

## BAB II

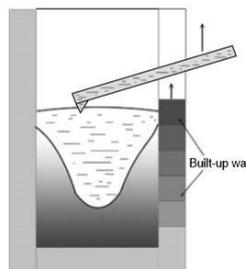
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Direct Chill Casting*

DC casting merupakan bentuk dari teknologi yang muncul untuk memenuhi kebutuhan industri. Sebuah penemuan pada tahun 1908-1909 oleh A. Wilm dari Jerman mengemukakan bahwa kekuatan paduan Al-Cu akan meningkat setelah mengalami “*natural aging*” setelah pendinginan. Hal ini dilakukan untuk menerapkan aluminium secara penuh dalam bidang konstruksi.

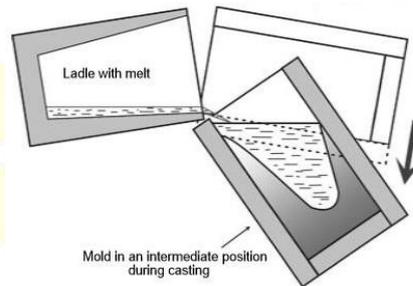
Perang dunia 1 merupakan salah satu pemicu permintaan paduan aluminium tempa pada industri pesawat terbang. Pesawat pertama yang terbuat dari logam dibuat oleh Jerman H. Junkers pada tahun 1915-1916 dengan badan pesawat terbuat dari lembaran bergelombang. Dengan itu fabrikasi massal produk aluminium diperlukan untuk menopang pengembangan pesawat militer dan sipil. Dari tahun 1924-1939, berat rata-rata dari aluminium pada cetakan ingot dalam cetakan permanen meningkat dari 20 menjadi 500kg [2].

Terdapat tiga masalah utama dalam pengecoran permanen, yaitu turbulensi selama penuangan, pembentukan celah udara selama pendinginan dan laju pendinginan. Sehingga muncul inovasi-inovasi untuk mengatasi masalah ini. Pada Gambar 2.1 metode Züblin, cetakan diisi dalam beberapa tahap dari bawah ke atas dengan menggerakkan nosel pengumpan ke atas dan menutup dinding samping yang sesuai [4]. Teknik ini membantu menghindari gradien suhu yang sangat besar dan penurunan ketidakhomogenan struktur dan kimiawi ingot.



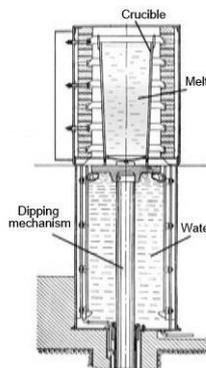
**Gambar 2.1** Cetakan Metode Züblin [4].

Teknik pengecoran lain yang banyak digunakan adalah jenis cetakan jungkit dilihat pada Gambar 2.2. Dengan mekanisme jungkit diharap dapat menghindari turbulensi saat pengisian volume cetakan. Dengan proses pengisian cetakan dengan posisi cetakan miring dan menuangkan logam cair di sepanjang dinding cetakan secara perlahan-lahan meluruskan cetaka hingga benar-benar penuh tanpa ada turbulensi.



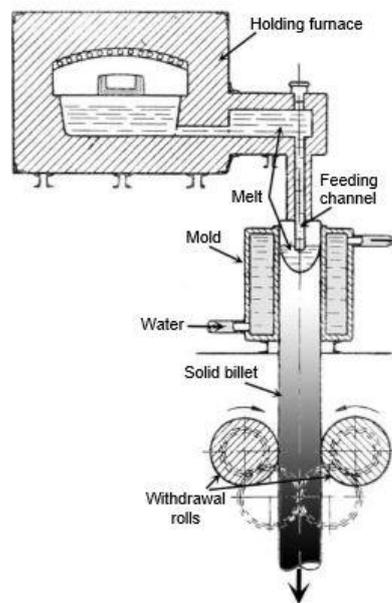
**Gambar 2.2** Cetakan Metode Jungkit [2].

