

BAB V

TEMUAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Temuan Hasil Penelitian

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil obeservasi dan pengukuran lapangan di sungai curug Cilutung yang berlokasi di Desa Talagakulon, Blok Ciranca, Kecamatan Talaga, Kabupaten Majalengka didapatkan data berupa ukuran lebar sungai, kedalaman sungai dan kecepatan aliran sungai. Data-data tersebut dapat di olah sehingga menghasilkan nilai berupa nilai rata-rata kedalaman sungai, luas penampang sungai, rata-rata waktu tempuh aliran sungai, debit air sungai, potensi hidrolik sungai, debit aing yang dapat dimanfaatkan, ukuran saluran *intake*, ukuran saluran pembawa, ukuran bak penenang, ukuran pipa *penstock*, ukuran turbin, kapasitas generator, ukuran *pulley* dan total potensi daya dibangkitkan.

Sungai curug Cilutung memiliki potensi untuk dibangun kembali pembangkit listrik tenaga mikrohidro untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi potensial pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan debit air yang mumpuni namun fungsional sungai curug Cilutung oleh masyarakat setempat dimanfaatkan juga untuk kepentingan lainnya. Sehingga sumber energi potensial yang bisa dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro hanya sekitar 20%, sisanya dimanfaatkan untuk kepentingan warga lainnya seperti saluran irigasi sawah, sumber air masyarakat setempat dan tempat wisata.

5.1.1 Potensi Sungai

Berdasarkan dari pengolahan data yang dilakukan peneliti pada penelitian ini didapatkan hasil nilai potensi sungai meliputi kedalaman sungai, luas penampang sungai, rata-rata waktu tempuh aliran sungai, rata-rata kecepatan aliran sungai, debit air sungai rata-rata, potensi daya hidrolik sungai dan debit air sungai yang dapat dimanfaatkan. Untuk hasil dari pengolahan data yang di didapatkan untuk potensi sungai ditunjukkan pada tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1
Temuan Nilai Potensi Sungai

No	Parameter	Nilai
1	Kedalaman sungai	2.85 m
2	Luas penampang sungai	21.375 m ²
3	Rata-rata waktu tempuh aliran sungai	56.826 detik
4	Rata-rata kecepatan aliran sungai	0.177 m/s
5	Debit air sungai rata-rata	3.79 m ³ /s
6	Potensi daya hidrolik sungai	345.54 kW
7	Debit air sungai yang dapat dimanfaatkan	0.76 m ³ /s.

5.1.2 Bangunan Hidrolik

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan, didapatkan nilai yang dijadikan *input* dalam perancangan bangunan hidrolik. Dalam pengolahan data, didapatkan nilai ukuran yang meliputi perancangan saluran intake, perancangan saluran pembawa (*headrace*), perancangan bak penenang dan perancangan turbin.

Untuk data spesifikasi yang didapatkan dalam perancangan saluran *intake* ditunjukkan pada tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2
Spesifikasi Saluran Intake

Spesifikasi	Hasil
Lebar	1.5 m
Kedalaman	2.85 m
Luas permukaan	4.275 m ²

Untuk data spesifikasi yang didapatkan dalam perancangan saluran pembawa (*headrace*) ditunjukkan pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3
Spesifikasi Saluran Pembawa

Spesifikasi	Hasil
Lebar	1.5 m

Spesifikasi	Hasil
Kedalaman	2.85 m
Luas permukaan	4.275 m ²
Kecepatan minimum	0.156 m/s
Kecepatan maksimum	0.205 m/s
Kecepatan rata-rata	1.77 m/s

Untuk data spesifikasi yang didapatkan dalam perancangan bak penenang ditunjukkan pada tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4
Spesifikasi Bak Penenang

Spesifikasi	Hasil
Panjang	7.79 m
Lebar	0.97 m
Kedalaman	2.59 m

Untuk data spesifikasi yang didapatkan dalam perancangan pipa *penstock* ditunjukkan pada tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5
Spesifikasi Pipa Penstock

Parameter	Hasil
Diameter pipa	0.6 m
Ketebalan pipa	0.01 m
Tekanan pipa	1.00254 kg/cm ²

5.1.3 Komponen Elektromekanik

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan, didapatkan nilai yang dijadikan *input* dalam perancangan komponen elektromekanik. Dalam pengolahan data, didapatkan nilai ukuran yang meliputi perancangan turbin, pemilihan generator dan perancangan *pulley*.

