

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Mirzan dkk., (2017), Melakukan penelitian mengenai Rancangan prototipe PLTPH ini dimulai dengan pengujian turbin ulir sebagai penggerak generator dengan variasi kemiringan sudut turbin dan debit air yang bervariasi juga dari 0,0246 m³/s sampai 0,0755 m³/s. Kemudian dari pengujian tersebut dilakukan simulasi dengan menggunakan motor DC yang putarannya disesuaikan dengan turbin yaitu mencapai 245 rpm. Dengan perhitungan dan simulasi pembangkit listrik tenaga pikohidro ini mampu menghasilkan tegangan sebesar 45 V dan daya yang didapatkan adalah berdasarkan perhitungan yaitu 66,4 W dan efisiensi keseluruhan sebesar 21,4% .

Juliana dkk., (2018), Melakukan penelitian mengenai pengaruh sudut kemiringan *head* turbin ulir dan daya putar turbin ulir dan daya *output* pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Hasil turbin yang digunakan memiliki mata bor, dengan diameter turbin 26 cm, lebar *screw* 10 cm, dan jumlah sudu 10 buah. Pengukuran dengan debit air, putaran turbin, putaran generator, tegangan, arus, torsi serta daya *output* generator dan efisiensi. Parameter-parameter tersebut diukur dengan cara merubah jatuhnya air pada kincir dari posisi sudut *head* turbin 0°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°, 50°, 55°, 60°, 70°, 80° dan 90°. Hasil pengukuran yang telah dilakukan terhadap parameter-parameter diperoleh hasil pengukuran tertinggi pada sudut *head* turbin 40°. Daya *output* yang dihasilkan adalah 10.92 watt, torsi adalah 0.60 Nm dan efisiensi sebesar 14 %.

Saputra dkk., (2019), Melakukan penelitian mengenai Pengujian Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dengan variasi sudut *blade* pada pemodelan PLTMH dengan turbin Archimedes bahwa pada sudut *blade* 28° merupakan sudut terbaik. Pada penelitian ini menghasilkan putaran turbin sebesar 581 rpm dan 315 rpm pada saat setelah di kopel. Tegangan dan arus yang dihasilkan sebesar 135,6 V pada saat berbeban dan arus sebesar 0,0821 A, sehingga

menghasilkan daya *output* yang terbaik sebesar 11,1 Watt. Torsi sebesar 0,33 Nm dan menghasilkan efisiensi sebesar 11,6 %.

Ardika dkk., (2019), Melakukan penelitian mengenai pengaruh jarak sudu terhadap putaran turbin ulir pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro, akan menggunakan *prototype* turbin ulir (*screw*) pada PLTMH bersekala laboratorium. Dalam penelitian ini pengukuran terbaik pada jarak *blade* 21 cm dengan kemiringan sudut 28° , dimana tegangan, arus, dan daya *output* yang dihasilkan generator yaitu sebesar 129,4 Volt berbeban 60 Watt, tanpa beban 162,7 Volt, arus yang dihasilkan 0,1774 ampere dan daya yang dihasilkan 22,9 Watt. Untuk kecepatan putaran generator yaitu sebesar 7054 rpm, sedangkan kecepatan putaran turbin yang dihasilkan pada tekanan yaitu sebesar 589 rpm sebelum dikopel dengan generator dan 318 rpm setelah dikopel dengan generator, efisiensi yang diperoleh pada pengujian pemodelan PLTMH ini adalah pada jarak *blade* 22 cm dengan kemiringan sudut 28° yaitu sebesar 24,5%.

Akhyan dkk., (2022), Melakukan penelitian mengenai variasi turbin *screw* dengan *pitch* 1Ro dan 1,5Ro, laju aliran volume antara 10 sampai 30 ltr/min (lpm) yang dimonitoring oleh sebuah Rotameter dan sudut kemiringan turbin *screw* antara $20-30^\circ$. Aliran bersumber dari sebuah pompa celup 33 lpm dan di atur menggunakan aliran *bypass* sebelum masuk ke turbin *screw*. Turbin *screw* berputar akibat adanya aliran air yang menumbuk sudu-sudu dan putaran tersebut dapat diukur menggunakan Tachometer. Setelah pengambilan data, maka didapat efisiensi tertinggi pada turbin *screw* dengan jarak *pitch* 1Ro dengan sudut kemiringan 20° dengan laju aliran volume internal 30 lpm sebesar 28,89%.

