleh harga *backslash* 0.01mm.



Gambar 11. Hasil pergerakan maju dan mundur dari *ball screw* dalam satu putaran

Grafik pada gambar 12 memperlihatkan hasil pergerakan poros *ball screw* searah dan berlawanan arah jarum jam menunjukkan bahwa besarnya *backslach* ditambah dengan ketidakteelitian dari *ball screw* sekitar 0.02 mm.

Pada grafik yang diungkapkan pada gambar 13 memperlihatkan besar penyimpangan antara target yang dikontrol dengan GRBL dengan target aktual yang merupakan pergeseran yang diukur dengan menggunakan *dialgate*.



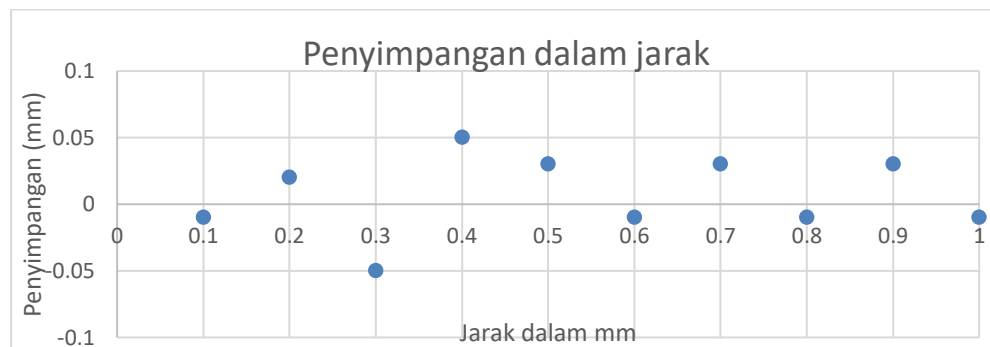
Gambar 12. Besar penyimpangan persudut dalam satuan mm

Dari hasil ini, nampak bahwa pergeseran terjadi ketika pengukuran antara yang dikontrol dengan GRBL dengan *actual* yang dikeluarkan oleh *ball screw*. Adapun hasil dari pengukuran ini menunjukkan bahwa penyimpangan yang terjadi sebanding dengan dengan ketelitian dari *ball screw*. Dari grafik pada gambar 13, dapat disimpulkan bahwa perbedaan ini lebih dipengaruhi oleh ketelitian *ball screw*, dibandingkan dari kesalahan dari *software open source* GRBL.



Gambar 13. Target jarak yang diinginkan dari GRBL vs Hasil jarak aktual yang didapatkan

Gambar 14 menunjukkan *error* yang terjadi ketika target tidak memenuhi sasaran. Adapun kesalahan yang terbesar sebesar 0.05 mm, sekitar 50 micron milimeter. Target jarak ditentukan dengan menggunakan *software* GRBL yang datanya dikirim dengan menggunakan GcodeSender. Target jarak dalam kondisi tanpa beban. Ketidaktelitian ini bisa ditentukan dengan 2 hal, yaitu karena kesalahan pada *ballscrew* atau kesalahan pada *software open source*.



Gambar 14. Penyimpangan dalam jarak

Ketelitian yang cukup tinggi ini tentu akan diminati industri manufaktur yang berbasis pada terwujudnya produk dengan ketelitian tinggi. Sedang untuk IKM kerajinan akan menikmati mesin CNC yang menggunakan *open source* ini dikarenakan biaya pembuatan yang terjangkau.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Software Open source untuk penggerak mesin CNC GRBL dapat digunakan sebagai *software* pengontrol mesin CNC dengan ketelitian yang sang tinggi. Untuk ketelitian *ball screw* sebesar 0.020 mm, yang lebih mempengaruhi *error* dari CNC adalah ketelitian dari *ball screw* dibandingkan dengan pengaruh dari software GRBL untuk mengontrol motor *stepper* dengan 200 pulsa/putaran. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *software open source* GRBL ini sangat cocok digunakan sebagai pengontrol mesin CNC. IKM kerajinan akan merasakan manfaat dari mesin CNC yang dikontrol dengan *open source* ini, selain biayanya murah untuk mewujudkan peralatan CNC ini, juga komponen-komponennya mudah didapatkan.

Saran

Perlu sosialisasi yang lebih serius terhadap penggunaan *software opensource* untuk CNC ini, baik melalui training, buku-buku atau video tutorial. Selain itu diperlukan pula pendampingan terhadap implementasinya di IKM, karena bisa jadi teknologi kontrol dan desain CNC seperti ini belum terimplementasi di IKM.

DAFTAR PUSTAKA

- GcodeSender*. (2020, september 2). Retrieved from <https://github.com/chasecrom/gcodesender.py>
- GRBL Command*. (2019, September 1). Retrieved from <https://www.cnc4fun.com>
- GRBL Setting*. (2019, September 1). Retrieved from <http://www.diy machining.com/>
- Jayachandraiah, B., Krishna, O. V., Khan, P. A., & Reddy, R. A. (2014). Fabrication of Low Cost 3-Axis CNC Router. *International Journal of Engineering Science Invention*, 1-10.
- Rajput, R., & Sarathe, A. k. (2016). Comparative study of CNC controllers used in CNC milling machine. *American Journal of Engineering Research*, 54-62.

- Shahid, M. T., Khan, M. A., & Khan, M. Z. (2019). Design and Development of a Computer Numeric Controlled 3D Printer Laser Cutter and 2D Plotter all in one machine. *16th International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technology (IBCAST)*, (pp. 569-575).
- Wanggara, A., Andree, Moris, Simatupang, P. G., & Azmi, F. (2020). Design of CNC Engraving 3 Axis Machine Based On Arduino Uno Using GRBL Software. *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 11-17.

LEMBAR TANYA JAWAB

Judul Naskah : **Pemanfaatan Teknologi Open Source Untuk Meningkatkan Mutu Produk Industri Kerajinan**

Moderator : **Isnaini BBKB**

Notulen : **Tika S. BBKB**

1. Penanya : Isnaini_BBKB

Pertanyaan : Dibandingkan dengan *software-software* yang tidak open source, apa kelebihan open source selain gratis?

Jawaban : *Software* berbayar karena ada biaya maintenance. Kalau open source tidak berbayar karena tidak ada biaya pada maintenance. Di Indonesia harus banyak menggunakan open source karena mencerdaskan dan yang kedua temannya banyak sehingga bisa bertanya melalui internet. Jika ada kendala pada open source, kita bisa sharing dengan orang lain, kebetulan di Bandung sudah banyak pengguna open source. Open source ini bagus karena begitu *software* dibuka, kita bisa ikut mengembangkannya.

2. Penanya : Henry Dwi Prihartanto_Metsi UGM

Pertanyaan : Untuk biaya *hardware* dan *software* kira-kira berapa? apakah saat ini mesin tersebut sudah diterapkan pada IKM ?

Jawaban : Harga sangat variatif, harga bisa murah atau mahal tergantung dari ketelitian, yang kedua dari ukuran. Kalau ukuran pendek itu 2 juta sudah jadi, ada juga yang 500 ribu. Mesin belum digunakan sampai saat ini karena teman-teman kita belum bisa untuk memberikan pembelajaran dan ilmunya masih untuk diri sendiri, jadi harus dirubah kita perlu membuat asosiasi dari Kemenperin agar bisa segera diterapkan di IKM.

3. Penanya : Zohanto_BBKB

Pertanyaan : Sudah adakah *software* yang open source untuk menghubungkan ke IOT?

Jawaban : Sudah ada, menggunakan web GRBL atau CNC jadi bisa dijalankan melalui web.