Untuk data spesifikasi yang didapatkan dalam perancangan turbin ditunjukkan pada tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4.6
Spesifikasi Turbin

Spesifikasi	Hasil
Diameter Turbin	0.3 m
Panjang Turbin	0.22 m
Diameter <i>Shaft</i>	0.065 m
Diameter <i>Pitch Circle</i>	0.22 m
Putaran Turbin	405 rpm
Ketebalan Pisau Turbin	0.026 m
Jarak Antar Pisau Turbin	0.052 m
Jumlah Pisau Turbin	18 bilah

Untuk data spesifikasi yang didapatkan dalam penentuan nilai kapasitas generator didapatkan nilai kapasitas generator sebesar 67.53 kW.

Untuk data spesifikasi yang didapatkan dalam perancangan *pulley* ditunjukkan pada tabel 4.7 sebagai berikut:

Tabel 4.7
Spesifikasi Pulley

Spesifikasi	Hasil
<i>Pulley</i> Turbin	30 cm
<i>Pulley</i> Generator	8.1 cm

5.1.4 Potensi Daya Yang Dibangkitkan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan, didapatkan nilai yang dijadikan *input* dalam mendapatkan nilai potensi daya yang dibangkitkan, nilai potensi daya yang dibangkitkan setelah melewati turbin, transmisi dan generator sehingga mendapatkan nilai total potensi yang dibangkitkan. Hasil perhitungan nilai potensi daya ditunjukkan pada tabel 4.8 sebagai berikut:

Tabel 4.8
Nilai Potensi Daya

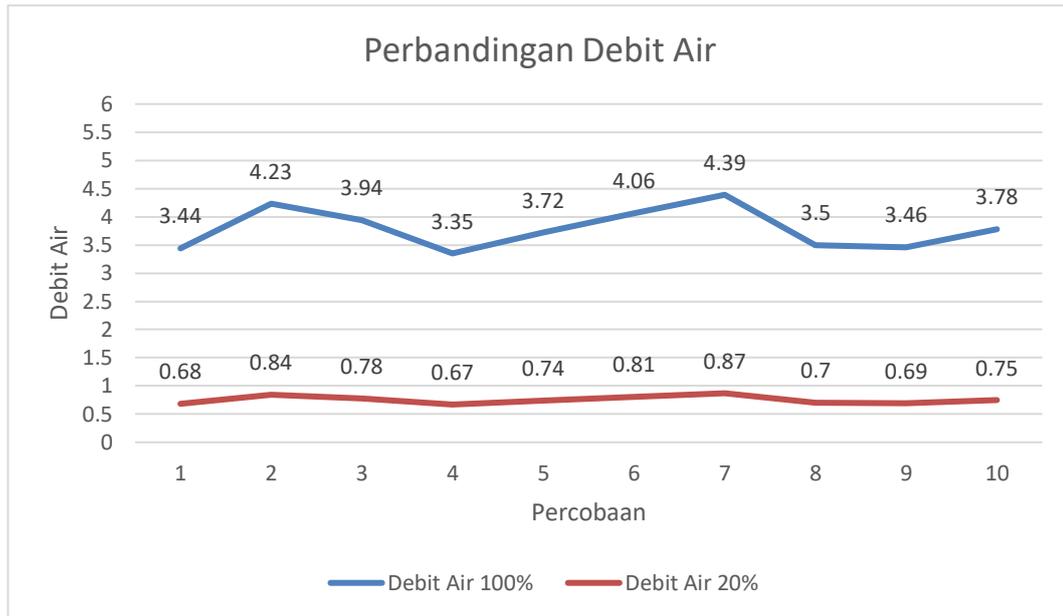
No	Parameter	Nilai terbesar	Nilai terkecil	Nilai rata-rata
1	P_w	80.13 kW	61.06 kW	69.12 kW

No	Parameter	Nilai terbesar	Nilai terkecil	Nilai rata-rata
2	P_T	68.91 kW	52.51 kW	59.44 kW
3	P	60.78 kW	46.32 kW	52.42 kW