Pengembangan teknologi terus dilakukan untuk memberikan solusi pada pendahulunya. Teknik pengecoran yang merupakan tahap transisi ke *direct chill casting* adalah pengecoran dengan mencelupkan cetakan yang telah terisi secara bertahap ke dalam air [5]. Dapat disimpulkan bahwa solidifikasi hampir terarah dari bawah ke atas dan bagian depan solidifikasi diratakan sehingga gradien termalnya rendah. Namun, permasalahan pada laju pendinginan yang rendah dan adanya celah udara menyebabkan masalah struktur dan sifat yang seragam. Mekanisme pada metode ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Cetakan Dengan Logam Cair Sebelum Dimasukkan ke Dalam Tangki Air [2].

Pada awal 1930-an Siegfried Junghans mengembangkan sebuah teknik sebelumnya, yaitu pengecoran baja cair ke dalam cetakan yang tinggi, berpendingin air dan tanpa dasar dan mengekstraksi billet yang dihasilkan dengan *roller* penarik [6]. Cetakan dari tabung tembaga dengan posisi terbuka pada kedua sisinya dan disekitarnya dikelilingi oleh air. Pada Gambar 2.4 logam cair dimasukkan ke dalam cetakan dan setelah itu bagian padat akan ditarik menggunakan *roller* penarik dari bawah. Metode ini banyak digunakan pada pengecoran tembaga dan paduan aluminium di Jerman, Amerika, dan Uni Soviet.



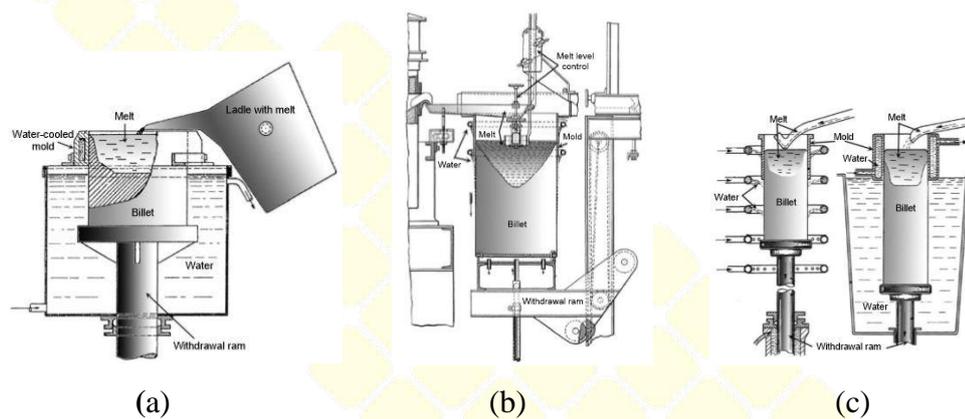
**Gambar 2.4** Metode Junghans [6].

Jika dibandingkan dengan pengecoran permanen, metode pengecoran yang dibuat oleh Junghans memiliki kelebihan sebagai berikut[7]:

1. Otomatisasi canggih yang dapat meningkatkan produktivitas.
2. Struktur yang lebih seragam pada seluruh bagian billet.
3. Mampu meminimalisir gas lebih baik selama pengecoran.
4. Mengurangi goresan pada permukaan billet.

Berthold Zunkel pada tahun 1935 [8], Walter Roth pada tahun 1936 [2], dan William T. Ennor pada tahun 1938 [9] sebagai pemimpin dan penerima paten untuk teknologi pengecoran yang memiliki beberapa fitur umum. Logam cair

dituang ke dalam cetakan yang relatif pendek dan berpendingin air, serta pada bagian bawah terdapat *bottom table* yang dihubungkan pada sistem punurun hidrolis. Sesaat setelah penuangan logam cair, *bottom table* diturunkan dan ingot akan terbawa ke bawah melewati proses pendinginan yang dilakukan dengan penyemprotan air atau film air. Pada Gambar 2.5 diapat dilihat bahwa ketiga penemuan ini memiliki kesamaan dalam mengembangkan teknologi *direct chill casting* pada dunia industri.



