

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam tinjauan pustaka, metode yang umum digunakan adalah dengan mengumpulkan data dari jurnal-jurnal yang relevan sebagai referensi tambahan dalam pengembangan metode yang direncanakan dalam tugas akhir.

Penelitian pertama oleh Haqira Tondi untuk pembentukan dengan cacahan plastik dalam jurnalnya yang berjudul *Rancang Bangun Mesin Ekstruder Filament 3D Printer* tersebut menggunakan cacahan biji dengan pengaturan suhu dipanel *PID controller* sebesar 162°C pada kecepatan motor 64,24 rpm. Kelebihan dari alat ini adalah kapasitas produksinya yang tergolong lebih cepat dari produk yang telah ada di pasaran yaitu mencapai 820 mm/menit atau sebesar 0.108 kg/jam dibandingkan produk yang telah ada yang hanya menghasilkan sekitar 650 mm/menit atau sekitar 90 gram/jam, namun untuk diameter sebesar 1.75 mm belum tercapai sehingga masih belum bisa digunakan pada alat *3D printer*^[6].

Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Hanafi, Ivan Suhada, Romario A. Wicaksono dengan judul *Rancang Bangun Alat Ekstruder Dengan Pemanfaatan Limbah Plastik Polypropylene Dan Polyethylene Terephthalate Untuk Menghasilkan Filamen 3D Printing* tersebut menggunakan dua jenis plastik pengujian dengan plastik *PP* pada rentang variasi 185°C diameter *filament* kecil, permukaan halus, cair saat keluar, warna bening keabu-abuan. percobaan dengan menggunakan plastik *PET* pada rentang variasi temperatur 220°C penyimpangan diameter cenderung kecil, permukaan halus, *melting* kurang sempurna, warna putih bening^[7].

Penelitian lainnya yaitu oleh Prastyono Eko Pambudi, Edhy utanta dan Mujiman dengan judul *Alat Pengolahan Limbah Filament 3D Print Dengan Material Polylactic Acid (PLA)* pada penelitian ini melakukan beberapa percobaan salah satunya pada saat suhu barel 160°C, terjadi cacat produksi pada *filament* dikarenakan tekstur *filament* yang terlalu cair yang mengakibatkan penggumpalan pada *nozzle*. Pada suhu barel 125°C, *filament* yang dihasilkan mengalami kecacatan, yaitu bentuk yang dihasilkan tidak beraturan (menggumpal) dan diameternya menjadi tidak seragam karena tekstur *filament* sebelum keluar dari *nozzle* masih

sangat kental dan sulit dibentuk. Hasil terbaik didapatkan dari pengaturan suhu di panel *PID controller* sebesar 142°C pada kecepatan motor 60 rpm. Hasilnya adalah kapasitas produksinya lebih cepat, mencapai 860mm/min atau sebesar 155 g/h^[8]. Beberapa perbedaan referensi jurnal yang digunakan dalam tugas akhir ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka

Judul	Tujuan	Sistem
Rancang Bangun Mesin Ekstruder <i>Filament 3D Printer</i>	Membuat mesin ekstruder filamen untuk pengolahan biji plastik dan cacahan plastik dengan suhu maksimal 300 °C dengan kapasitas produksi minimal 90 gram/jam.	Sistem pada penelitian ini yaitu menggunakan cacahan biji dengan pengaturan suhu dipanel <i>PID controller</i> sebesar 162°C pada kecepatan motor 64,24 rpm. Kelebihan dari alat ini adalah kapasitas produksinya yang tergolong lebih cepat dari produk yang telah ada di pasaran yaitu mencapai 820 mm/menit atau sebesar 0.108 kg/jam dibandingkan produk yang telah ada yang hanya menghasilkan sekitar 650 mm/menit atau sekitar 90 gram/jam, namun untuk diameter sebesar 1.75 mm belum tercapai sehingga masih belum bisa digunakan pada alat <i>3D printer</i> .