5.2 Pembahasan

5.2.1 Nilai Debit Air

Berdasarkan hasil observasi serta pengolahan data, pada penelitian ini didapatkan luas penampang sungai dengan nilai sebesar $21.375 m^2$ dan kecepatan rata-rata aliran sungai sebesar $0.177 m/s$. Kedua nilai tersebut menjadi *input* data untuk menentukan debit air rata-rata. Untuk nilai-nilai debit air yang dihasilkan dari 10 kali percobaan dengan menggunakan metode apung, ditunjukkan pada tabel 3.4. Dengan didapatkan nilai rata-rata debit air sungai adalah $3.79 m^3/s$. Nilai debit air ini akan menjadi *input* dalam menentukan potensi daya yang mampu dibangkitkan. Namun, setelah melakukan observasi dengan mewawancarai warga setempat, bahwa sungai curug Cilutung memiliki fungsi sebagai sumber air irigasi warga dan sumber air sehari-hari warga sehingga dari total 100% energi potensial sungai yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit, hanya bisa dimanfaatkan sebesar 20% nya saja. Itu sangat berpengaruh pada potensi daya yang dibangkitkan, namun dari hasil perhitungan debit air setelah dikalkulasikan dengan hanya 20% yang dapat dimanfaatkan, sungai curug Cilutung tetap berpotensi dibangkitkan pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan didapatkan nilai debit airnya ditunjukkan pada tabel 3.6 dimana didapatkan rata-rata debit air yang dihasilkan adalah $0.75 m^3/s$. Terjadi selisih sekitar perbandingan 100% nilai debit air dengan 20% debit air ditunjukkan pada gambar 4.1 sebagai berikut:



Gambar 4.1 Kurva Debit Air

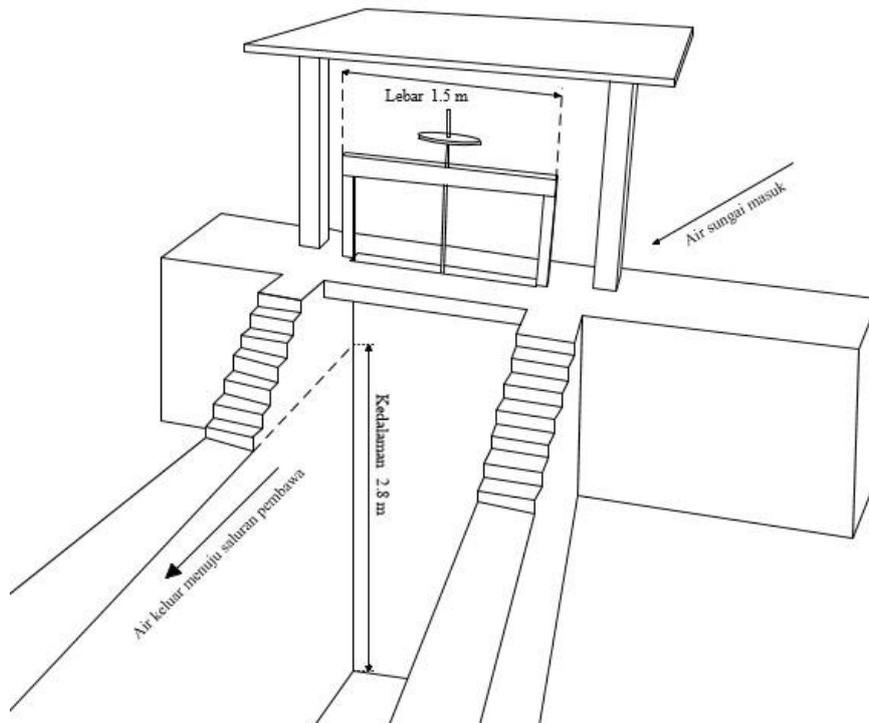
Dari hasil perbandingan debit air pada kurva yang ditunjukkan gambar 4.1 terjadi perbedaan yang cukup signifikan dimana terdapat selisih sekitar $3,04 \text{ m}^3/\text{s}$. Pada pengolahan data juga didapatkan nilai maksimum serta nilai minimum dari debit air. Nilai debit air sendiri akan menjadi faktor *input* dalam melakukan perancangan lainnya pada penelitian ini.