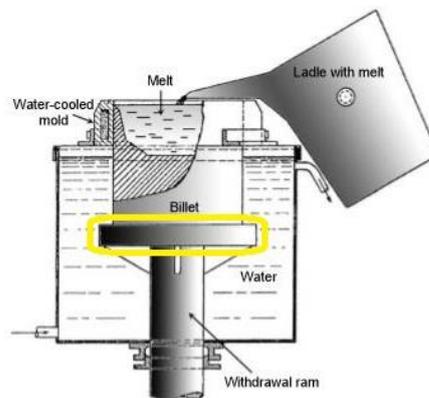
**Gambar 2.5** Metode DC Casting, dipatenkan oleh zunkel (a), Roth (b), dan Ennor (c) [2].

Sejarah pengecoran DC menunjukkan bahwa kecerdikan teknik selalu memenuhi permintaan industri dan memenuhi tantangan untuk produk baru dan material baru. Pengecoran DC adalah teknologi yang relatif baru yang berkembang pesat. Dalam banyak kasus kemajuan ini dibatasi oleh kurangnya pemahaman tentang mekanisme struktur dan pembentukan cacat. Metalurgi fisik harus dapat mengejar ketinggalan dengan teknologi dan memberikan dasar ilmiah untuk teknologi yang lebih baik[2].

## 2.2 Pengertian *Bottom Table*

*Bottom table* atau *bottom block* dalam bahasa Indonesia memiliki arti yaitu meja pembawa. Sesuai dengan namanya, meja ini yang nantinya akan bergerak dari atas ke bawah dan sebaliknya. Aluminium cair yang dimasukkan ke dalam cetakan akan bertumpu pada *bottom table* ini dan akan bergerak kebawah dengan bantuan hidrolis maupun metode mekanis lainnya. Setelah mencapai titik akhir,

*bottom table* akan diarahkan kembali ke posisi awal untuk proses pengecoran selanjutnya. Pada perkembangannya, permukaan pada *bottom table* belum memiliki variasi yaitu dengan bentuk permukaan datar. Pada penelitian ini, penullis akan mendesain dan membuat *bottom table* dengan permukaan yang tidak datar dengan harapan memiliki kemampuan menarik billet lebih kuat. Dapat dilihat pada Gambar 2.6 bahwa posisi *bottom table* berada tepat dibawah billet aluminium dan bertumpu pada ram atau hidrolirik.



**Gambar 2.6** Posisi *Bottom Table* [2].

### 2.3 Pengaruh Kecepatan pada *Bottom Table*

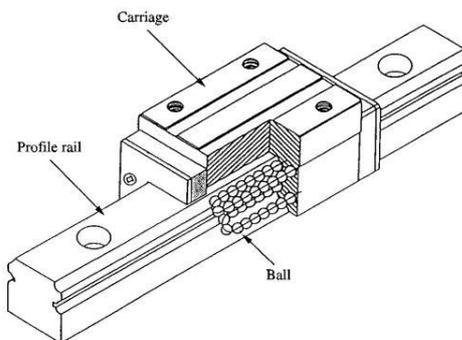
Salah satu parameter penting dalam pembuatan sistem kontrol *bottom table* adalah pengaruh kecepatan yang menentukan tingkat makroegregasi [10]. Aturan empiris mengatakan bahwa kecepatan *casting* tidak boleh melebihi  $A / D$  untuk meminimalkan macrosegregation di billet bundar sambil mempertahankan stabilitas dan produktivitas. Dimana  $A$  adalah konstanta paduan dengan nilai mulai dari 25.000 hingga 33.300 untuk paduan aluminium dan  $D$  adalah diameter billet dalam mm [11].

Livanov dkk. mempelajari makroegregasi dalam berbagai diameter billet, dari 50 hingga 470 mm, dan kecepatan casting dari 30 hingga 350 mm / menit. Mereka menunjukkan bahwa luas dan arah makroegregasi bergantung pada laju pendinginan rata-rata dalam kisaran solidifikasi. Terdapat laju pendinginan tertentu untuk setiap diameter billet, jika makroegregasi garis tengah dapat diabaikan. Sebagai contoh, laju pendinginan ambang ini adalah sekitar 2,3 K / s untuk diameter billet 300 mm dan hampir 11 K / s untuk diameter 168 mm.

Ternyata, laju pendinginan tidak bisa menjadi kriteria umum untuk makrosegregasi [12].

