

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Penelitian Terdahulu

Hasil Penelitian Diki Muhammad Sobirin (2020) tentang Perancangan Sistem Multi *Computer Numerical Control* (CNC) Untuk *Plotter* Dan *Laser Engraving*, menunjukkan tujuan dari penelitian ini adalah membuat CNC yang memiliki dua fungsi dalam satu sistem serta dioperasikan dalam satu *interface*. Dengan memanfaatkan USB serial untuk komunikasi antara komputer dan mikrokontroler. Program untuk mengoperasikan CNC dirancang dengan menggunakan perangkat lunak LabVIEW, program akan mengkonversi gambar menjadi *G-Code* dan mengirim *G-Code* ke dalam sistem CNC untuk melakukan proses *plotter* atau *laser engraving*. CNC *Plotter* dapat membuat sebuah pola gambar pada kertas dengan bolpoin secara otomatis. Sementara itu, CNC *Laser Engraving* dapat membuat sebuah gravir pada kayu dengan memanfaatkan panas laser berdaya 500 mw, panas laser akan mengikis permukaan kayu secara otomatis. Dalam merancang multi CNC dua buah *motor stepper* digunakan sebagai akuator penggerak sumbu, dan motor servo sebagai penggerak bolpoin. Berdasarkan hasil pengujian, program pada LabVIEW dapat mengoperasikan sistem multi CNC dalam satu *interface*. CNC *laser engraving* dapat melakukan proses gravir pada kayu, serta dapat mengatur ketebalan gravir sesuai dengan kebutuhan. Selain itu, CNC *Plotter* dapat mencetak sebuah gambar bidang berbentuk kotak dengan ukuran terkecil 2 mm x 2 mm, dan lingkaran dengan

diameter terkecil 2 mm dengan tingkat keberhasilan 100%. Maksimal dimensi gambar yang dapat dikerjakan *Multi CNC* ini 300 mm x 300 mm.

Hasil Penelitian Harist Fauzi (2018) tentang Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin *Laser Engraving* Dengan *Microcontroller* Arduino, Hasil data pengujian mesin *laser engraving* ini diperoleh dari beberapa tahap pengujian terhadap parameter yang sudah ditentukan seperti jarak laser, daya laser dan kecepatan gerak laser, guna mencari nilai parameter yang tepat untuk suatu material yang akan di proses *engraving* menggunakan laser. Pengujian dengan parameter jarak laser ini dilakukan dengan jarak laser 45mm, 60mm dan 75 mm bertujuan untuk mencari jarak ideal, dengan melihat kestabilan hasil dan membandingkan data pengujian, diperoleh jarak ideal 75mm. Pengujian dengan parameter daya laser ini dilakukan dengan menyeting laser *option* pada *controller* Laser GRBL menggunakan nilai *S-Max* 105, 155, 205 dan 255. Dari analisis data hasil uji nilai ideal *S-Max* 255. Pengujian dengan parameter kecepatan gerak laser dilakukan dengan menyeting *speed* pada *controller* Laser GRBL menggunakan nilai *Border speed* 100, 200, 300 dan 400. Dari analisis data hasil uji nilai ideal *Border speed* 200. Hasil analisis data pengujian kinerja mesin *laser engraving*, sistem kontrol berjalan dengan baik dan akurat, serta didapat nilai parameter yang ideal dijadikan standar. Hasil *engraving* yang tidak rapi bisa terjadi karena ada beberapa faktor, seperti bahan yang diproses *engraving* tidak sesuai dengan jenis laser yang digunakan dan poros linier yang kotor membuat mesin *laser engraving* tidak bekerja maksimal.