5.2.2 Bangunan Hidrolik

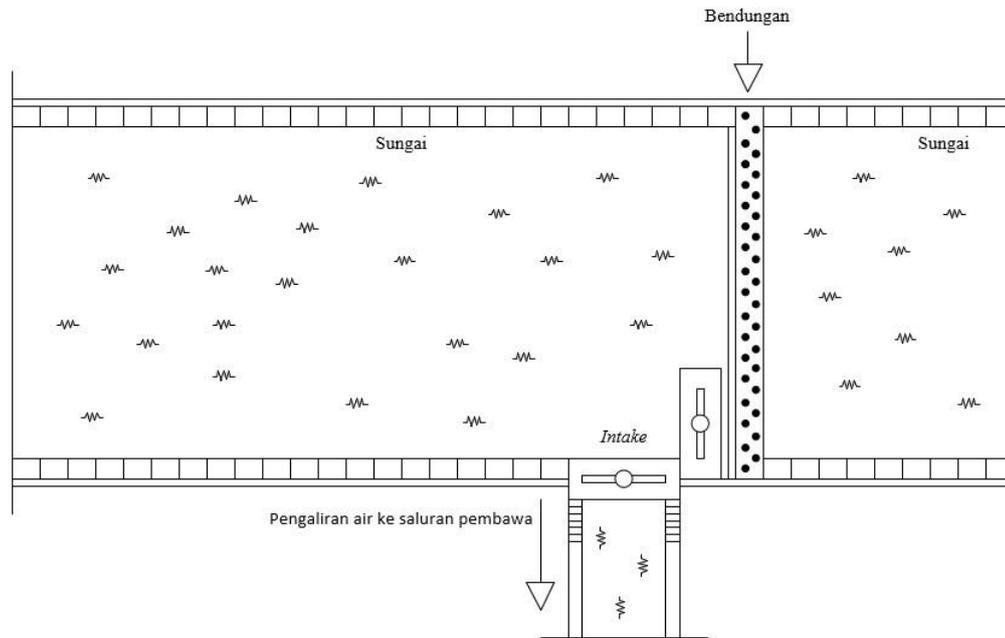
Perancangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro pada penelitian ini meliputi perancangan bangunan hidrolik yang diantaranya perancangan saluran *intake*, perancangan saluran pembawa (*headrace*), bak penenang dan pipa *penstock*. Perancangan bangunan hidrolik meliputi perancangan ukuran minimum yang bisa digunakan pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro dan disesuaikan kembali dengan kondisi lapangan yang ada.

Pada perancangan saluran *intake* dengan hanya memanfaatkan 20% debit air sungai curug Cilutung sebagai energi potensial pembangkit listrik tenaga mikrohidro, didapatkan ukuran saluran *intake* dengan lebar 1.5 m, kedalaman 2.85 m dan luas permukaan 4.275 m^2 . Ukuran tersebut didapatkan dari 20% ukuran sungai yang ada, dimana ukuran sungai terukur dengan lebar 7.5 m, kedalaman 2.85 m dan luas permukaan 4.275 m^2 . Untuk perancangan saluran *intake* bisa saja menggunakan 100% ukuran sungai yang ada jika sungai yang akan dijadikan

sumber energi potensial tidak dimanfaatkan untuk kepentingan lain. Namun pada penelitian ini sungai curug Cilutung dimanfaatkan untuk kepentingan lain oleh warga setempat untuk saluran irigasi sawah dan sebagai sumber utama air bagi warga setempat sehingga yang dimanfaatkan tidak bisa 100% dan hanya 20% saja. Untuk visualisasi serta denah perancangan saluran *intake* ditunjukkan pada gambar 4.2 dan 4.3 sebagai berikut:

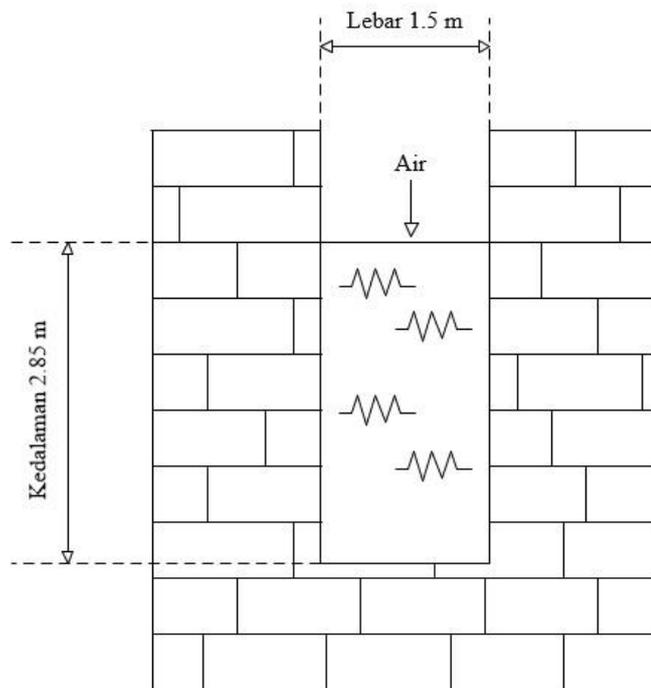


Gambar 4.2 Visualisasi Saluran *Intake*
(Sumber: Hasil Perancangan)



Gambar 4.3 Denah Perancangan Saluran Intake
(Sumber: Hasil Perancangan)

Pada perancangan saluran pembawa (*headrace*) untuk ukuran lebar serta kedalaman, mengikuti ukuran pada saluran *intake*. Hal tersebut dilakukan karena pada kondisi lapangan yang ada, luas tanah yang tersedia untuk jalur saluran pembawa berdekatan dengan pemukiman warga baik itu rumah maupun sawah. Sehingga untuk ukuran yang dirancang didapatkan lebar 1.5 m, kedalaman 2.85 m dan luas permukaan 4.275 m^2 . Pada saluran pembawa yang dirancang, didapatkan nilai kecepatan minimum air yang mengalir sebesar 0.156 m/s dan nilai kecepatan minimum air yang mengalir sebesar 0.205 m/s . Nilai tersebut didapatkan dari debit air yang masuk pada saluran *intake* yang ditunjukkan pada tabel 3.7. Untuk visualisasi perancangan saluran pembawa, ditunjukkan pada gambar 4.4 sebagai berikut:



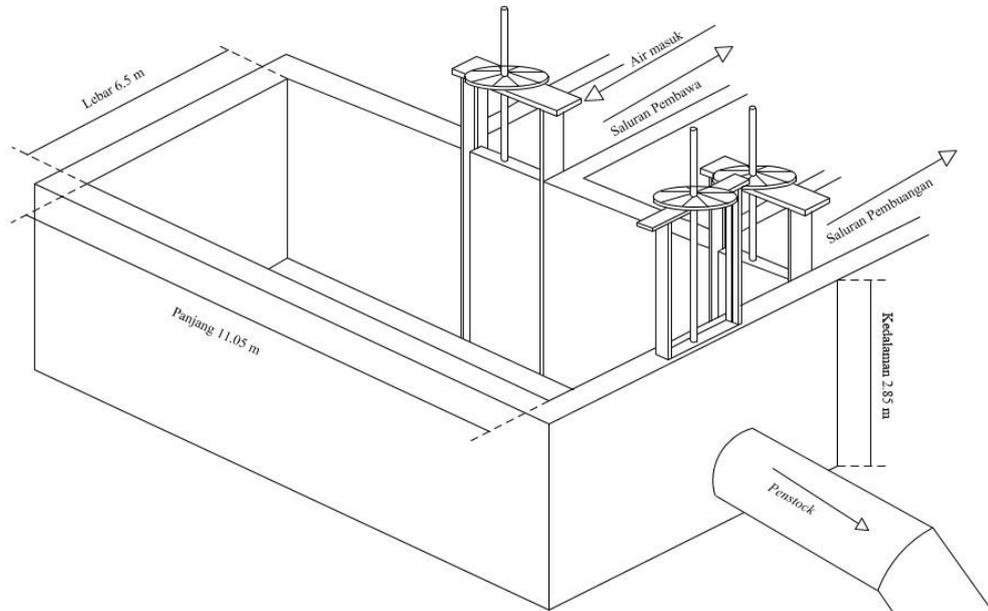
Gambar 4.4 Visualisasi Saluran Pembawa
(Sumber: Hasil Perancangan)

