

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

*3D Printing* tipe delta merupakan printer 3D dengan tiga tiang vertikal membentuk segitiga, dengan motor stepper sebagai penggerak yang dihubungkan melalui *pulley*. *Print head* dari printer ini menggantung pada lengan batang yang disambungkan pada tiap tiang, mekanisme gerak lengan dan penentuan posisi *print head* diatur menggunakan software dan fungsi trigonometri.

(Charless Bell Xy, t.t., hlm. 39) dalam bukunya menjelaskan bahwa, Cartesian dan delta menggunakan perangkat keras yang sama. Perbedaannya terdapat pada bagaimana sumbu disusun, *build plate* yang berbentuk bundar dan *delta arms* berupa bingkai dengan bentuk segitiga. Pada bukunya dijelaskan bahwa, tidak semua printer delta memiliki bentuk seperti itu, dan desain awal berbentuk persegi panjang. Tetapi semua desain printer delta memiliki susunan sumbu yang sama, sehingga memungkinkan printer itu memiliki gerak yang bervariasi tergantung objek yang dibuat.

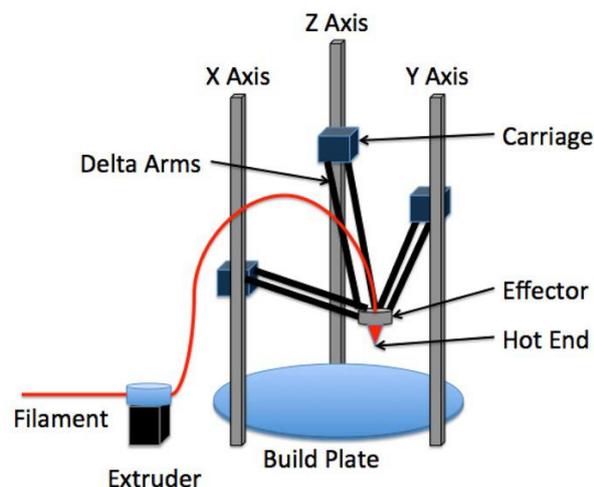
Printer ini memposisikan *effector* menggunakan data dari *firmware*. Dalam hal ini persamaan trigonometri difungsikan untuk mempermudah mengingat sumbu dan lengan delta. Dengan ini dapat memindahkan posisi *effektor* dari sisi satu kesisi yang lainnya. Sisi miring selalu sama panjang lengan delta, dalam menghitung gerakan printer delta menggunakan rumus untuk menghitung sisi-sisi segitiga siku-siku menggunakan jumlah kuadrat.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Mesin 3D Printing tipe Delta

Robot Delta ditemukan pada awal 1980-an untuk memanipulasi benda-benda kecil dan ringan dan cukup serbaguna. Printer gaya Delta menggunakan pendekatan yang sangat berbeda untuk menggerakkan *effector* sesuai titik koordinat yang ditentukan. Ada tiga tiang dengan rel vertikal panjang, masing-masing terdapat lengan yang terhubung ke *effector*. Lengan-lengan ini bergerak ke atas dan ke bawah secara *independen* melalui *carriage* yang menghubungkan *effector* dan menjaganya agar tetap terletak di seluruh cetakan. Printer Delta memiliki keuntungan dalam kemampuan untuk membuat objek lebih tinggi karena ketinggian printer dan lengan yang tinggi.

Printer ini disebut printer Delta Robot, karena alat ini merupakan jenis Delta robot yang memiliki tiga derajat kebebasan, dengan pergerakan dari sumbu xyz. Kemudian *platform* ditengah mengontrol rotasi dalam melakukan pergerakan atau rotasi tunggal sekitar sumbu tegak lurus dari *effector*. Sehingga Delta robot menjadi satu rangkian seperti cakar dengan *effector* tempat proses *extruder* FDM dan print-nozzle. (Robert L. Williams, 2016)