Hasil Penelitian Ariawan Wahyu Pratomo (2020) tentang Prototipe Mesin CNC Diode *Laser Cutting* 5500 Miliwatt Untuk Pembuatan Produk Kreatif Bahan Akrilik. kemajuan teknologi manufaktur di industri kreatif mulai meninggalkan dominasi peran manusia ke sistem otomatis untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi. Mesin CNC laser merupakan mesin yang diprogram komputer digunakan untuk membuat suatu produk dengan cara memotong, menggores, dan mengukir. Secara umum orang berpendapat mesin CNC merupakan barang mahal. Tujuan penelitian ini untuk rancang bangun prototipe mesin CNC laser tipe diode untuk pembuatan produk kreatif bahan akrilik. Metode penelitian menggunakan tahapan merancang, membuat, dan menguji kinerja mesin CNC laser tipe diode. Mesin CNC laser dirancang semurah mungkin dengan meminimalisir komponen yang dibuat sendiri dan menggunakan komponen standar seperti rangka mesin menggunakan bahan aluminum *extrusion*, laser menggunakan jenis diode laser 5500 mWatt, motor *stepper* sebagai penggerak sumbu X, Y, dan Z. Software kontrol digunakan USB CNC *controller*. Software CAD digunakan *Aspire Vectric* dan *software* CAM digunakan GRBL dengan microprosesor Aduino Nano. Hasil penelitian sebuah prototipe mesin CNC diode Laser dengan dimensi 450×400×00 (mm); dimensi work area 300×200×35; bobot mesin 5 (kg). Kemampuan potong mesin CNC Laser tipe diode 5,5 watt pada akrilik hitam 3 (mm) dengan waktu rata-rata 0,5 mm/s hasil terbaiknya. Kemampuan mengukir mesin CNC laser bahan akrilik bening dengan penutup kertas warna gelap waktu pemesinan 10 (mm/s).

2.2.Laser Engraving

Laser Engraving adalah sebuah proses yang menggunakan sinar laser untuk mengikis atau membuang serpihan permukaan material sehingga tulisan atau gambar dapat tampak pada permukaan material yang di engraving menggunakan laser. Cara kerja dari mesin *laser engraving* mirip dengan *printer* yang digunakan dalam mencetak gambar atau tulisan, tetapi dengan mesin *laser engraving* tidak dapat menghasilkan warna dan hasil dari proses *laser engraving* sangat bergantung pada jenis material dan besar kekuatan dari sinar laser yang digunakan.

Pada *laser engraving* ini, menggunakan *microcontroller* berbasis Arduino Nano untuk sistem kontrolnya.. Arduino akan menerima *G-code* melalui komputer atau *remote controller* dan akan memberikan perintah aktuasi ke *driver motor stepper* dan laser modul. Dalam penggerak mesin *laser engraving* ini menggunakan motor *stepper* sebagai penggerak linier pada setiap sumbu axis. *Motor stepper* yang terhubung dengan poros ulir akan merubah putaran menjadi gerak linier dan sinar laser digunakan untuk mengukir objek yang memiliki daya bakar cukup tinggi untuk *engraving* di permukaan material seperti kertas, kayu, kulit, dan plastik.

2.3.Toleransi

Toleransi gambar teknik adalah dua batas penyimpangan yang masih diizinkan pada gambar. Artinya pada gambar Teknik terdapat ukuran dasar yang menjadi pokok gambar serta penyimpangan atau ukuran yang menjadi toleransi.

Setiap ukuran dasar harus diberi dua penyimpangan izin yaitu penyimpangan atas dan penyimpangan bawah. Perbedaan antara penyimpangan atas dan penyimpangan bawah adalah toleransi. Tujuan penting toleransi ini adalah agar benda kerja dapat diproduksi secara massal pada tempat yang berbeda dan tetap dapat memenuhi fungsinya, terutama fungsi mampu tukar, seperti pada suku cadang mesin otomotif yang diperdagangkan. (Yefri Chan, 2014)

Dalam toleransi terdapat juga jenis jenisnya, yaitu:

Toleransi Umum ialah toleransi yang mengikat beberapa ukuran dasar. Berikut disampaikan tabel toleransi umum yang standar pada gambar kerja kualitas toleransi umum dipilih antara teliti, sedang atau kasar. Yang paling sering dipilih adalah kualitas sedang (medium).

