

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Studi Literatur**

Studi Literatur dilakukan dengan cara pengumpulan data dari buku – buku dan jurnal – jurnal yang sudah ada yang akan digunakan sebagai penambahan referensi dalam pengembangan system yang akan dirancang.

- a. Pada jurnal “Rancang Bangun Mesin CNC Berbasis GRBL Kontroller” ditulis oleh Afdalul Azmi, Ramdhan Nugraha, Cahyantari, Ekaputri. Hasil dari jurnal tersebut menjelaskan bahwa : Industri kreatif saat ini banyak menggunakan mesin CNC (*Computer Numerical Control*) untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan akurasi produk. Sebagai contoh, mesin bubut/pemotong kayu yang menggunakan mesin CNC *Router* dengan bentuk dan ukuran tertentu, menghasilkan produk dengan tingkat ketelitian yang tinggi sehingga mampu bersaing dengan industri besar. Namun, harga mesin CNC *Router* masih terbilang mahal, baik untuk perangkat keras maupun perangkat lunak yang digunakan untuk mengoperasikan mesin tersebut. Karena itu, mesin CNC *Router* hanya digunakan oleh industri besar dan kurang diminati oleh industri menengah ke bawah. Hal ini membuat industri menengah ke bawah kalah bersaing dengan industri besar dalam hal efisiensi, kecepatan, dan ketepatan produksi. Oleh karena itu, diperlukan mesin CNC *Router* dengan harga yang lebih terjangkau untuk membantu industri kreatif menengah ke bawah bersaing dan meningkatkan hasil produksinya. Mesin CNC *Router* dirancang dengan *hardware* yang memiliki spesifikasi mirip dengan mesin CNC *Router* yang ada di pasaran, namun dengan harga yang lebih murah. Mesin ini menggunakan *software* pendukung *open source*, seperti *GRBL Controller*, untuk mendukung proses kerjanya.<sup>[5]</sup>
- b. Pada jurnal “Rancang Bangun CNC *Router* Kayu Menggunakan *Controller Mach 3*” ditulis oleh M Ade Riawan, Wiro K, Faiz Hamzah. Hasil dari jurnal tersebut menjelaskan bahwa Mesin CNC Mini yang digunakan sebagai alat ukir kayu memiliki tiga arah pergerakan yang dijalankan oleh motor DC *Stepper*, yaitu arah ke samping (kanan-kiri) yang dikontrol oleh motor DC *Stepper* samping, arah ke atas-bawah yang dikendalikan oleh motor DC

*Stepper* atas, dan arah maju-mundur yang diatur oleh motor DC *Stepper* pada meja kerja. Gerakan motor DC *Stepper* samping (kanan-kiri) diidentifikasi sebagai sumbu-x, gerakan motor DC *Stepper* atas (atas-bawah) diidentifikasi sebagai sumbu-z, dan gerakan motor DC *Stepper* pada meja kerja (maju-mundur) diidentifikasi sebagai sumbu-y. Sebagai alat ukir kayu otomatis, Mesin CNC Mini dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino yang telah diprogram untuk *input/output*.<sup>[6]</sup>

- c. Pada jurnal “Rancang Bangun Mesin CNC Router” ditulis oleh Muhamad Yusril,dkk. Hasil dari jurnal tersebut menjelaskan bahwa Mesin CNC ini menggunakan perangkat lunak yang didasarkan pada program *Match3* untuk mengubah kontrol perangkat dan melakukan pengaturan informasi *port* dan tanda pada antarmuka agar dapat dibaca dengan akurat oleh aktuator melalui PC. Kerangka mekanis dan elektronik yang digunakan dalam mesin sakelar CNC telah diuji menggunakan bahan seperti akrilik, ACP, dan multipleks, dan telah dibuat sesuai dengan kerangka kontrol *Mach3* dalam program mesin. Pada ketiga sumbu, mesin ini memiliki tingkat akurasi sebesar 0,01 mm yang menggunakan *Wipro Dial Pointer* dengan presisi 0,01 mm.<sup>[7]</sup>

Pada Tabel 2.1 Parameter input, proses, dan output dari tinjauan pustaka diatas dan tugas akhir ini.