**Gambar 2.1 Anatomy of a delta printer**

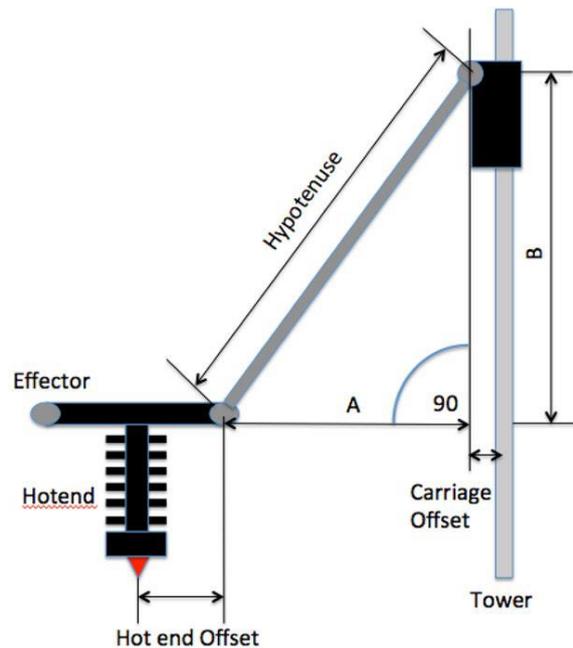
Sumber : (Charles bell)

Gambar diatas merupakan komponen utama dari mesin 3d *prinitng* tipe delta dengan fungsinya sebagai berikut:

- **Extruder:** juga disebut *cold end*, fungsinya mengantarkan filamen menuju *nozzle heater*
- **Build plate:** bed atau bidang kerja proses printer. Beberapa mesin 3d menggunakan bed dengan pemanas
- **Sumbu:** disusun secara vertikal dan label berlawanan arah jarum jam sebagai X, Y dan Z.
- **Carriage:** sebagai pendorong lengan dengan gerak keatas kebawah secara vertikal bergerak melalui *pulley*.
- **Effector:** terhubung dengan lengan yang bergerak melalui derajat kebebasan XYZ dan tempat *nozzle heater*
- **Lengan Delta:** tiga lengan yang terhubung pada *carriage* dan *effector* yang bergerak sesuai derjat kebebasan XYZ.
- **Hot end:** pemanas khusus yang memanaskan *nozzle* untuk mencair (*glassing*) filamen untuk ekstrusi.

## 2.2.2 Geometri Delta

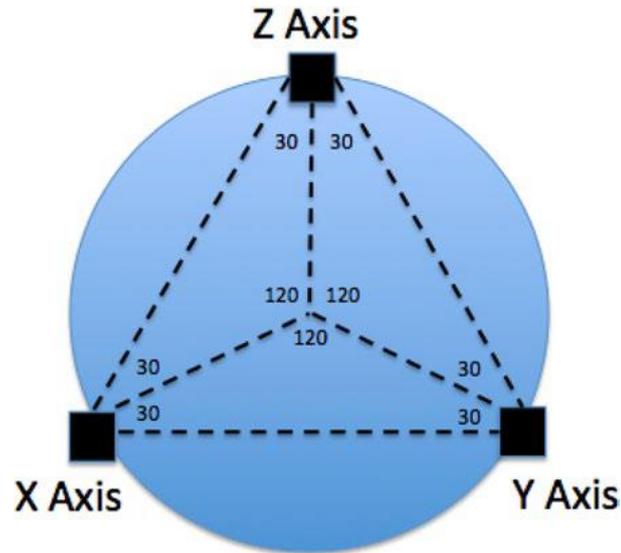
Ketika sumbu bergerak naik turun maka *carriage* juga vertikal mengikuti pergerakan sumbu. kombinasi dari lengan delta, *efektor* dan sumbu gerakan membentuk segitiga siku, seperti yang ditunjukkan di gambar 2-2. Bahwa lengan delta membentuk sisi miring segitiga siku, dibentuk oleh sumbu vertikal, dan garis imajiner ditarik dari poros ke *effektor*.



Gambar 2.2 Delta Geometry

Terdapat dua *offset* dalam menentukan sisi siku dari pergerakan lengan ke titik sumbu. Jarak dari pusat gerakan sumbu ke titik sambungan lengan pada *carriage*, jarak pendek yang diukur dari titik sambungan lengan pada *effektor* ke nozzle. Sehingga dalam menentukan perhitungan pada lengan harus mempertimbangkan faktor *offset* saat memposisikan *effektor*.