Tabel 2.1 Matrik perbandingan pustaka

No.	Nama	Penelitian	Hasil
1.	Mirzan dkk., 2017	penelitian ini dilakukan untuk mengetahui rancangan prototipe PLTPH dengan pengujian turbin ulir sebagai penggerak generator dengan variasi kemiringan sudut turbin dan debit air yang bervariasi juga dari 0,0246 m ³ /s sampai 0,0755 m ³ /s. Kemudian dari pengujian tersebut dilakukan simulasi dengan menggunakan motor DC.	Menghasilkan tegangan sebesar 45 V dan daya yang didapatkan adalah berdasarkan perhitungan yaitu 66,4 W dan efisiensi keseluruhan sebesar 21,4% .
2.	Juliana dkk., 2018	Penelitian ini menggunakan Turbin ulir <i>screw</i> yang digunakan memiliki mata bor, dengan diameter turbin 26 cm, lebar <i>screw</i> 10 cm, dan jumlah sudu 10 buah. Pengukuran dengan debit air, putaran turbin, putaran generator, tegangan, arus, torsi serta daya <i>output</i> generator dan efisiensi.	Hasil pengukuran yang telah dilakukan terhadap parameter-parameter diperoleh hasil pengukuran tertinggi pada sudut <i>head</i> turbin 40°. Daya <i>output</i> yang dihasilkan adalah 10.92 watt, torsi adalah 0.60 Nm dan efisiensi sebesar 14 %.

Tabel 2.1 Matrik perbandingan pustaka (lanjutan)

No.	Nama	Penelitian	Hasil
3.	Saputra dkk., 2019	<p>Penelitian ini mengenai Pengujian Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dengan variasi sudut <i>blade</i> pada pemodelan PLTMH dengan turbin Archimedes bahwa pada sudut <i>blade</i> 28°.</p>	<p>tegangan dan arus yang dihasilkan sebesar 135,6 V pada saat berbeban dan arus sebesar 0,0821 A, sehingga menghasilkan daya <i>output</i> yang terbaik sebesar 11,1 Watt. Torsi sebesar 0,33 Nm dan menghasilkan efisiensi sebesar 11,6%.</p>
4.	Ardika dkk., 2019	<p>penelitian ini mengenai pengaruh jarak sudu terhadap putaran turbin ulir pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro, akan menggunakan <i>prototype</i> turbin ulir (<i>screw</i>) pada PLTMH berskala laboratorium. Dalam penelitian ini pengukuran terbaik pada jarak <i>blade</i> 21 cm dengan kemiringan sudut 28°.</p>	<p>tegangan, arus, dan daya <i>output</i> yang dihasilkan generator yaitu sebesar 129,4 Volt berbeban 60 Watt, tanpa beban 162,7 Volt, arus yang dihasilkan 0,1774 Ampere dan daya yang dihasilkan 22,9 Watt.</p>
5.	Akhyan dkk., 2022	<p>penelitian mengenai variasi turbin <i>screw</i> dengan <i>pitch</i> 1Ro dan 1,5Ro, laju aliran volume antara 10 sampai 30 ltr/min (lpm) yang dimonitoring oleh sebuah Rotameter dan sudut kemiringan turbin <i>screw</i> antara 20°-30°.</p>	<p>Setelah pengambilan data, maka didapat efisiensi tertinggi pada turbin <i>screw</i> dengan jarak <i>pitch</i> 1Ro dengan sudut kemiringan 20° dengan laju aliran volume internal 30 lpm sebesar 28,89%.</p>