Pada perancangan bak penenang didapatkan ukuran minimum dari bak penenang yang bisa digunakan dengan memanfaatkan 20% debit air yang akan masuk pada bak penenang. Untuk ukuran minimum bak penenang didapatkan nilai panjang 7.79 m, lebar 0.97 m dan kedalaman 2.59 m yang ditunjukkan pada tabel 4.3. Namun pada perancangan ini, untuk ukuran bangunan bak penenang yang akan digunakan tidak menggunakan nilai minimum yang telah didapatkan dan menggunakan ukuran bak penenang yang pernah ada sebelumnya. Hal tersebut dikarenakan mempertimbangkan dari segi fungsional bak penenang oleh warga setempat selain sebagai penampung air untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Karena pada persamaan formulasi matematis pun dalam menentukan ukuran-ukuran yang penenang menggunakan simbol \sim bukan $=$ sehingga ukuran yang didapatkan hanya sebagai nilai minimum. Ukuran yang digunakan pada perancangan bak penenang penelitian ini dengan panjang 11.05 m, lebar 6.5 m dan kedalaman 2.85 m. Perbandingan antara hasil perhitungan sebagai ukuran minimum perancangan bak penenang dan ukuran bak penenang yang digunakan ditunjukkan pada tabel 4.9.

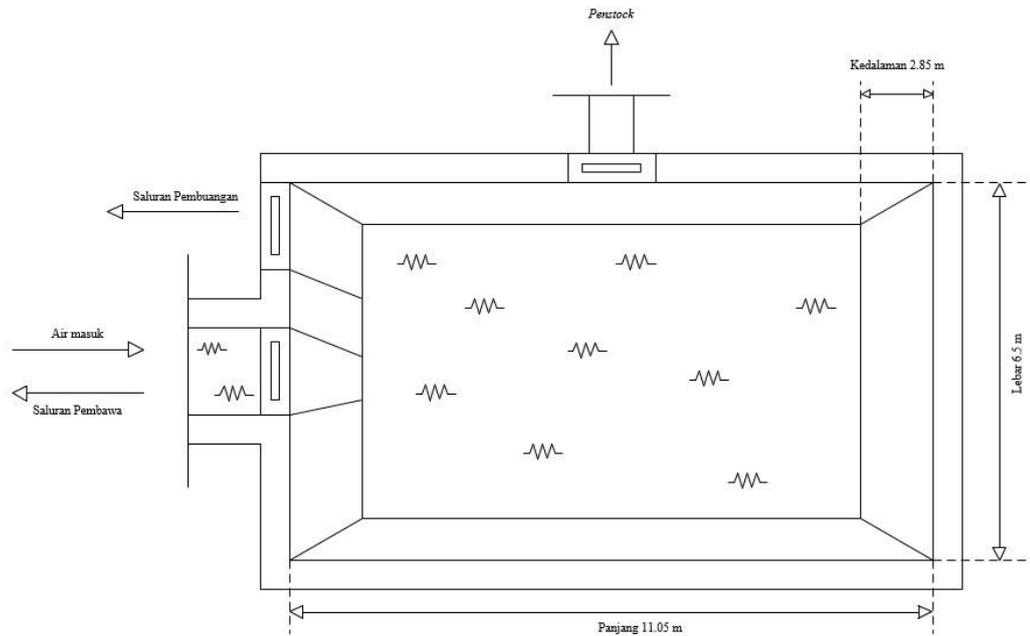
Tabel 4.9
Perbandingan Data Spesifikasi Bak Penenang

Spesifikasi	Hasil perhitungan	Hasil observasi
Panjang	7.79 m	11.05 m
Lebar	0.97 m	6.5 m
Kedalaman	2.59 m	2.85 m

Dari perbandingan pada tabel 4.9 didapatkan selisih ukuran yang cukup besar dimana selisih pada panjang adalah 3.26 m, selisih lebar 5.53 m dan kedalaman 0.26. Namun kembali lagi untuk pembangunan komponen diperlukan observasi sesuai dengan fungsional warga setempat. Untuk visualisasi gambar serta denahnya ditunjukkan pada gambar 4.5 dan 4.6 sebagai berikut:

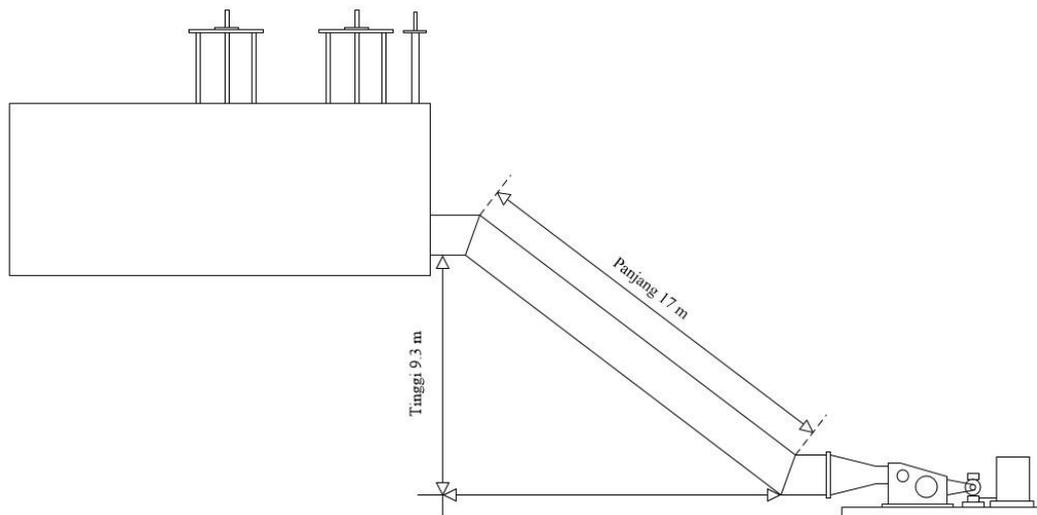


Gambar 4.5 Visualisasi Perancangan Bak Penenang
(Sumber: Hasil Perancangan)

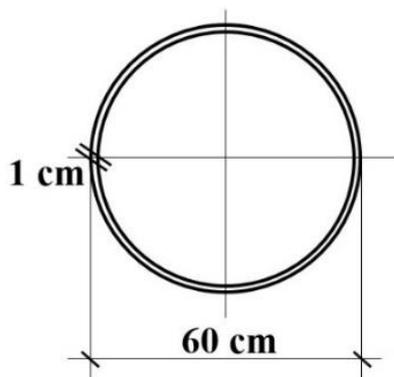


Gambar 4.6 Denah Perancangan Bak Penenang
(Sumber: Hasil Perancangan)

Pada perancangan pipa *penstock* memanfaatkan nilai *input* debit air yang dimanfaatkan sebesar 20%, dengan tinggi (*head*) 9.3 m dan panjang pipa *penstock* 17 m. Pada perancangan ukurannya meliputi ukuran diameter pipa *penstock* dan ketebalan pipa *penstock*. Ukuran ini dirancang dengan memperhatikan kondisi lapangan serta keadaan tersedianya lahan yang ada. Tekanan hidrostatik yang didapatkan untuk perancangan pipa *penstock* didapatkan sebesar 100254 Pa atau 1.00254 kg/cm^2 . Sehingga didapatkan diameter dari pipa *penstock* yang dirancang adalah 0.6 m dengan ketebalan 1 cm. Untuk ukuran pipa *penstock* ini menjadi nilai minimum dan ketika pemilihan pipa *penstock* tetap disesuaikan dengan ukuran yang ada dipasaran, namun ukuran yang dipilih tidak boleh kurang dari nilai minimum yang dirancang dan untuk spesifikasi pipa *penstock* ditunjukkan pada tabel 4.5. Untuk visualisasi perancangan pipa *penstock* dan ukuran perancangan pipa *penstock* ditunjukkan pada gambar 4.7 dan 4.8 sebagai berikut:



Gambar 4.7 Visualisasi Perancangan Pipa *Penstock*
(Sumber: Hasil Perancangan)