Dalam menentukan derajat kebebasan *3D Printing* delta menggunakan perangkat firmware. firmware menggunakan persamaan trigonometri untuk mengingat sumbu, lengan delta, dan *effektor* membentuk segitiga siku-siku. Sisi miring selalu sama dengan lengan delta, sehingga untuk menghitung pergerakan menggunakan rumus untuk menghitung sisi-sisi segitiga siku-siku dengan menggunakan jumlah kuadrat. Sudut yang dibutuhkan dalam menentukan posisi menara ditunjukkan pada Gambar 2.3 Sudut Delta berikut ini.

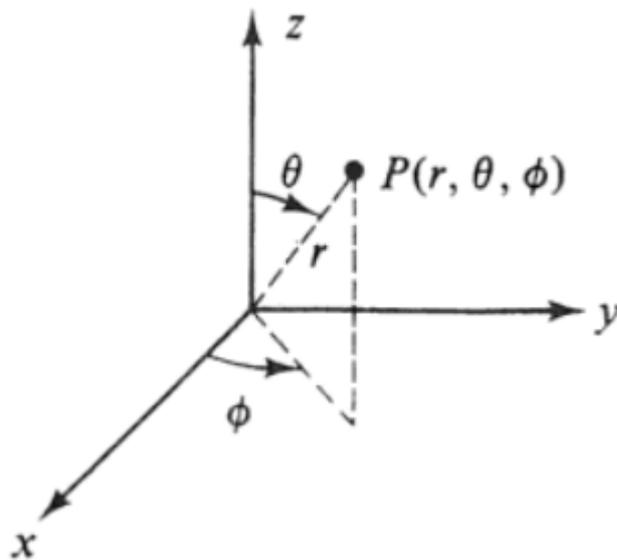


**Gambar 2.3 Sudut Delta posisi atas**

Tiap sisi memiliki derajat yang sama hingga membentuk segitiga siku-siku. Untuk menghitung pergerakan sumbu terdapat fungsi sinus dan cosinus yang dihitung melalui firmware, sehingga derajat kebebasan x,y,z dapat ditentukan posisi koordinatnya. (Marlin, 2018)

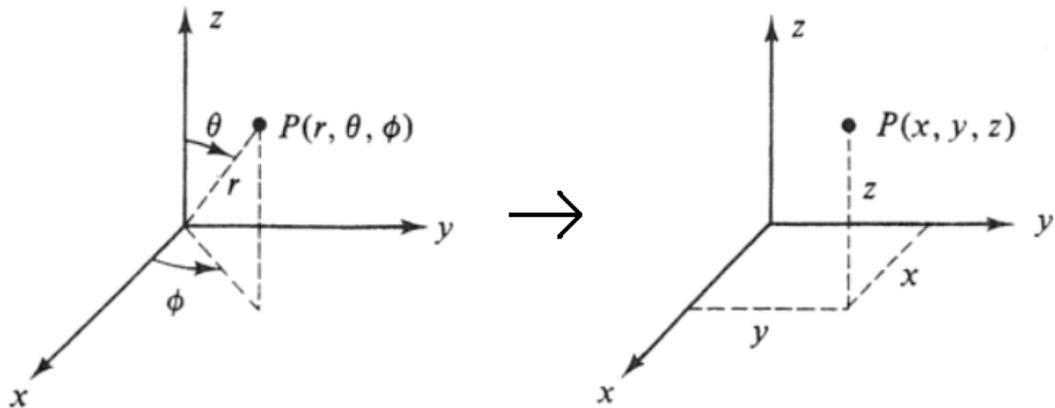
### 2.2.3 Koordinat Cartesien

Untuk menentukan posisi sebuah benda didalam suatu ruang, dibutuhkan sebuah sistem titik koodinat yang memiliki titik pusat dan sumbu koordinat (axis). Pada titik koordinat sumbu dan *origin* dari sebuah cartesian 3 dimensi dibagi menjadi 3 derajat kebebasan, dengan sebuah pusat dan memiliki sumbu x, y dan z. Untuk *3D Printing* tipe delta digambarkan titik *carriage* yang dibentangkan melalui garis dari titik *origin*, dapat dinyatakan dalam x, y dan z dan OP adalah jarak titik P ke pusat O. Pada gambar 2.4 dapat kita lihat koordinat tiga dimensi untuk penentuan prinsip delta