Dari beberapa referensi tinjauan pustaka diatas penulis menemukan kesamaan dimana pembangkit listrik yang digunakan yaitu jenis turbin ulir. Adapun parameter pembeda dengan peneliti terdahulu yang telah disebutkan diatas yang akan penulis lakukan adalah pembuatan turbin ulir pembangkit listrik pikohidro dengan desain dan jenis material yang digunakan serta proses pembuatan turbin ulir, kemudian dengan menambahkan simulasi pada turbin serta dengan variasi kemiringan sudut turbin dimana dari sudut turbin tersebut akan mempengaruhi hasil *output* yang dihasilkan. Serta pengujian yang dilakukan dengan variasi debit air.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Hydro power

Hydro power atau tenaga air dapat diartikan sebagai energi listrik yang dihasilkan dari pergerakan air, seperti air terjun, sungai, atau waduk, yang menghasilkan tenaga kinetik yang dapat menggerakkan turbin untuk menghasilkan listrik. berdasarkan daya listrik yang dihasilkan, Pembangkit Listrik Tenaga Air diklasifikasikan menjadi beberapa tingkat sebagai berikut (Anisa Z & Novianto H, 2020). Tabel mengenai pembagian klasifikasi *hydro power* dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut.

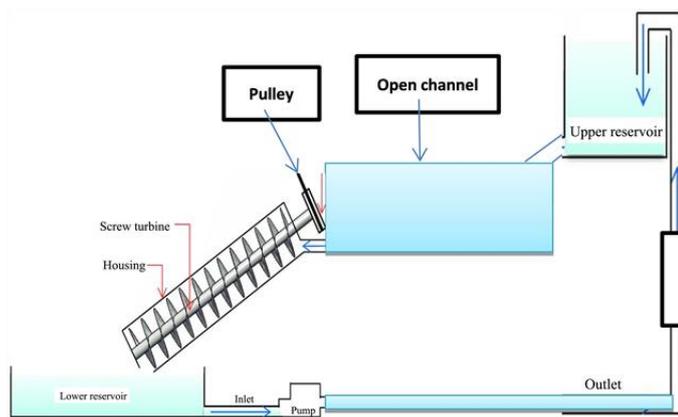
Tabel 2.2 Klasifikasi PLTA (Anisa Z & Novianto H, 2020)

<i>Hydro Type</i>	<i>Scale</i>
<i>Large Hydro</i>	<i>More than 100 MW</i>
<i>Medium Hydro</i>	15 - 100 MW
<i>Small Hydro</i>	1 - 15 MW
<i>Mini Hydro</i>	100 Kw – 1 MW
<i>Micro Hydro</i>	5 Kw – 100 kW
<i>Pico Hydro</i>	100 W – 5 kW

2.2.2 Pembangkit listrik tenaga pikohidro (PLTPH)

Pembangkit listrik tenaga piko hidro merupakan istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air dengan skala 100 W - 5 Kw. PLTPH masuk dalam kategori pemanfaatan EBT dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan, kondisi air yang dimanfaatkan sebagai sumber

daya penghasil listrik memiliki kapasitas aliran dan ketinggian, dengan prinsip kerja memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air perdetik yang ada pada saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik, energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik. Daya yang dikeluarkan oleh generator dapat diperoleh dari perkalian efisiensi turbin dan generator (Setiadi dkk., 2015). Contoh skema pembangkit listrik tenaga pikohidro turbin ulir terdapat pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Skema pembangkit listrik tenaga pikohidro (Setiadi dkk.,2015).

2.2.3 Turbin air

Turbin air digunakan untuk merubah energi air menjadi energi putar. Turbin yang dihubungkan dengan beberapa *pulley* digunakan untuk memutar generator. Terdapat 3 faktor penting dalam pemilihan jenis turbin, yaitu debit air, ketinggian jatuh air serta kecepatan putaran generator.