Tabel 2.1 Toleransi Umum

Ukuran Nominal (mm)	>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-2000
Penyimpangan yang Diizinkan	Teliti	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3
	Sedang	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±1,2
	Kasar	-	±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±3

Sumber: laskarteknik.co.id

Tabel 2.2 Toleransi Umum Chamfer

Ukuran Nominal (mm)	>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000
Penyimpangan yang Diizinkan	Teliti, Sedang	±0,2	±0,5	±1	±2	±4
	Kasar	±0,5	±1	±2	±4	±8

Sumber: laskarteknik.co.id

Tabel 2.3 Toleransi Umum Sudut

Panjang Sisi Terpendek (mm)	s.d. 10	>10-50	>50-120	>120-400
Penyimpangan yang Diizinkan	Dalam Derajat dan Menit	± 10'	±30'	± 20'
	Dalam mm tiap 100 mm	±1,8	±0,9	± 0,6

Sumber: laskarteknik.co.id

2.4.Suhu

Suhu menunjukkan derajat panas benda. Mudah-mudahan, semakin tinggi suhu suatu benda, semakin panas benda tersebut. Secara mikroskopis, suhu menunjukkan energi yang dimiliki oleh suatu benda. Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik itu dalam bentuk perpindahan maupun gerakan di tempat, getaran. Semakin tinggi energi atom-atom penyusun benda, makin tinggi suhu benda tersebut.

$$C : R : (F-32) = 5 : 4 : 9$$

$$K = C + 273$$

Karena dari Kelvin ke derajat Celsius, Kelvin dimulai dari 273 derajat, bukan dari -273 derajat. Dan derajat Celsius dimulai dari 0 derajat. Suhu Kelvin sama perbandingannya dengan derajat Celsius yaitu 5:5, maka dari itu, untuk mengubah suhu tersebut ke suhu yang lain, sebaiknya menggunakan atau mengubahnya ke derajat Celsius terlebih dahulu, karena jika kita menggunakan Kelvin akan lebih rumit untuk mengubahnya ke suhu yang lain. (Wikipedia.2021)

2.5.Kayu

Kayu adalah bagian batang atau cabang serta ranting tumbuhan yang mengeras karena mengalami lignifikasi (pengayuan). Kayu digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari memasak, membuat perabot (meja, kursi), bahan bangunan (pintu, jendela, rangka atap), bahan kertas, dan banyak lagi. Kayu juga dapat dimanfaatkan sebagai hiasan rumah tangga dan sebagainya. Penyebab

terbentuknya kayu adalah akibat akumulasi selulosa dan lignin pada dinding sel berbagai jaringan di batang.

Berikut beberapa jenis kayu, yaitu :

2.6.1. Kayu Jati

Jati adalah sejenis pohon penghasil kayu bermutu tinggi. Pohon besar, berbatang lurus, dapat tumbuh mencapai tinggi 50-70 m. Berdaun besar, yang luruh di musim kemarau. Jati dikenal dunia dengan nama teak (bahasa Inggris). Nama ini berasal dari kata thekku dalam bahasa Malayalam, bahasa di negara bagian Kerala di India selatan. Nama ilmiah jati adalah *Tectona grandis* L.f.

Tabel 2.4 Karakter Kayu Jati

<i>Family</i>	<i>Verbeneaceae</i>
Arsitektur pohon	Tinggi mencapai 30 m, panjang bebas cabang 10 – 20 m, diameter dapat mencapai 150 cm. Bentuk batang tidak teratur dan beralur
Warna kayu	Coklat agak muda sampai tua kehijau-hijauan
Tekstur	Agak kasar dan tidak merata
Berat jenis	0,82 n/m ³
Kadar Air	59%
Kelas awet	I-(II)
Kelas kuat	II

Sumber: www.kayu123.com

2.6.2. Kayu Durian

Kayu durian termasuk jenis kayu bersifat ringan, rapuh, serta memiliki tingkat keawetan dan kekuatan rendah. Kayu pohon durian sangat mudah diserang oleh rayap. Umumnya kayu durian dimanfaatkan untuk pembuatan peralatan rumah tangga, bahan pengemasan, dan juga konstruksi ringan karena mudah dipotong dan dibentuk. Tekstur kayu durian relatif kasar dan tidak merata

dengan arah serat lurus dan terkadang berpadu. Kayu pohon durian memiliki kesan raba permukaan licin