**Gambar 2.4 Koordinat Bola tiga dimensi (x, y, z)**

Hubungan koordinat x, y dan z dapat diubah menjadi prinsip tiga dimensi delta ( $r, \theta, \phi$ ). Panjang lengan yaitu r dan dua koordinat lainnya berdimensi sudut yaitu alfa dan beta. Jarak titik P ke pusat O sama dengan r. Jika titik P di proyeksikan ke titik xy, maka sudut antara garis OP dengan titik xy adalah beta. Sehingga bidang mendatar tegak lurus terhadap *origin* pada bidang xy di tuliskan dengan huruf x disebut alpha. (Willmann-Bell & Virginia, 1991). Pada gambar 2.5 dapat ditentukan koordinat Cartesian.



**Gambar 2.5 Koordinat Cartesian (r, Alpha, beta)**

Sumber : ("Spherical to Cartesian Coordinates Calculator," t.t.)

Hubungan antara xyz dengan ( $r, \theta, \phi$ ). Dinyatakan dalam transformasi koordinat berikut. Menggunakan rumus dapat ditentukan panjang dan ketinggian dari stuktur lengan *3D Printing*, dengan memperhatikan dimensi alas atau luasan x yang dibutuhkan dalam menentukan panjang lengan.

$$x = r \sin(\theta) \cos(\varphi)$$

$$y = r \sin(\theta) \sin(\varphi)$$

$$z = r \cos(\theta)$$

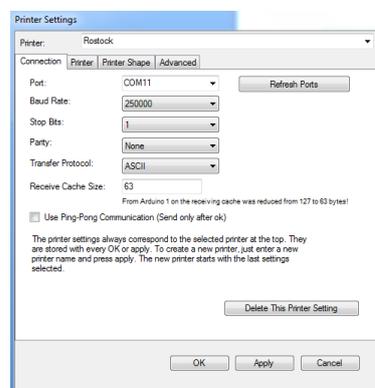
## 2.2.4 Repetier Host

Untuk dapat menjalankan alat *3D Printing* tipe delta, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menginstal *software Repetier-Host* sebagai perangkat lunak untuk mengoperasikan mesin *3D Printing*. *Repetier-Host* merupakan *Host software* yang dapat mempermudah proses pemodelan atau proses *slicing*.

Proses selanjutnya memastikan settingan pada *software* cocok dengan computer yang digunakan. Oleh karena itu dilakukan proses penyesuaian tab koneksi, proses ini penyesuaian *port* mesin 3D dengan *port* yang digunakan dalam komputer. Ada beberapa komputer tidak terdeteksi *port* usb atau yang tidak mengenali perangkat keras Arduino Mega, maka perangkat komputer harus diinstall driver tambahan. (*Rostock 3D Printer - BI Edition 1.0*, 2013)

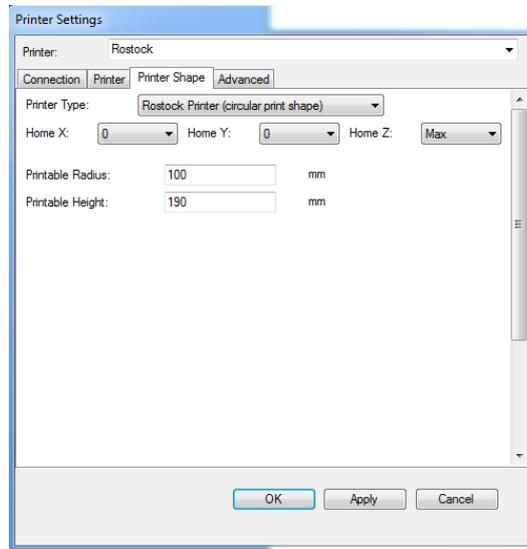
Agar dapat memastikan alat tersambung dengan *software* dan memastikan settingan printer sesuai dengan mesin *3D Printing*, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *Port* dan *Baud Rate* dengan menyesuaikan jaringan komputer yang digunakan dengan *software*. Pada gambar 2.6 dapat kita lihat proses penyesuaian *connection*.