Pembangkitan tenaga air adalah suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Daya yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan rumus berikut (Mirzan dkk., 2017).

$$P = \rho \cdot Q \cdot h \cdot g \quad (2.1)$$

Dimana:

P : Daya keluaran secara teoritis (Watt)

ρ : Massa jenis fluida (kg/m^3)

Q : Debit air (m^3/s)

g : Gaya gravitasi (m/s^2)

h : Ketinggian efektif (m)

Daya yang dihasilkan generator dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Mirzan dkk., 2017).

$$P = V.I \quad (2.2)$$

Dimana :

P : Daya aktif (W)

V : Tegangan (V)

I : Arus (A)

Turbin air diklasifikasikan dengan beberapa cara. Hal yang utama dalam dalam klasifikasi turbin, yaitu berdasarkan cara turbin merubah energi potensial menjadi energi mekanik (Saputra dkk., 2019). Turbin air diklasifikasikan menjadi 2, yaitu :

a. Turbin reaksi

Turbin reaksi memanfaatkan energi potensial menjadi energi mekanik. Sudut pada turbin reaksi memiliki profil khusus sehingga menyebabkan penurunan selama melalui sudut. Perbedaan tekanan memberikan gaya pada sudut sehingga menyebabkan runner dapat berputar. Turbin yang termasuk dalam turbin reaksi adalah, turbin francis, turbin kaplan, dan turbin *propeller* (Saputra dkk., 2019).

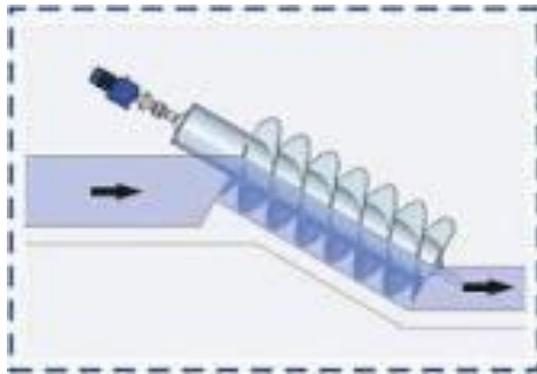
b. Turbin impuls

Turbin impuls merupakan turbin yang memanfaatkan energi potensial yang diubah menjadi energi kinetik dengan *nozzle*. Air yang dikeluarkan dari *nozzle* memiliki tekanan yang sangat tinggi untuk membentur sudut turbin. Air yang membentur sudut turbin, kecepatan air berubah sehingga terjadi perubahan momentum dan menyebabkan turbin berputar. Turbin yang termasuk dalam turbin impuls, antara lain turbin pleton, turbin turgo, dan turbin *michell-bankin*, turbin *cross flow* atau *assberger* (Saputra dkk., 2019).

a. Turbin ulir (*Archimedes screw*)

Turbin ulir atau *Archimedes Screw* merupakan turbin yang sudah ada pada zaman kuno yang dimanfaatkan sebagai pompa air untuk pengairan. Seiring dengan krisis energi dan terbatasnya potensi energi air dengan head yang tinggi. Prinsip

kerja dari turbin ini dimana tekanan dari air yang melalui bilah-bilah sudu turbin mengalami penurunan tekanan sejalan dengan penurunan kecepatan air akibat adanya hambatan dari bilah-bilah sudu turbin maka tekanan ini akan memutar turbin dan mengerakan generator listrik setelah sebelumnya daya putaran poros ditransmisikan melalui *gearbox* (Saputra dkk., 2019). Gambar dari turbin ulir dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Turbin ulir (Wedanta dkk., 2021)

Turbin *screw* merupakan salah satu turbin yang sangat spesial karena dapat beroperasi pada daerah yang memiliki *head* yang sangat rendah. Pada penggunaannya turbin *screw* ini posisi sudutnya tergantung dari kondisi *head* yang ada di lapangan. Turbin *screw* bekerja pada *head* rendah dengan ketinggian air jatuh antara 1-15 m. (Wedanta dkk., 2021).