Tabel 2.5 Karakter Kayu Durian

<i>Family</i>	<i>Bombaceae</i>
Arsitektur pohon	Tinggi mencapai 30 m, panjang bebas cabang 15 – 30 m, diameter dapat mencapai 150 cm. Berbanir rendah. Kulit luar berwarna coklat sampai merah tua, kasar dan mengelupas tidak teratur.
Warna kayu	Kayu teras berwarna merah, merah jambu/coklat-merah. Kayu gubal berwarna putih dan dapat dibedakan dengan jelas dari kayu teras, tebal sampai 5 cm.
Tekstur	Kasar dan tidak merata
Berat jenis	0,91 n/m ³
Kadar Air	53%
Kelas awet	IV – V
Kelas kuat	II - III

Sumber: www.kayu123.com

2.6. Motor Stepper

Motor *Stepper* adalah motor DC permanen magnet (rotor magnet permanen dan stator berupa kumparan) yang dimodifikasi sedemikian agar dapat bergerak dengan gerakan yang bertahap dengan sudut perputaran yang kecil. Pergerakan dengan sudut putaran yang kecil dapat dirubah menjadi gerakan translasi yang presisi. Motor *stepper* ini digunakan untuk pergerakan sumbu x, dan sumbu y pada mesin laser engraver atau laser cutter.

Spesifikasi motor *stepper* sebagai berikut :

1. *Model Number* : 17HS1352
2. *Phase Number* : 2
3. *Operating Voltage* : 12 - 24 V
4. *Current* : 1.33 A

5. *Step Angle* : 1.8 Degree
6. *Resistance* : 2.1 ohm
7. *Inductance* : 2.5mH
8. *Radial Torque* : 2.5 kg.cm
9. *Shaft Diameter* : 5 mm
10. *Dimension* : 42 x 42 x 34 mm (L x W x D)



Gambar 2.1 *Motor Stepper*

Sumber : smart-prototyping.com

Pemilihan *stepper* motor sebagai aktuator atau penggerak dilakukan karena motor tersebut dapat dikendalikan dengan cukup mudah dan memiliki ketelitian yang tinggi.

2.7.Laser Diode

Kata laser merupakan singkatan dari Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation yang bisa diartikan sebagai mekanisme dari suatu alat yang memancarkan radiasi elektromagnetik melalui proses pancaran terstimulasi. Pengertian Laser Diode adalah komponen semikonduktor yang dapat menghasilkan radiasi koheren yang dapat dilihat oleh mata ataupun dalam bentuk spektrum infra merah. Yang dimaksud dengan Radiasi Koheren adalah radiasi

dimana semua gelombang berasal dari satu sumber yang sama dan berada pada frekuensi dan fasa yang sama. Radiasi elektromagnetik tersebut ada yang dapat dilihat oleh mata normal, ada juga yang tidak dapat dilihat.

Laser diode hanyalah salah satu jenis perangkat atau teknologi yang dapat menghasilkan sinar laser. Jenis lainnya yang dapat menghasilkan sinar laser diantaranya adalah *Solid state laser*, Laser Gas, *Laser Excimer* dan *Dye Laser*. Pada dasarnya, laser diode hampir sama dengan lampu LED yaitu dapat mengkonversi energi listrik menjadi energi cahaya, namun laser diode dapat menghasilkan sinar cahaya atau beam dengan Intensitas yang lebih tinggi. Berdasarkan cara kerjanya, laser diode dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu *Injection Laser Diode (ILD)* dan *Optically Pumped Semiconductor Laser*.

Optically Pumped Semiconductor Laser atau disingkat dengan OPSL ini menggunakan chip semikonduktor sebagai dasarnya, chip semikonduktor ini bekerja sebagai media penguat optik. Dioda laser yang terdapat didalamnya berfungsi sebagai sumber pompa. Terdapat beberapa Keuntungan dari diode laser jenis *Optically Pumped Semiconductor Laser* ini, terutama dalam pemilihan panjang gelombang (*wavelength*) dan mengurangi gangguan dari struktur elektroda internal.(Wikipedia.2021)

Spesifikasi laser diode sebagai berikut :

1. *Brand* : OEM
2. *Heatsink Material* : Alumunium
3. *Output Power* : 3000 mW (3W)
4. *Wavelength* : 445 nm (*Blue Laser*)

5. *Voltage* : DC 24 V
6. *Current* : 5A
7. *Life time* : 10,000 hour
8. *Can Engrave* : MDF, Paper, Wood, Plastic, Leather