<p>Rancang Bangun Alat Ekstruder Dengan Pemanfaatan Limbah Plastik <i>Polypropylene</i> Dan <i>Polyethylene Terephthalate</i> Untuk Menghasilkan <i>Filamen 3D Printing</i></p>	<p>Membuat sebuah alat ekstruder untuk menghasilkan filamen berbahan dasar sampah plastik yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk 3D printing</p>	<p>Sistem pada penelitian ini yaitu menggunakan dua jenis plastik pengujian dengan plastik <i>PP</i> pada rentang variasi 185°C diameter <i>filament</i> kecil, permukaan halus, cair saat keluar, warna bening keabu-abuan. percobaan dengan menggunakan plastik <i>PET</i> pada rentang variasi temperatur 220°C penyimpangan diameter cenderung kecil, permukaan halus, <i>melting</i> kurang sempurna, warna putih bening</p>
<p>Alat Pengolahan Limbah <i>Filament 3D Print</i> Dengan Material <i>Polylactic Acid (PLA)</i></p>	<p>Mendaur ulang sampah plastik, yang utamanya adalah sampah plastic berupa filament PolyLactic Acid yang berasal dari proses 3d printer yang gagal dan sisa-sisa pemakaian yang tidak dapat dipergunakan lagi, sehingga dapat mengurangi sampah plastik</p>	<p>Pada penelitian ini melakukan beberapa percobaan salah satunya pada saat suhu barel 160°C, terjadi cacat produksi pada <i>filament</i> dikarenakan tekstur <i>filament</i> yang terlalu cair yang mengakibatkan penggumpalan pada <i>nozzle</i>. Pada suhu barel 125°C, <i>filament</i> yang dihasilkan mengalami kecacatan, yaitu</p>

		bentuk yang dihasilkan tidak beraturan (mengumpal) dan diameternya menjadi tidak seragam karena tekstur <i>filament</i> sebelum keluar dari <i>nozzle</i> masih sangat kental dan sulit dibentuk. Hasil terbaik didapatkan dari pengaturan suhu di panel <i>PID controller</i> sebesar 142°C pada kecepatan motor 60 rpm. Hasilnya adalah kapasitas produksinya lebih cepat, mencapai 860mm/min atau sebesar 155 g/h.
--	--	---

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka penelitian ini yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Botol Plastik (*PET*) Menjadi *Filament printer 3D*” bertujuan membuat alat yang dapat mendaur ulang botol plastik yang berjenis *PET* menjadi barang yang lebih berguna yaitu *filament* untuk *3D printing* yang dapat di kontrol dengan menggunakan *web server* lokal IP. Di dalam *box* terdiri dari wemos D1 mini, modul *driver* motor stepper, MOSFET IRLZ44N dan *Stepdown* HW-613. Prinsip kerja alat ini adalah modul *Driver* motor stepper digunakan untuk mengendalikan laju putaran/kontrol motor stepper. MOSFET IRLZ44N digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan pada *heater*. *Stepdown* sebagai penurun tegangan dari 12V menjadi 5V. Wemos D1 mini sebagai *mikrokontroller* untuk pemroses data serta memvalidasi dan mengirimkan data hasil proses ke *database*. Cara kerja alat ini yaitu dengan memanaskan potongan botol plastik ke dalam *nozzle* berdiameter 1,7 mm sesuai dengan pengaturan suhu yang sudah ditentukan pada *web server*. Potongan botol plastik tersebut telah

di panaskan akan menghasilkan filament yang kemudian diikatkan ke gear dengan digerakan oleh motor stepper sesuai dengan kecepatan yang sudah ditentukan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Filament

Filament adalah bahan yang digunakan dalam membuat suatu *prototype* dari model 3D. Teknologi *3D printer* (*additive manufacturing*) adalah sebuah inovasi baru yang ada pada bidang industri manufaktur^[9]. *Filament* memiliki dua ukuran diameter standar, yaitu 1,75 mm dan 3 mm. Jenis material yang sering digunakan untuk bahan pembuatan *3D printer* adalah *thermoplastic* karena memiliki sifat kuat, tangguh dan mudah dibentuk. Semakin tinggi kualitas *filament* tersebut maka semakin kuat dan bagus bentuk benda yang dihasilkan^[8]. Namun harga yang ada dipasaran cukup mahal mengakibatkan proses cetak produk dapat terganggu. Berikut Gambar 2.1 *filament 3D printer*.