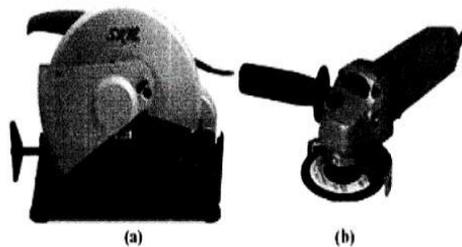
2.2.4 Proses produksi

Proses produksi adalah serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk menciptakan produk atau jasa. Proses ini terdiri dari beberapa tahap, dimulai dari perencanaan, pengadaan bahan baku, pemrosesan, perakitan, hingga pengiriman produk jadi kepada konsumen. Tujuan utama dari proses produksi adalah memenuhi kebutuhan dan permintaan pasar dengan menghasilkan produk yang memiliki kualitas tinggi, dan efektivitas dalam penggunaannya. Dengan demikian, proses produksi menjadi kunci dalam mencapai keberhasilan dalam memenuhi harapan konsumen dan mencapai keunggulan kompetitif di pasar.

2.2.5 Proses pemotongan

Proses pemotongan menggunakan gerinda adalah sebuah proses produksi dalam industri manufaktur yang melibatkan penggunaan batu gerinda sebagai alat

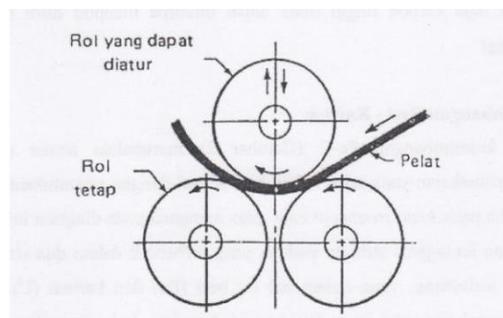
pemotong yang berputar untuk meratakan permukaan benda, mempertajam alat potong, dan melakukan pemotongan pada benda kerja. Terdapat beberapa jenis mesin gerinda yaitu gerinda permukaan, gerinda potong, mesin gerinda silindris, dan alat gerinda manual (Hadi, 2016). Gerinda potong dan gerinda manual ditunjukkan pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 (a) Mesin gerinda potong, (b) Gerinda tangan (Hadi, 2016)

2.2.6 Proses pengerolan

Pengerolan adalah proses mengurangi ketebalan atau mengubah luas penampang dari suatu benda kerja yang panjang, dengan menerapkan gaya tekan melalui seperangkat peralatan rol. Proses pelenturan dimaksudkan untuk membentuk suatu pelat dengan diameter/radius kelengkungan tertentu sesuai yang diinginkan seperti menghasilkan konstruksi berbentuk silinder atau kerucut. Mesin rol terdiri dari tiga rol yang berdiameter sama, dua diantaranya tetap dan yang satu lagi dapat di atur letaknya (Asmauna dkk., 2022). Gambar 2.4 dibawah ini adalah proses pengerolan pelat yang terjadi pada mesin rol.



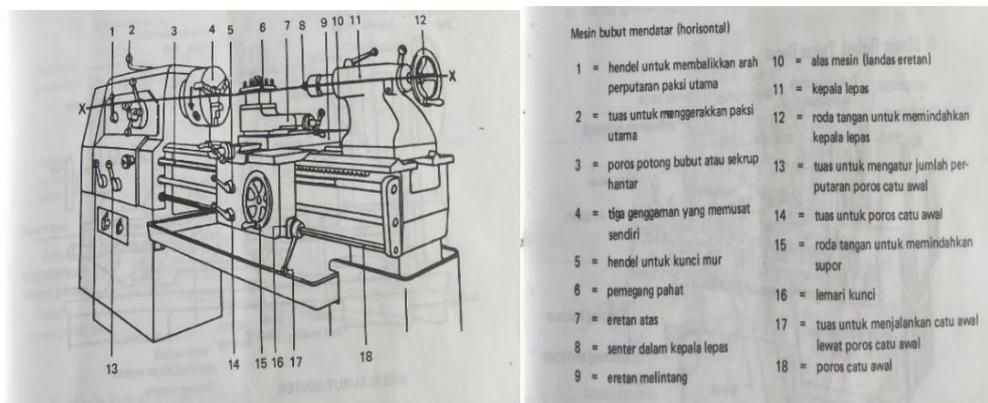
Gambar 2.4 Proses pengerolan (Asmauna dkk., 2022)

Mesin rol didefinisikan sebagai alat yang digunakan untuk merubah bentuk (umumnya berbentuk pelat) menjadi benda berbentuk lengkungan atau silinder dengan cara mereduksi. Dilihat dari prinsip kerja, mesin *roll* dapat dibagi menjadi

tiga macam yaitu : mesin rol pelat manual, mesin rol pelat semi otomatis, dan mesin rol pelat penggerak elektrik.