#### 2.4 Linear Ball Bearing

*Linear ball bearing* memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan pemandu geser konvensional lainnya [13]. Misalnya, abrasi bantalan gelinding gerakan linier lebih kecil dari pada pemandu geser, dan tidak ada selip tongkat. Oleh karena itu, bantalan gelinding gerak linier telah banyak digunakan sebagai pengganti pemandu geser di pusat permesinan, mesin bubut, mesin gerinda, robot, sistem pengukuran, dan sistem transportasi.



**Gambar 2.7** Struktur *Linear Ball Bearing* [14].

Pada Gambar 2.7 terlihat susunan struktur dair *linear ball bearing* yang terdiri dari, lintasan (*rail*), pengangkut (*carriage*) dan bola (*ball*). *Rail* berfungsi sebagai jalur lintasan pengangkut yang dimana terdapat bola-bola antara *rail* da pengangkut. Hal ini dilakukan untuk mengurangi gesekan antara keduanya. Selain itu, dapat mengurangi getaran pada mesin yang dapat mempengaruhi pergerakan dari pengangkut.

#### 2.5 Arduino Uno R3

Arduino uno adalah salah satu jenis produk dari arduino, pada papan elektronik arduino uno ini memiliki mikrokontroler ATmega 328. Mikrokontroller ATmega 328 merupakan sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer.

Arduino Uno memiliki 14 digital pin input / output (atau biasa ditulis I/O, dimana 14 pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM antara lain pin 0 sampai 13), 6 pin input analog, menggunakan crystal 16 MHz antara lain pin A0 sampai A5, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset. Hal tersebut adalah semua yang diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler. Untuk spesifikasi arduino uno dapat dilihat pada tabel 2.1

**Tabel 2.1** Spesifikasi Arduino Uno R3

<u>Mikrokontroler</u>	ATmega328
Operasi Tegangan	5 Volt
Input Tegangan	7-12 Volt
Pin I/O Digital	14
Pin Analog	6
Arus DC tiap pin I/O	50 mA
Arus DC ketika 3.3V	50 mA
Memori flash	32 KB
SRAM	2 KB

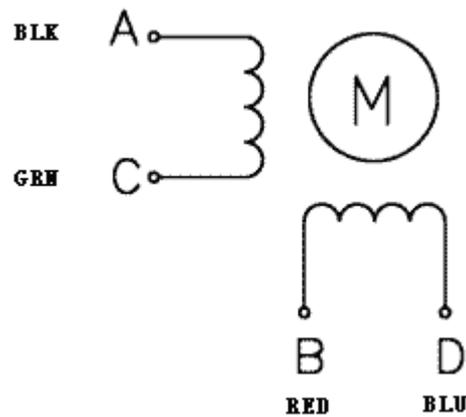


**Gambar 2.8** Arduino Uno R3 [15].

## 2.6 Motor Stepper Nema 23

Motor stepper merupakan perangkat elektromekanis yang bekerja mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis yang berputar secara bertahap, tidak kontinu seperti motor AC induksi. Motor stepper dengan jenis

*bipolar* memiliki arus yang dapat diubah-ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya untuk mengatur arah putaran.

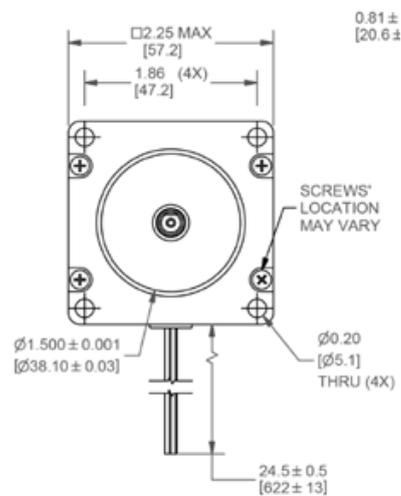


**Gambar 2.9** Diagram motor stepper *bipolar* [16].

Motor stepper nema 23 sering kali digunakan pada printer, mesin CNC, dll. Spesifikasi pada motor nema 23 dapat dilihat pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Spesifikasi Motor Nema 23