Gambar 2.1 Filament 3D printer

2.2.2 Botol Plastik

Botol plastik *PET* dipilih karena memiliki sifat termoplastik dan mudah meleleh sehingga mudah dibentuk kembali dan bersifat elastis yang cocok digunakan sebagai bahan baku pencetakan objek 3D menggunakan mesin *3D printer*^[10]. Botol plastik jenis *PET* merupakan resin *polyester* yang tahan lama, kuat, ringan, dan mudah dibentuk ketika panas, suhu minimum pelelehan *PET* adalah 260°C. Plastik jenis *PET* banyak digunakan dalam produk minuman, terutama botol plastik yang berwarna jernih/transparan. Plastik *PET* ditandai dengan kode daur ulang nomor 1 pada botol air mineral, merupakan plastik yang paling umum digunakan di seluruh dunia^[11]. Berikut Gambar 2.2 limbah botol plastik.



Gambar 2.2 Limbah Botol Plastik

2.2.3 3D Printer

3D print adalah salah satu bagian dari *additive manufacturing*. Mesin *3D print* merupakan alat untuk membuat benda tiga dimensi dari *file digital*. Penciptaan objek cetak 3D dicapai menggunakan proses aditif. Dalam proses pembuatan secara aditif, sebuah objek dibuat dengan melakukan lapisan tipis secara berurutan sampai objek terbentuk sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Masing-masing lapisan ini dapat dilihat sebagai potongan melintang horizontal yang di iris tipis-tipis dari objek yang akhirnya membentuk suatu benda 3D^[12]. Dalam penggunaan *3D printer* memerlukan *filament* yang terbuat dari plastik yang memiliki harga cukup mahal tergantung jenis dan kualitasnya. Sehingga diperlukan alat untuk mendaur ulang *thermoplastic* yang dapat memproduksi *filament* agar penggunaan *3D printer* menjadi lebih murah^[6]. Berikut Gambar 2.3 *3D printer*.



Gambar 2.3 3D Printer

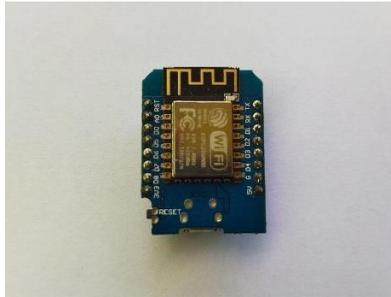
2.2.4 WEB Server

Web server adalah perangkat keras atau perangkat lunak yang menyediakan layanan *hosting* untuk aplikasi web. *Web server* bertanggung jawab untuk menerima permintaan dari klien (seperti *browser web*) melalui protokol *HTTP* (*Hypertext Transfer Protocol*) dan mengirimkan respons yang sesuai. Secara umum, *web server* menerima permintaan dari klien untuk mengakses berkas-berkas atau konten yang terletak pada server tersebut. Ketika klien mengirimkan permintaan melalui browser web, *web server* akan merespons dengan mengirimkan berkas HTML, gambar, video, atau konten lain yang diminta oleh klien. *Web server* juga dapat mengelola interaksi dengan basis data, mengatur sesi pengguna, dan menyediakan berbagai fitur lainnya seperti enkripsi *SSL* (*Secure Sockets Layer*) untuk koneksi yang aman, *load balancing* untuk mendistribusikan lalu lintas, *caching* untuk meningkatkan kinerja, dan lain sebagainya^[13].