Tabel 2. 1 Parameter input, proses, dan output

No	Penelitian	Input	Proses	Output
1	Rancang dan Bangun Mesin CNC Berbasis GBRL kontroler	Program <i>numerical control(Gcode)</i>	Megirimkan <i>gcode</i> dengan <i>software</i> GRBL kontroler 3.6.1 pada komputer melalui kabel usb	3 Axis
2	Rancang Bangun CNC Router Kayu Menggunakan	Program <i>numerical control(Gcode)</i>	Megirimkan <i>gcode</i> dengan <i>software</i> <i>Controller</i> Mach 3 pada	3 Axis

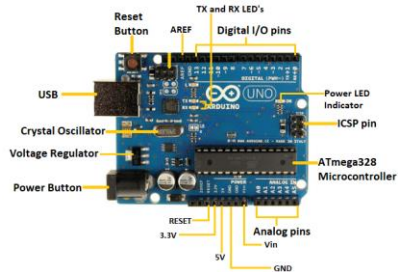
	<i>Controller Mach 3</i>		komputer melalui kabel usb	
3	Rancang Bangun Mesin CNC Router	Program <i>numerical control (Gcode)</i>	Menggunakan <i>software Mach3</i> pada komputer untuk mengirimkan program <i>gcode</i> dan mengontrol mesin cnc.	3 Axis
4	Rancang Bangun CNC Router 3 Axis Ukir Kayu untuk Kerajinan Kaligrafi Dikendalikan dengan Komputer	Program <i>numerical control (Gcode)</i>	Menggunakan aplikasi yang dibuat untuk membuat desain, <i>gcode</i> dan mengirimkan <i>gcode</i> dioperasikan dengan <i>smartphone</i> tanpa PC.	3 Axis

Pada penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa pengoperasian mesin CNC menggunakan PC. Perbandingan dari berbagai macam aspek ketiga jurnal yang telah dibahas sebelumnya. Setiap jurnal memiliki kelebihan masing – masing. Pada tugas akhir ini memiliki keunggulan yaitu pada pengoperasian dari PC ke mesin CNC menggunakan komunikasi *Bluetooth* HC – 05 dimana penggunaan *bluetooth* ini tidak perlu menggunakan kabel untuk menghubungkan Mesin CNC ke PC.

## 2.2 Komponen - Komponen Alat

Komponen elektrik merupakan bagian yang berfungsi memberikan tegangan listrik ke komponen mekanik supaya bergerak sesuai perintah *controller*, yaitu:

### 1. Mikrokontroler *Arduino UNO*



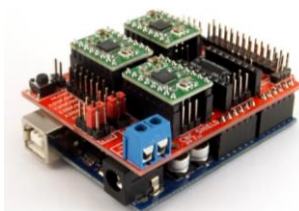
Gambar 2. 1 *Arduino UNO*<sup>[8]</sup>

*Arduino UNO* adalah suatu kontroler *mikro single-board* yang sumber terbukanya (*open-source*), yang didasarkan pada *platform wiring*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardwarenya dilengkapi dengan prosesor Atmel AVR dan softwarenya menggunakan bahasa pemrograman sendiri. Berbeda dengan *assembler* yang cenderung sulit, bahasa pemrograman yang digunakan dalam *Arduino* adalah bahasa C yang telah disederhanakan dengan adanya pustaka-pustaka (*libraries*) *Arduino*. *Arduino* menggunakan *Integrated Circuit (IC)* mikro ATmega328 yang memiliki 14 pin digital *input/output* (termasuk 6 pin yang dapat digunakan sebagai *output Pulse Width Modulation*), 6 *input analog*, dan sebuah tombol *reset*. *Arduino Uno* beroperasi dengan tegangan 5 Volt. Lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.2.<sup>[9]</sup>