Gambar 2.2 Laser Diode

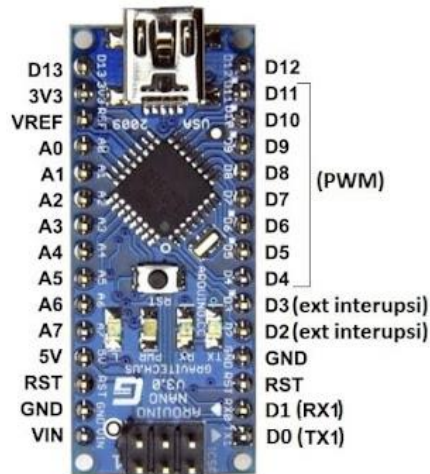
Sumber : alitools.io

Dalam penelitian rancang bangun mesin *laser engraving* ini pemilihan jenis laser menggunakan laser diode 3000mW 445NM dengan lensa yang dapat difokuskan. berdasarkan spesifikasi diatas memenuhi kriteria untuk mesin *laser engraving* material non metal.

2.8. *Microcontroller*

Microcontroller adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan dapat menyimpan program didalamnya. *Microcontroller* umumnya terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti *Analog-to-Digital Converter* (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Kelebihan utama dari *microcontroller* ialah

tersedianya RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga ukuran *board microcontroller* menjadi sangat ringkas.



Gambar 2.3 *Microcontroller*

Sumber : aldyrazor.com

Pemilihan Arduino nano sebagai *microcontroller* pada rancang bangun mesin *laser engraving*, karena Arduino nano sudah dilengkapi dengan beberapa fasilitas yang dapat digunakan berkomunikasi dengan komputer atau dengan *board microcontroller* lainnya. Arduino Nano mudah diprogram dengan menggunakan perangkat lunak Arduino IDE yang dilengkapi dengan *serial monitor* sehingga memungkinkan programmer untuk menampilkan data serial sederhana yang dapat dikirim atau diterima dari *board* Arduino Nano.

Spesifikasi Arduino nano sebagai berikut :

1. *Chip* mikrokontroler : Atmega328P
2. Tegangan operasi : 5V
3. Tegangan input : 7V – 12V

4. Digital I/O pin : 14 buah, 6 diantaranya PWM
5. Analog Input pin : 6 buah
6. Arus DC per pin I/O : 40 mA
7. Memori *Flash* : 32 KB, 0.5 KB telah digunakan untuk *bootloader*
8. SRAM : 2 KB
9. EEPROM : 1 KB
10. *Clock Speed* : 16 Mhz
11. *Dimension* : 45 mm x 18 mm

2.9.Shield Arduino

Shield dapat digunakan sebagai papan ekspansi untuk sistem kontrol mesin *laser engraving* dan dengan *controller* arduino nano. *shield* atau papan ekspansi ini memiliki tiga slot untuk modul penggerak *motor stepper*, dan setiap driver *motor stepper* hanya membutuhkan dua port I/O, artinya enam port I/O cukup untuk mengelola tiga *motor stepper*. Dengan menggunakan *shield keys* pada rancang bangun mesin *laser engraving*, mempermudah untuk menghubungkan modul lain seperti *limit switch* dan dapat menambahkan fitur atau fungsi khusus pada arduino.