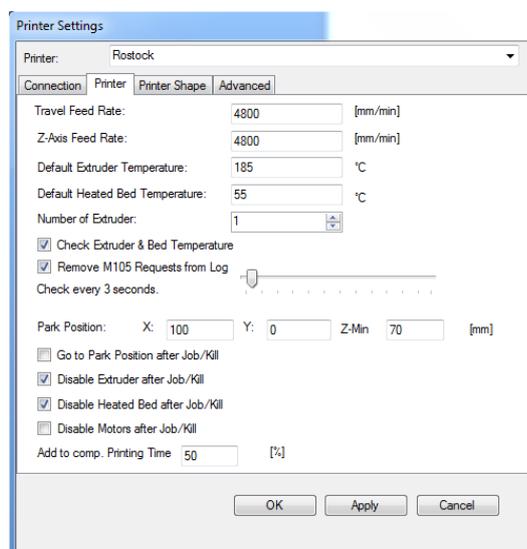
Gambar 2.6 Printer Setting Connection

- Menentukan jenis mesin 3D printing yang digunakan dan menentukan luas bidang kerja pada tab *Printer Shape*, agar radius dan tinggi dapat disesuaikan dengan mesin *3D Printing*. Pada gambar 2.7 dapat kita lihat penentuan *Printer Shape*.



**Gambar 2.7 Printer Shape**

- Menentukan *feed rate* hingga settingan komponen pada *head unit*. Proses ini dilakukan agar dapat menentukan pergerakan axis Z hingga penentuan Temperatur *extruder*. Pada gambar 2.8 dapat dilihat beberapa parameter settingan printer.



**Gambar 2.8 Rostock Printer Setting**

4. Menentukan fungsional perangkat keras yang ada pada mesin *3D Printing* sehingga dapat dilakukan kalibrasi titik koordinat dan derajat kebebasan xyz. Pada gambar 2.9 dapat dilihat settingan *firmware EEPROM*.

Firmware EEPROM Settings		
Diagonal rod length	<input type="text" value="217.000"/>	mm
Horizontal rod radius at 0,0	<input type="text" value="98.500"/>	mm
Max printable radius	<input type="text" value="85.000"/>	mm
Tower X endstop offset	<input type="text" value="1"/>	steps
Tower Y endstop offset	<input type="text" value="0"/>	steps
Tower Z endstop offset	<input type="text" value="1"/>	steps
Alpha A(210):	<input type="text" value="210.000"/>	
Alpha B(330):	<input type="text" value="330.000"/>	
Alpha C(90):	<input type="text" value="90.000"/>	
Delta Radius A(0):	<input type="text" value="0.000"/>	
Delta Radius B(0):	<input type="text" value="0.000"/>	
Delta Radius C(0):	<input type="text" value="0.000"/>	
Corr. diagonal A	<input type="text" value="0.000"/>	mm
Corr. diagonal B	<input type="text" value="0.000"/>	mm
Corr. diagonal C	<input type="text" value="0.000"/>	mm
Coating thickness	<input type="text" value="0.000"/>	mm
Z-probe height	<input type="text" value="19.950"/>	mm
Max. z-probe - bed dist.	<input type="text" value="5.000"/>	mm
Z-probe speed	<input type="text" value="2000"/>	mm/s
Z-probe x-y-speed	<input type="text" value="50.000"/>	mm/s
Z-probe offset x	<input type="text" value="0.000"/>	mm
Z-probe offset y	<input type="text" value="0.000"/>	mm

**Gambar 2.9 Kalibrasi Printer**

Sumber : (SoliForum, 2014)