2.2.5 Wemos D1 Mini

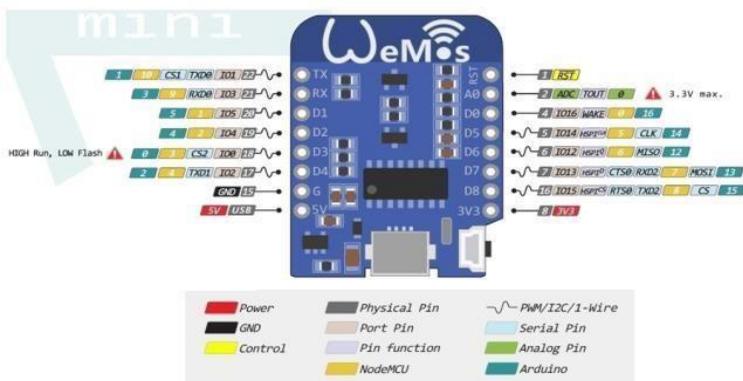
Modul Wemos D1 mini merupakan modul mikrokontroler yang didesain dengan ESP8266 di dalamnya. ESP8266 berfungsi untuk konektivitas jaringan *WiFi* antara mikrokontroler itu sendiri dengan jaringan *WiFi*. Beroperasi pada tegangan 3,3V sampai dengan 5V. Modul wemos D1 mini memiliki frekuensi CPU yang tinggi dan memiliki *chipset* utama dengan 32bit serta kecepatan *clock* sebesar 80 MHz. Dibekali dengan memori sebesar 4 MB eksternal RAM yang

mendukung format IEEE 802.11b/g/n. Modul wemos D1 mini ini dapat bekerja pada rentang suhu antara 40°C sampai dengan 125°C. Hal penting dari modul wemos D1 mini sudah mendukung pemrograman menggunakan Arduino IDE, beserta *library* dan fungsi-fungsi lain yang ada didalam Arduino IDE^[14]. Modul Wemos D1 Mini diperlihatkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Wemos D1 Mini

Alasan pemilihan Wemos D1 Mini karena mudah diprogram dan memiliki pin I/O yang memadai dan dapat mengakses jaringan internet untuk mengirim atau mengambil data melalui koneksi WiFi. Susunan pin *out* wemos D1 mini diperlihatkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pin *out* Wemos D1 Mini^[14]

2.2.6 Hotend dan Nozzle

Hotend salah satu komponen *3D printer* yang berfungsi melelehkan *filament* yang kemudian mentransfernya ke *nozzle* dan mempertahankan suhu yang dibutuhkan untuk pemrosesan yang lebih baik. *Nozzle* adalah bagian dari *3D printer* yang berfungsi untuk mengeluarkan *filament* yang meleleh. *Nozzle* yang dipilih untuk proyek ini adalah nosel kuningan dengan lubang pengeluaran 1,7 mm^[15]. Berikut Gambar 2.6 *Hotend* dan *Nozzle*.



Gambar 2.6 *Hotend* dan *Nozzle*

2.2.7 Heater dan Thermistor

Heater dan *termistor* adalah bagian dari *hotend* yang berfungsi sebagai pemanas dan sensor suhu panas. *Heater* beroperasi pada 24V 40W. Heater memiliki kemampuan mencapai 450°C yang cukup baik untuk melelehkan plastik. *Thermistor* yang dipilih untuk proyek ini adalah NTC B 3950 Resistansi 100K Toleransi panas $\pm 1\%$ ^[15]. Berikut Gambar 2.7 *heater* dan Gambar 2.8 *thermistor* NTC 100K B3950.