Tabel 2. 2 Spesifikasi *Arduino Uno*<sup>[8]</sup>

Mikrokontroler	ATmega328
Jumlah Pin Digital I/O	14 (0 – 13)
Jumlah Pin PWM	6 (Pin 3,5,6,9,10,11)
<i>Operating Voltage</i>	1.8 – 5.5 V
<i>Temperature Range</i>	-40°C – 85°C
<i>Speed Grade</i>	0.4 MHz @ 1.8 – 5.5V
EEPROM	256/512/512/1K Bytes
<i>Internal SRAM</i>	512/1K/1K/2K Bytes
Memori Program ( <i>Flash</i> )	32 KB
Arus DC per pin I/O	20 mA

## 2. CNC Shield V3

Gambar 2. 2 *Arduino CNC Shield V3*<sup>[10]</sup>

CNC *shield V3* merupakan suatu modul elektronik yang terdiri dari beberapa rangkaian elektronika yang digunakan untuk mesin CNC. Fungsinya adalah sebagai modul yang akan dipasang pada mikrokontroler Arduino dan *driver A4988* untuk mengendalikan motor *stepper* pada sumbu X, Y, dan Z. CNC *shield* ini mempunyai tiga slot saluran untuk memasang modul *driver* motor *stepper A4988*. Selain itu, CNC *shield* juga mempunyai beberapa pin dan slot sebagai *input* dan *output* dari beberapa komponen seperti motor *stepper*, *limit endstop*, dan *emergency*. Program pengendalian CNC *shield* dilakukan melalui pengubah *G-code* menjadi gerak mekanis pada motor *stepper* yang terhubung pada CNC *shield*. Salah satu contohnya adalah menggunakan *software GRBL*.<sup>[2]</sup> Lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.3 mengenai spesifikasi CNC *Shield V3*.

Tabel 2. 3 Spesifikasi CNC Shield V3<sup>[10]</sup>

<i>Motor Voltage</i>	8V to 35V
<i>Logic Circuits Voltage</i>	3V to 5.5 V
<i>Current</i>	2A (Max)
<i>Five step resolutions</i>	Full, 1/2, 1/4, 1/8, and 1/16
<i>Protection</i>	<i>Under-voltage, over-current, over-temperature</i>

### 3. A4988 Stepper Motor Driver Module

Gambar 2. 3 Driver Motor A4988<sup>[11]</sup>

*Driver* motor IC A4988, seperti yang terlihat pada gambar 2.3 diatas, dipilih sebagai motor *driver* dalam desain ini karena memberikan efisiensi dan kemudahan penggunaan pin arduino. Sebagai motor *driver*, IC A4988 membutuhkan jumlah pin arduino yang sedikit untuk mengontrolnya, yang sangat menguntungkan mengingat setiap motor *stepper bipolar* memiliki 4 kabel. IC A4988 juga mudah digunakan karena hanya memerlukan dua *input* masukan, yaitu DIR dan STEP. Fungsi DIR adalah untuk mengatur arah putaran motor *stepper*, apakah searah atau berlawanan arah jarum jam, sementara fungsi STEP digunakan untuk mengatur kecepatan motor *stepper* dengan memberikan sinyal *HIGH* dan *LOW* secara bergantian.<sup>[2]</sup> Lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.4 mengenai spesifikasi Motor Driver A4988.

Tabel 2. 4 Spesifikasi A4988 Stepper Motor Driver Module<sup>[11]</sup>

<i>Max. Operating Voltage</i>	35V
<i>Min. Operating Voltage</i>	8V
<i>Max. Current Per Phase</i>	2A
<i>Microstep resolution</i>	Full step, 1/2 step, 1/4 step, 1/8 step, 1/16 step
<i>Reverse voltage protection</i>	No
<i>Dimensions</i>	15.5 x 20.5 mm (0.6" x 0.8")
<i>Short – to – ground and shorted – load protection</i>	
<i>Low RDS (ON) outputs</i>	
<i>Thermal shutdown circuitry</i>	