2.2.7 Proses bubut

Mesin bubut merupakan mesin perkakas dengan gerak utama berputar untuk mengubah ukuran dan bentuk benda kerja dengan jalan menyayat kerja tersebut menggunakan pahat. Posisi benda kerja dipasangkan pada spindel dan diputar sesuai dengan sumbu mesin sedangkan pahat digerakkan dengan eretan untuk menyayat benda kerja. Panjang maksimal benda yang bisa dibubut dapat diukur mulai jarak senter dari kepala tetap sampai senter kepala lepas (Daryanto, 2006). Gambar mesin bubut dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Mesin Bubut (Daryanto, 2006)

Berikut rumus perhitungan proses bubut untuk mengetahui waktu pembubutan pada material (Rochim, 1993).

a. Kecepatan potong

$$vc = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.3)$$

Dimana :

vc = Kecepatan potong (m/menit)

n = Putaran spindle (rpm)

d = Diameter benda kerja (mm) = $(d_0 + d_m) / 2$

d₀ = Diameter awal (mm)

d_m = Diameter akhir (mm)

b. Kecepatan makan

$$vf = f \times n \quad (2.4)$$

Dimana :

v_f = Kecepatan makan (mm/menit)

f = Gerak makan (mm/putaran)

n = Putaran spindle (rpm)

c. Waktu pemotongan pembubutan rata

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \quad (2.5)$$

Dimana :

T_c = Waktu pemotongan (menit)

v_f = Kecepatan makan (mm/menit)

l_t = Panjang pemesinan (mm)

d. Waktu pemotongan pembubutan muka (*facing*)

$$t_c = \frac{d/2}{v_f} \quad (2.6)$$

Dimana:

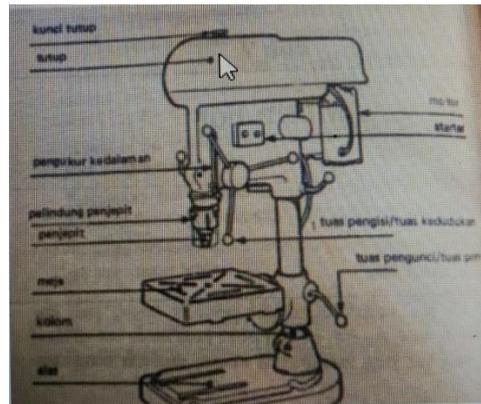
t_c = waktu dalam satu kali pemakanan (menit)

V_f = kecepatan makan (mm/menit)

$\frac{1}{2} d$ = setengah diameter benda kerja *facing* (mm)

2.2.8 Proses gurdi

Menurut (Daryanto, 2006), mesin gurdi (bor) adalah proses pemesinan yang paling sederhana di antara proses pemesinan yang lain. Biasanya di bengkel atau workshop proses ini dinamakan proses bor, walaupun istilah ini sebenarnya kurang tepat. Proses gurdi dimaksudkan sebagai proses pembuatan lubang bulat dengan menggunakan mata bor (*twist drill*). Sedangkan proses (*boring*) adalah proses melumaskan/memperbesar lubang yang bisa dilakukan dengan batang bor (*boring bar*) yang tidak hanya dilakukan pada mesin gurdi, tetapi bisa dengan mesin bubut, mesin frais, atau mesin bor. Gambar mesin gurdi dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Mesin Gurdi (Daryanto, 2006)

Berikut ini adalah rumus perhitungan proses gurdi yang akan digunakan pada turbin ulir pembangkit listrik pikohidro sebagai media pembelajaran (Rochim, 1993) :

- a. Perhitungan kecepatan potong

$$Vc = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.7)$$

Dimana

Vc = Kecepatan potong (m/min)