Gambar 2.7 *Heater*



Gambar 2.8 *Thermistor* NTC 100K B3950

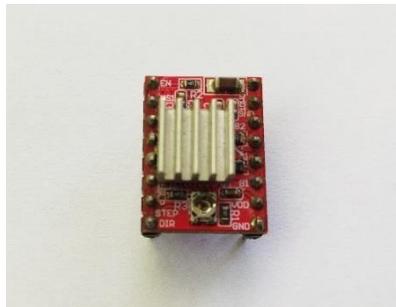
2.2.8 Driver Motor A4988

A4988 adalah *driver mikro stepping* untuk mengendalikan motor stepper bipolar. *Driver* A4988 terdapat lima pilihan *mikro step* pada *driver* A4988 yaitu *full-step*, *half-step*, *a quarter-step*, *eight-Step* dan *sixteenth-Step*. Terdapat potensio untuk mengatur arus keluaran dengan tegangan nominal 3 hingga 5.5V DC. Untuk arus maksimum 2 amper diperlukan *heat sink* (pendingin) dan tanpa *heat sink* untuk arus 1 amper^[16]. Kalibrasi arus *driver* stepper A4988 supaya torsi maksimal dan tidak panas bisa dilihat pada persamaan 1.

$$V_{ref} = \frac{I_m \times 8 \times R_{sense}}{100} \dots \dots \dots (1)$$

- V_{ref} = Tegangan Refrensi
 I_m = Kapasitas Arus Motor Stepper
 R_{sense} = Nilai Resistor

Driver motor stepper A4988 diperlihatkan pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 *Driver* Motor Stepper A4988

2.2.9 Motor Stepper Nema-17

Motor stepper Nema-17 merupakan tipe hibrid dan bipolar dengan ukuran *end face* 1,7 inci x 1,7 inci. Mempunyai poros tunggal maupun ganda dengan sudut langkah 1,8 hingga 0,9 ganda. Porosnya berbentuk bulat dan potong juga dapat disesuaikan. Motor stepper mempunyai tegangan mengemudi 12-24V. Kecepatan putaran maksimum bisa mencapai 2000 rpm. Pada motor stepper terdapat pilihan mode step yang bisa dipakai disesuaikan untuk tujuan tertentu. *Mode step* pada motor

stepper terdiri dari *full step*, *half step*, sampai *microstep*^[17]. Berikut Gambar 2.10 stepper motor NEMA-17 dan Tabel 2.2 spesifikasi stepper motor NEMA-17.



Gambar 2.10 Stepper Motor NEMA-17^[10]

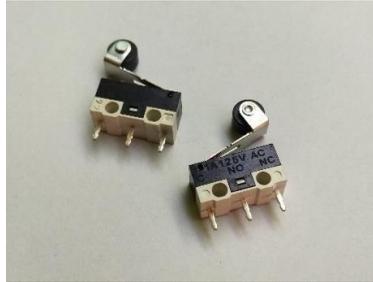
Tabel 2.2 Spesifikasi Stepper Motor NEMA-17^[17]

Jumlah <i>step</i>	200 <i>step</i>
Derajat <i>per-step</i>	1.8 derajat toleransi 5%
Torsi	40N/cm
Tegangan Catu Daya	12 V
Tegangan <i>per-phase</i>	3,96 V
Arus <i>per-phase</i>	0.9 A
Resistansi	4.4 Ohm toleransi 10%
Jumlah Kabel Phase	4 kabel (A+ A- B+ B-)

2.2.10 *Limit Switch*

Limit switch adalah perangkat elektromekanis yang mempunyai tuas *actuator* sebagai pengubah posisi kontak terminal dari NO (*Normally Open*) ke NC (*Normally Close*) atau sebaliknya. Posisi kontak akan berubah apabila posisi kontak atau *actuator* tersebut terdorong atau

tertekan oleh suatu objek. Sama halnya dengan saklar pada umumnya, *limit switch* hanya mempunyai 2 kondisi, yaitu menghubungkan (ON) atau memutuskan (OFF) aliran listrik^[18]. *Limit switch* diperlihatkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Limit Switch