#### 4. Modul Bluetooth HC – 05

Gambar 2. 4 Bluetooth HC – 05<sup>[12]</sup>

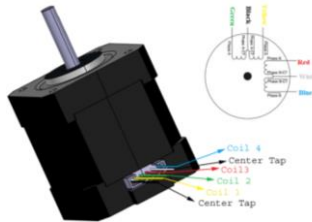
*Bluetooth* adalah sebuah standar komunikasi nirkabel yang bekerja pada frekuensi radio 2.4 GHz untuk mengirim dan menerima data antara perangkat *mobile* seperti laptop, ponsel, PDA, dan lain sebagainya. Salah satu contoh modul *Bluetooth* yang populer adalah *HC-05*. *HC-05* adalah modul *Bluetooth* yang biasanya tersedia dengan harga terjangkau. Modul *Bluetooth HC-05* memiliki 6 pin konektor, dan setiap pin memiliki fungsi yang berbeda. Untuk modul *Bluetooth HC-05*, diperlukan pasokan tegangan 3,3 V yang dihubungkan ke pin 12 sebagai VCC. Pin 1 pada modul berfungsi sebagai pemancar sinyal, sementara pin 2 berfungsi sebagai penerima sinyal.<sup>[13]</sup> Lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.5 mengenai spesifikasi *Bluetooth HC – 05*.

Tabel 2. 5 Spesifikasi *Bluetooth HC – 05*<sup>[12]</sup>

<i>Hardware Features</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Typical -80dBm sensitivity</i></li> <li>• <i>Up to +4dBm RF transmit power</i></li> <li>• <i>Low Power 1.8V Operation 1.8 to 3.6V I/O</i></li> <li>• <i>PIO Control</i></li> <li>• <i>UART interface with programmable baud rate</i></li> <li>• <i>With integrated antenna</i></li> <li>• <i>With edge connector</i></li> </ul>
<i>Software Features</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Default Baud rate: 38400, Data bits:8, Stop bit:1,Parity:No parity, Data control: has. Supported baud rate: 9600,19200,38400,57600,115200,230400,460800.</i></li> <li>• <i>Given a rising pulse in PIO0, device will be disconnected.</i></li> <li>• <i>Status instruction port PIO1: low-disconnected, high-connected;</i></li> <li>• <i>PIO10 and PIO11 can be connected to red and blue led separately. When master and slave are paired, red and blue led blinks 1time/2s in interval, while disconnected only blue led blinks 2times/s.</i></li> <li>• <i>Auto-connect to the last device on power as default.</i></li> <li>• <i>Permit pairing device to connect as default.</i></li> <li>• <i>Auto-pairing PINCODE: "0000" as default</i></li> <li>• <i>Auto-reconnect in 30 min when disconnected as a result of beyond the range of connection.</i></li> </ul>



## 5. Motor *Stepper*



Gambar 2. 5 NEMA 17 *Stepper Motor Pinout*<sup>[14]</sup>

Motor *stepper* adalah sebuah perangkat elektromekanis yang mengubah pulsa elektronik menjadi gerakan mekanis diskrit. Gerakan motor *stepper* tergantung pada urutan pulsa yang diberikan, sehingga diperlukan pengendali khusus untuk menggerakkannya dengan pulsa-pulsa periodik. Penggunaan motor *stepper* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan motor DC konvensional. Keunggulan tersebut antara lain sudut rotasi motor *stepper* proporsional dengan pulsa masukan, torsi penuh yang diberikan saat motor mulai bergerak, kemampuan menentukan posisi dan pergerakan secara presisi, dan lain sebagainya. Motor *stepper* Nema 17 merupakan jenis motor *stepper* hibrid dan bipolar. Motor ini memiliki ukuran *end face* sebesar 1,7 inci x 1,7 inci. Tersedia dalam varian poros tunggal dan ganda dengan sudut langkah 1,8° hingga 0,9°. Bentuk porosnya bulat dan dapat disesuaikan. Tegangan penggerakannya berkisar antara 12 hingga 24V, dan kecepatan maksimumnya bisa mencapai 2000 rpm. Motor *stepper* ini banyak digunakan pada printer 3D, mesin ukiran, mesin pemotong film, dan berbagai aplikasi lainnya.