π = 3,14

d = Diameter gurdi (mm)

n = kecepatan *spindle* (rpm)

- b. Perhitungan gerak makan per mata potong

$$f_z = \frac{V_f}{z \cdot n} \quad (2.8)$$

Dimana:

f_s bisa juga dicari dengan rumus $f_s = 0,084 \times \sqrt[3]{d}$

f_s = gerak makan per mata potong (mm/putaran)

V_f = kecepatan makan (mm/menit)

n = putaran *spindle* (rpm)

z = Jumlah gigi (mata potong)

- c. Perhitungan waktu potong

$$t_c = \frac{L_t}{V_f} \quad (2.9)$$

Dimana:

t_c = waktu pemotongan (menit)

V_f = kecepatan makan (mm/menit)

l_t = panjang pemesinan (mm)

$$= l_v + l_w + l_n$$

l_v = panjang langkah awal pemotongan (mm)

l_w = panjang pemotongan benda kerja (mm)

l_n = panjang langkah akhir pemotongan (mm)

$$= \frac{d}{2 \tan K_r}; \text{ sudut potong utama} = \frac{1}{2} \text{ sudut ujung}$$

d. Panjang pemakanan atau penggurdian:

$$l_t = l_v + l_w + l_n \quad (2.10)$$

Dimana:

l_t = panjang pemakanan (mm)

l_v = panjang awal pemakanan (mm)

l_w = panjang pemakanan atau pemotongan pada benda kerja (mm)

l_n = panjang akhir pemakanan (mm)

e. Panjang akhir pemakanan:

$$l_n = \frac{d/2}{\tan k_r} \quad (2.11)$$

Dimana:

l_n = panjang akhir pemakanan (mm)

$\tan k_r$ = sudut potong utama atau $\frac{1}{2}$ sudut mata potong ($^\circ$)

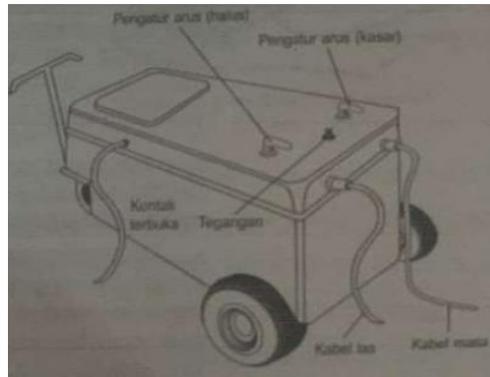
$d/2$ = setengah diameter gurdi (mm)

2.2.9 Proses pengelasan

Menurut (Widharto, 2008), las adalah suatu cara untuk menyambung benda padat dengan jalan mencairkan melalui pemanasan. Untuk berhasilnya penyambungan yang diperlukan beberapa persyaratan yang harus dipenuhi:

- Bahwa benda padat tersebut dapat cair atau lebur oleh panas.
- Bahwa antara benda-benda padat yang disambung tersebut terdapat kecocokan sifat lasnya sehingga tidak ada atau tidak menggagalkan sambungan tersebut.

- Bahwa cara-cara penyambungan sesuai dengan sifat benda padat dan tujuan penyambungannya.



Gambar 2.7 Las Listrik (Widharto, 2008)

Proses pengelasan biasanya untuk menggabungkan bagian-bagian rangka atau benda kerja menjadi satu kesatuan yang lebih kokoh dan kuat. (Wirjosumarto dan Okumura, 2000). Berdasarkan klasifikasi pengelasan terbagi menjadi 3:

a. Pengelasan cair

Pengelasan sambungan logam yang dipanaskan hingga mencapai titik lebur menggunakan sumber panas seperti busur listrik atau semburan api gas. Selanjutnya, logam yang sudah mencapai titik lebur akan dilelehkan dan dibiarkan mendingin hingga membentuk ikatan yang kuat antara dua logam yang disambungkan.