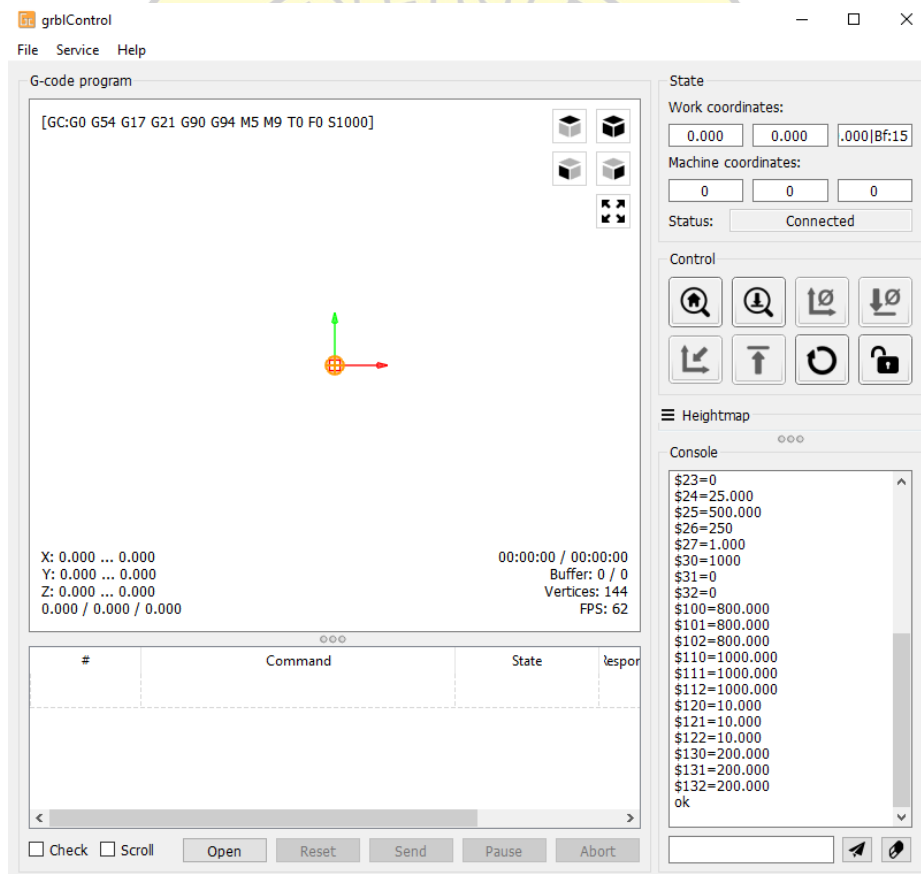


Gambar 2.4 *Shield* Arduino

Sumber : laborjag.com

2.10. Grbl Control

Grbl Control adalah software yang biasa digunakan pada mesin CNC untuk melakukan pengukiran dengan *import G-Code* melalui komputer. Grbl Control juga bisa digunakan untuk melakukan kalibrasi pada mesin CNC seperti arah sumbu, jarak sumbu, kecepatan sumbu, *spindle*, dan lain-lain. Biasanya untuk melakukan kalibrasi menggunakan *console* pada Grbl Control dengan *input* kode \$\$ untuk menampilkan menu - menu kalibrasi.



Gambar 2.5 Grbl Control

Sumber : Software Grbl Controller

Tabel 2.6 Kode Kalibrasi Grbl

Settings and sample values	Description
\$0	<u>Step pulse, microseconds</u>
\$1	<u>Step idle delay, milliseconds</u>
\$2	<u>Step port invert, mask</u>
\$3	<u>Direction port invert, mask</u>
\$4	<u>Step enable invert, boolean</u>
\$5	<u>Limit pins invert, boolean</u>
\$6	<u>Probe pin invert, boolean</u>
\$10	<u>Status report, mask</u>
\$11	<u>Junction deviation, mm</u>
\$12	<u>Arc tolerance, mm</u>
\$13	<u>Report inches, boolean</u>
\$20	<u>Soft limits, boolean</u>
\$21	<u>Hard limits, boolean</u>
\$22	<u>Homing cycle, boolean</u>
\$23	<u>Homing dir invert, mask</u>
\$24	<u>Homing feed, mm/min</u>
\$25	<u>Homing seek, mm/min</u>
\$26	<u>Homing debounce, milliseconds</u>
\$27	<u>Homing pull-off, mm</u>
\$30	<u>Max spindle speed, RPM</u>
\$31	<u>Min spindle speed, RPM</u>
\$32	<u>Laser mode, boolean</u>
\$100	<u>X steps/mm</u>
\$101	<u>Y steps/mm</u>
\$102	<u>Z steps/mm</u>
\$110	<u>X Max rate, mm/min</u>
\$111	<u>Y Max rate, mm/min</u>
\$112	<u>Z Max rate, mm/min</u>
\$120	<u>X Acceleration, mm/sec²</u>
\$121	<u>Y Acceleration, mm/sec²</u>
\$122	<u>Z Acceleration, mm/sec²</u>
\$130	<u>X Max travel, mm</u>
\$131	<u>Y Max travel, mm</u>
\$132	<u>Z Max travel, mm</u>

Sumber : github.com