Pada motor *stepper*, terdapat berbagai pilihan mode step yang dapat disesuaikan sesuai kebutuhan. Mode *step* yang tersedia meliputi *full step*, *half step*, dan *microstep*. Untuk keperluan yang membutuhkan perubahan sudut dan ketelitian yang sangat halus, atau untuk mencapai gerakan motor yang halus, dapat menggunakan mode *microstep*. Mode ini membagi sudut 1,8° (*full step*) menjadi 32 langkah, sehingga setiap langkahnya memiliki sudut 0,05625° pada mode *microstep*.<sup>[15]</sup> Lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.6 mengenai spesifikasi motor *stepper* NEMA 17.

Tabel 2. 6 Spesifikasi NEMA 17 Stepper Motor<sup>[14]</sup>

<i>Rated Voltage</i>	12 VDC
<i>Current</i>	1.2A at 4V
<i>Step Angel</i>	1.8 deg
<i>No. of Phases</i>	4
<i>Motor Length</i>	1.54 inches
<i>Operating Temperture</i>	-10 to 40°C
<i>Unipolar Holding Torque</i>	22.2 oz – in
4 – wire, 8 inch lead	
200 steps per revolution, 1.8 degrees	

## 6. Motor DC Spindle

Gambar 2. 6 Motor DC Spindle<sup>[16]</sup>

Motor DC *spindle* pada mesin CNC router memiliki fungsi untuk mengatur putaran dan pergerakan cutter pada sumbu Z, yang kemudian digerakkan oleh motor dengan sistem transmisi *belting* atau kopling. Motor *spindle* pada mesin CNC *router* memiliki bentuk yang berbeda-beda tergantung pada jenis mesinnya. Namun, motor *spindle* tetap menjadi bagian yang sangat penting pada mesin CNC *router* karena spindle inilah yang akan langsung berinteraksi dengan benda kerja. Oleh karena itu, untuk merancang mesin CNC *router*, *tool* yang digunakan adalah Spindle Motor + ER11 *Collet* dengan kecepatan putaran 4.000-12.000 rpm dan daya sebesar 775 Watt.<sup>[17]</sup> Lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.7 mengenai spesifikasi motor DC *Spindle*.

Tabel 2. 7 Spesifikasi Motor DC *Spindle*<sup>[16]</sup>

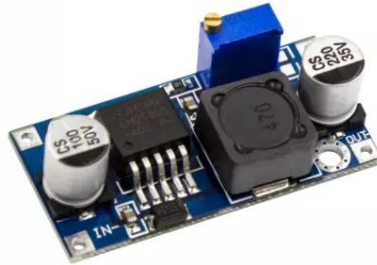
<i>Speed Range</i>	15.000 – 60.000 rpm
<i>Torque (S1 – 100%)</i>	0.25 N-m [2.2 in-lb]
<i>Power (S1 – 100%)</i>	1.2 kW [1.6 hp] at 60.000 rpm
<i>Frequency Range</i>	250 to 1000 Hz
<i>Voltage Range</i>	64 to 182 VAC
<i>Maximum Amperage</i>	4.8 amps at full torque (S1 – 100%)
<i>Motor Type</i>	AC asynchronous, 2 – pole, 3 – phase induction motor