2.2.11 Power Supply

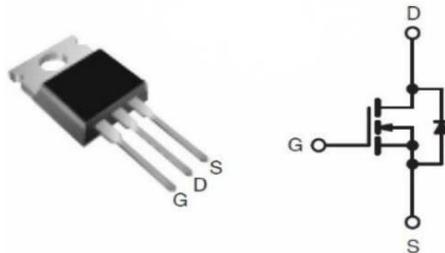
Power supply adalah perangkat listrik yang dapat mengubah energi listrik AC (*Alternating Current*) ke DC (*Direct Current*). Power supply membutuhkan sumber energi listrik, yang kemudian diubah menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronik lainnya. Power supply yang digunakan dalam proyek ini memiliki *output* 12 VDC 5A yang secara langsung memperbaiki dan memfilter *input* tegangan AC untuk mendapatkan tegangan DC^[19]. *Power Supply* diperlihatkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Power Supply

2.2.12 MOSFET Transistor IRLZ44N

IRLZ44N adalah MOSFET daya yang tersedia dalam paket TO-220. MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) adalah sebuah transistor perangkat semikonduktor yang peran utamanya untuk mengontrol tegangan dan arus antara sumber dan konsumen. MOSFET memiliki 3 *output*, yaitu: S (Source), D (Drain) dan G (Gate). Transistor ini memiliki banyak kegunaan, paling sering untuk menghidupkan dan mematikan dan memperkuat sinyal^[20]. pada penelitian ini mosfet berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan daya *heater* supaya lebih taratur. Transistor IRLZ44N diperlihatkan pada Gambar 2.13 dan Karakteristik transistor IRLZ44N ditunjukkan pada Tabel 2.3.



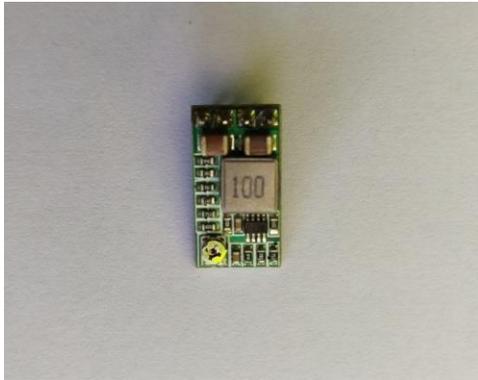
Gambar 2.13 Transistor IRLZ44N^[15]

Tabel 2.3 Karakteristik Transistor IRLZ44N

Tegangan	min. 55V	Tegangan kecil $V_{GS(th)}$	Min. 1V
Resistansi RDS(on) untuk $V_{GS}=10V$	max. 0,022 Ω	Arus pulsa I_{DM}	Max. 160V
Arus drain untuk $V_{GS}=10V$	max. 47A	Koefisien temperature tegangan	0.070V/ $^{\circ}C$
Daya di 25 $^{\circ}C$	max. 110W	Suhu pengoprasian	-55/175 $^{\circ}C$
V_{GS}	max. $\pm 16V$	Arus trobosan I_{AR}	max. 25A

2.2.13 Stepdown HW-613

Modul *stepdown* HW-613 yang berisi sirkuit terintegrasi MP2315 terhubung di sirkuit perangkat, yang mengubah input 12-24Vdc menjadi 5Vdc 3A. Modul *stepdown* HW-613 memiliki efisiensi yang lebih baik dan keluaran suhu yang lebih kecil. Efisiensi modul harus berkisar dari 78% (pada 0,01 A) hingga 95% (pada 1 A)^[21]. Modul *Stepdown HW-613* diperlihatkan pada Gambar 2.14 dan Karakteristik modul *stepdown* hw-613 ditunjukkan pada Tabel 2.4.



Gambar 2.14 Modul Stepdown HW-613

Tabel 2.4 Karakteristik Modul Stepdown HW-613

Tegangan <i>input</i>		4.5 – 24V
Tegangan <i>output</i>	<i>Adjustable range</i>	0.8 – 1.7V
	Tegangan tetap	Tegangan tetap (1.8V 2.5V 3.3V 5V 9V 12V)
Tegangan operasi		-40°C - 85°C
Arus keluaran		3A (max)
Arus statis		0.85 mA
Kecepatan respon dinamis		5% 200uS
Transformasi efisiensi		97.5% (6.5 to 5V 0.7A)
Frekuensi		500KHz