b. Pengelasan tekan

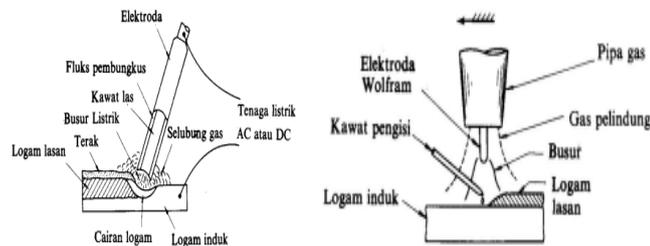
Adalah cara pengelasan di mana logam yang akan disambung dipanaskan dahulu dan kemudian ditekan secara kuat hingga terjadi penyatuan dan terbentuklah sambungan yang kuat antara kedua logam tersebut.

c. Pematrian

Pematrian dalam proses pengelasan yaitu di mana terdapat sambungan diikat dan disatukan menggunakan paduan logam yang memiliki titik lebur yang lebih rendah daripada logam dasarnya, sehingga logam dasar tidak ikut mencair.

Pembuatan rangka pada turbin ulir menggunakan proses pengelasan cair saat proses perakitannya, yaitu menggunakan busur las listrik pada pengelasan SMAW atau bahan tambah pada pengelasan GTAW. Elektroda ini merupakan logam yang dibungkus menggunakan *fluks* atau pelindung agar pada saat proses pengelasan berlangsung dapat terlindungi pengaruh udara dari luar yang

mengandung oksigen atau air yang dimana itu dapat menyebabkan korosi, sedangkan bahan tambah atau kawat las pada pengelasan GTAW merupakan bahan tambah juga seperti elektroda hanya saja tidak menggunakan *fluks*. Gambar jenis pengelasan dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8 Jenis pengelasan (a) Pengelasan listrik dengan elektroda, (b) pengelasan las busur gas (Wiryosumarto dan Okumura, 2000)

Berikut ini merupakan rumus perhitungan pengelasan yang akan digunakan pada material .

a. Jumlah elektroda

$$\text{Jumlah elektroda} = \frac{\text{Total panjang las}}{\text{Panjang las per batang elektroda}} \quad (2.12)$$

Keterangan:

Jumlah elektroda = batang

Total panjang las = mm

Panjang las per batang elektroda = mm/batang

b. Waktu pengelasan

$$\text{Waktu pengelasan} = \frac{\text{Jumlah elektroda}}{\text{Waktu pengelasan per batang elektroda}} \quad (2.13)$$

Keterangan:

Waktu pengelasan = menit

Jumlah elektroda = batang

Waktu pengelasan per batang elektroda = batang/menit

2.2.10 Generator DC

Generator DC atau generator arus searah pada umumnya memiliki komponen dasar yang mirip dengan komponen mesin-mesin listrik lainnya. Secara

garis besar, generator DC merupakan mesin konversi energi mekanis berupa energi gerak menjadi energi listrik. Energi mekanik digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar didalam medan magnet. Menurut hukum Faraday, akan timbul GGL induksi pada kawat penghantar yang besarnya sebanding dengan laju perubahan *fluks* yang dilingkupi oleh kawat penghantar. Jika kumparan kawat tersebut berupa rangkaian tertutup, maka akan timbul arus induksi. Perbedaan pada masing-masing generator biasanya terletak pada komponen penyearah yang ada didalamnya yang disebut dengan komutator dan sikat (Anisa Z & Novianto H, 2020). Gambar generator DC dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut



Gambar 2.9 Generator DC (Anisa dan Novianto,2020)

2.2.11 AVO meter

AVO meter merupakan gabungan dari tiga alat ukur listrik yaitu amperemeter, voltmeter, dan ohmmeter. Avo meter biasanya juga disebut multimeter karena dapat dipergunakan untuk beberapa macam pengukuran. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan AVO meter yaitu batas ukur alat, ketepatan posisi jarum pada angka 0, dan pemakaian yang sesuai dengan fungsi alat ukur tersebut (Widodo S T & Wicaksono W, 2019). Contoh AVO meter dapat dilihat pada gambar 2.10 sebagai berikut.



Gambar 2.10 AVO meter digital (Widodo S T & Wicaksono W, 2019)