## 7. Power Supply



Gambar 2. 7 Power Supply

*Power supply* adalah sebuah kotak yang berisi kabel-kabel untuk mengalirkan tegangan ke perangkat keras lainnya. Biasanya perangkat keras ini terletak di bagian dalam *casing* komputer. *Input* yang digunakan adalah arus bolak-balik (AC), sehingga *power supply* harus mengubahnya menjadi arus searah (DC). Daya yang dapat ditangani oleh *power supply* diukur dengan satuan *Watt* dan besarnya ditentukan oleh kemampuan daya listriknya. Fungsinya adalah sebagai sumber tegangan listrik langsung untuk komponen-komponen dalam *casing computer*. Fungsi *power supply* juga mencakup pengubahan tegangan dari AC menjadi DC, karena perangkat keras komputer hanya dapat bekerja dengan arus DC. *Power supply* yang digunakan dalam tugas akhir ini memiliki daya 480 watt dan spesifikasi *input* 5-11 V DC atau 12-110 V AC, serta memiliki *duty cycle* PWM *input* 0% - 93% dan 3 *channel* pada masing-masing V+ dan V- dengan *output* 48V 10A. Dapat dilihat pada Gambar 2.7.<sup>[9]</sup>

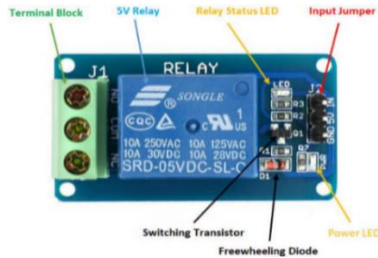
8. Modul *Stepdown*Gambar 2. 8 Modul *Stepdown*<sup>[18]</sup>

Tegangan masukan (*input voltage*) dapat dialiri tegangan berapa pun antara 3 Volt hingga 40 Volt DC, yang akan diubah menjadi tegangan yang lebih rendah di antara 1,5 Volt hingga 35 Volt DC. Modul *step-down* LM2596 merupakan komponen tambahan yang diperlukan SIM800L yang berfungsi sebagai penurun tegangan dari Arduino.<sup>[19]</sup> Lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.8 mengenai spesifikasi modul *stepdown*

Tabel 2. 8 Spesifikasi *Stepdown*<sup>[18]</sup>

<b>Rating</b>	<b>Value</b>
<i>Maximun Supply Voltage</i>	45 V
<i>SD/SS Input Voltage</i>	6 V
<i>Delay Pin Voltage</i>	1.5 V
<i>Flag Pin Voltage</i>	45 V
<i>Feedback Pin Voltage</i>	25 V
<i>Output Voltage to Ground</i>	-1 V
<i>Storage Temperature</i>	-65 to 150 °C

## 9. Relay 5 V



Gambar 2. 9 Modul Relay 5 V<sup>[20]</sup>

Relay merupakan perangkat elektromekanis yang menggunakan arus listrik untuk mengontrol pembukaan atau penutupan kontak sakelar. Modul relai saluran tunggal memiliki fitur yang melampaui fungsi relai konvensional. Modul ini terdiri dari komponen yang memudahkan pengalihan dan penyambungan sirkuit, serta berperan sebagai indikator untuk menunjukkan apakah modul tersebut sedang mendapatkan daya dan apakah relai aktif atau tidak. Selain itu, modul relai saluran tunggal tidak hanya sekadar relai biasa, tetapi juga mengandung komponen yang mempermudah peralihan dan penyambungan sirkuit, serta berfungsi sebagai penunjuk untuk menampilkan status daya dan aktivitas relai. Salah satu komponen penting dalam modul ini adalah blok terminal sekrup. Blok terminal ini berfungsi sebagai titik kontak untuk arus listrik, sehingga memerlukan koneksi yang andal. Dengan adanya terminal sekrup, kabel listrik yang tebal dapat terhubung dengan mudah, yang mungkin sulit untuk dihubungkan secara langsung melalui soldering. Blok terminal ini memiliki tiga koneksi yang terhubung ke terminal relai, masing-masing berfungsi sebagai terminal terbuka, terminal terhubung, dan terminal umum.<sup>[20]</sup> Lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.9 mengenai spesifikasi relay.

Tabel 2. 9 Spesifikasi *Relay*<sup>[20]</sup>

<i>Supply Voltage</i>	3.75 to 6 V
<i>Quiescent Current</i>	2 mA
<i>Current when the relay is active</i>	70 mA
<i>Relay maximum contact voltage</i>	250 VAC or 30 VDC
<i>Relay maximum current</i>	10 A