Nama	Motor nema 23
Derajat pergerakan	1,8 derajat
Step tiap putaran	200
Arus	$\pm 1,5 - 2,0$ A
Berat	625 gr
Dimensi	$\pm 57 \times 57 \times 54$ mm
Diameter <i>shaft</i>	6.35mm
Torsi	1,9 kg/mm



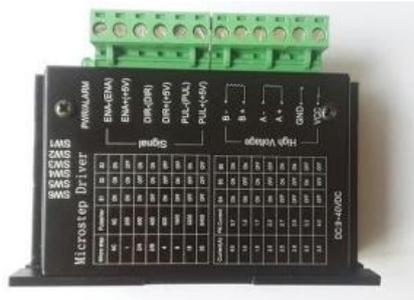
**Gambar 2.10** Dimensi utama motor stepper nema 23 [16].

## 2.7 Driver TB6600

Driver Motor berfungsi memberikan sinyal untuk memutar motor. Jenis driver yang digunakan mengikuti jenis motor yang dikendalikannya, misal untuk motor stepper NEMA 17, NEMA 23 contoh drivernya adalah driver TB6600. TB6600 stepper motor driver disini menjelaskan rancangan IC TB6600HG. Driver TB6600HG adalah *driver stepper PWM chopper type single chip bipolar sinusoidal micro-step*. Beban Maksimum 4.5A, supplay 9V sampai 42V DC.

Driver stepper ini mempunyai fitur sebagai berikut :

- 1) Berdasarkan chip tunggal dan chip kedua untuk kontrol otomatis setengah saat ini
- 2) Cocok untuk motor stepper nema17, nema23, nema34 bipolar
- 3) Cocok untuk 4Wires, 6 kabel dan 8 kabel stepper motor.
- 4) Rotasi maju dan mundur tersedia
- 5) Tahap yang Dipilih (Langkah Mikro) drive 1/1, 1/2, 1/4, 1/8, dan 1/16
- 6) Pasokan Input Pasokan maksimum 42V DC Input Input 10V DC
- 7) Output saat ini 4.5Amps
- 8) Indikator LED Output Fault Monitor
- 9) Pada indikator Power Board Board
- 10) Pada papan langkah indikator masukan pulsa



**Gambar 2.11** Driver Tb6600 [17].

## 2.8 Power Supply

*Power Supply* adalah perangkat keras yang mampu menyuplai tenaga atau tegangan listrik secara langsung dari sumber tegangan listrik ke tegangan listrik yang lainnya. *Power supply* umumnya digunakan pada komputer sebagai penghantar tegangan listrik secara langsung kepada komponen-komponen atau perangkat keras lainnya yang ada di komputer tersebut, seperti hardisk, kipas, motherboard dan lain sebagainya [18]. *Power supply* memiliki input dari tegangan yang berarus alternating current (AC) dan mengubahnya menjadi arus direct current (DC) lalu menyalurkannya ke berbagai perangkat keras yang ada di komputer kita. Karena memang arus direct current (DC) lah yang dibutuhkan untuk perangkat keras agar dapat beroperasi, direct current biasa disebut juga sebagai arus yang searah sedangkan alternating current merupakan arus yang berlawanan. Pengertian Power Supply secara umum dalam sebuah komputer adalah sebagai alat bantu konverter tegangan listrik pada komputer yang dapat mengubah tegangan listrik yang memiliki arus AC ke arus DC sehingga semua hardware yang membutuhkan tegangan listrik yang berarus DC mendapatkan tegangan listrik yang secara langsung diberikan oleh power supply ini.

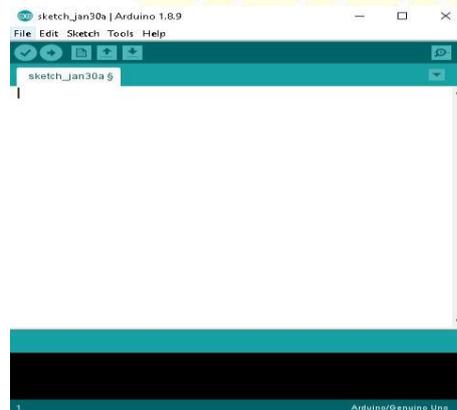


**Gambar 2.12** Catu Daya 12 volt

## 2.9 IDE Arduino

IDE (Integrated Development Environment) adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi mikrokontroler mulai dari menuliskan source program, kompilasi, upload hasil kompilasi dan uji coba secara terminal serial.

Menurut Djuandi [19], disoftware Arduino IDE adalah sebuah software yang digunakan untuk membuat program untuk memberi perintah yang akan diberikan kepada Arduino. Dengan menggunakan bahasa C++ yang dikembangkan oleh Arduino. Perangkat lunak yang ditulis menggunakan Arduino IDE disebut sketch. Sketch ditulis pada editor teks kemudian disimpan dengan ekstensifile .ino. Struktur perintah pada Arduino secara garis besar terdiri dari dua bagian yakni void setup dan void loop. Void setup berisi perintah yang akan dieksekusi hanya satu kali sejak Arduino dinyalakan, sedangkan void loop berisi perintah yang akan dieksekusi berulang-ulang selama Arduino dinyalakan. IDE arduino dapat dilihat pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.13** Software Arduino.

- 1) Icon menu verify yang bergambar ceklis berfungsi untuk mengecek program yang ditulis apakah terdapat kesalahan atau error.
- 2) Icon menu upload yang bergambar panah ke arah kanan berfungsi untuk memuat / transfer program yang dibuat disoftware arduino ke hardware arduino.
- 3) Icon menu New yang bergambar sehelai kertas berfungsi untuk membuat halaman baru dalam pemrograman.

- 4) Icon menu Open yang bergambar panah ke arah atas berfungsi untuk membuka program yang disimpan atau membuka program yang sudah dibuat dari pabrikan software arduino.
- 5) Icon menu Save yang bergambar panah ke arah bawah berfungsi untuk menyimpan program yang telah dibuat atau yang telah dimodifikasi.
- 6) Icon menu serial monitor yang bergambar kaca pembesar berfungsi untuk mengirim atau menampilkan serial komunikasi data saat dikirim dari hardware arduino.

## 2.9 Rotary Encoder

*Rotary encoder* merupakan salah satu komponen yang berfungsi untuk mengubah sudut posisi atau gerakan kode digital, pengontrol tegangan pada *rheometers*, dan sebagai pelacak posisi poros motor pada magnet permanen motor *brushless* (CNC, robot, dan peralatan industri lainnya) [20]. Komponen ini memiliki dua pin keluaran yang menghasilkan sinyal pulsa yang diproses dahulu untuk mendapatkan arah putarannya.

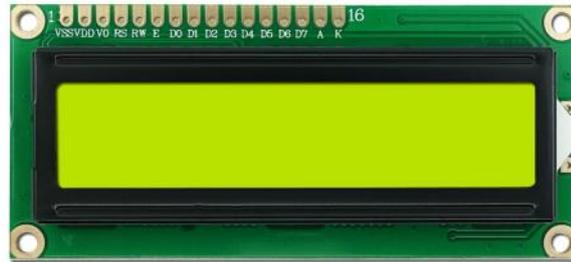


**Gambar 2.14** *Rotary Encoder*

## 2.10 Modul LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan sebuah modul elektronik berfungsi sebagai *monitoring* atau menampilkan informasi. Layar LCD dengan ukuran 16x2 yang merupakan modul yang sudah umum pada bidang elektronik. Modul ini lebih disukai dibandingkan dengan *seven segments* dikarenakan lebih ekonomis dalam harga dan mudah di program sehingga dapat menampilkan informasi tanpa ada batasan karakter khusus. LCD 16x2 memiliki arti bahwa

dapat menampilkan 16 karakter per baris dan terdapat 2 baris pada LCD tersebut[22].



**Gambar 2.15** Modul LCD 16x2 [23].

### 2.11 *Push Button*

*Push button* adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai memutus dan menyambungkan arus dengan prinsip pengalihan dari konduktor satu ke konduktor lainnya. Pada penelitian ini, *push button* digunakan untuk memicu jalannya motor stepper ketika ingin memulai proses pengecoran.



**Gambar 2.16** *Push Button* [26].

# ITERA