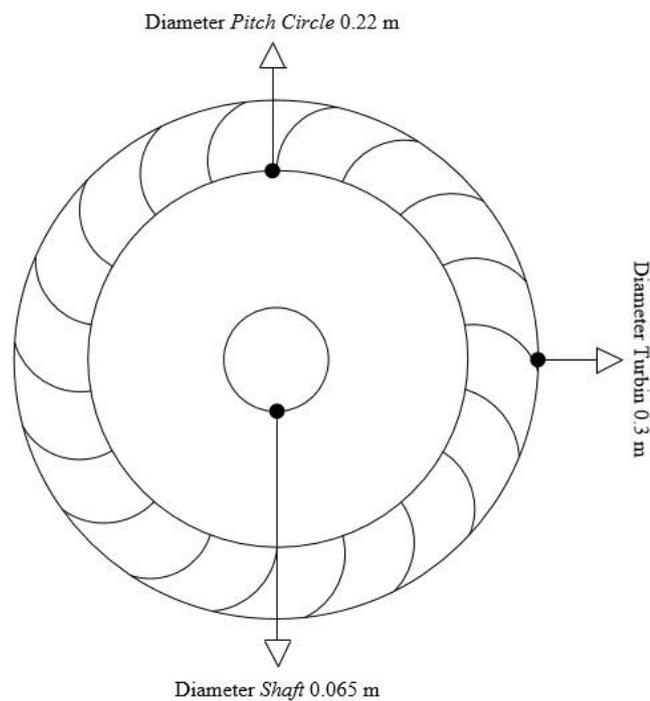
Gambar 4.8 Ukuran Perancangan Pipa *Penstock*
(Sumber: Hasil Perancangan)

5.2.3 Komponen Elektromekanik

Perancangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro pada penelitian ini meliputi perancangan komponen elektromekanik yang diantaranya penentuan jenis turbin, perancangan spesifikasi ukuran turbin, penentuan kapasitas generator dan perancangan ukuran *pulley*.

Pada perancangan turbin dalam penelitian ini, ditentukan jenis turbin yang digunakan adalah jenis turbin *crossflow*. Karena menggunakan *input* tinggi (*head*) dan nilai debit air sesuai dengan Peraturan Pemerintah ESDM No.3, 2013 dari diagram pemilihan turbin, turbin yang cocok digunakan adalah turbin jenis *crossflow*. Turbin *crossflow* sendiri memiliki nilai efisiensi tinggi mencapai 86% dan memiliki nilai efisiensi minimal sebesar 60%. Pada perancangan turbin,

didapatkan nilai ukuran diameter turbin sebesar 30 cm, panjang turbin sebesar 0.22 m, diameter *shaft* sebesar 0.065 m dan diameter *pitch circle* sebesar 0.22 m. Untuk perancangan turbin lainnya didapatkan nilai kecepatan putaran turbin adalah 405 rpm, ketebalan pisau turbin adalah 0.026 m, jarak antar pisau turbin 0.052 m dan jumlah pisau turbin adalah 18.001 bilah atau dibulatkan menjadi 18 bilah. Namun dalam segi pemilihan turbin pun harus disesuaikan dengan spesifikasi dipasaran dan perhitungan ini menjadi nilai minimum pada rancangan. Untuk nilai spesifikasi perancangan turbin, ditunjukkan pada tabel 4.6. Untuk visualisasinya ditunjukkan pada gambar 4.9 sebagai berikut:



Gambar 4.9 Visualisasi Perancangan Turbin
(Sumber: Hasil Perancangan)

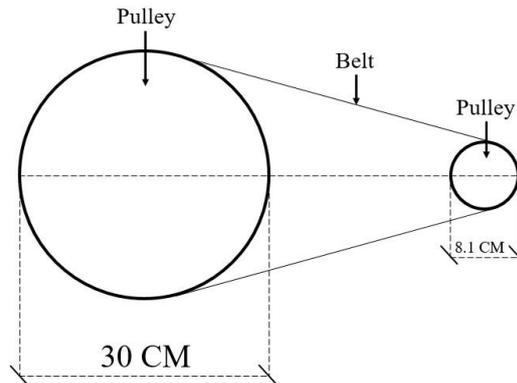
Pada penentuan generator, dalam penelitian ini menggunakan generator jenis sinkron 3 fasa karena biasa digunakan pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Generator sinkron ini memiliki nilai *voltage start connection* 220/380 V, dengan nilai frekuensi 50 Hz, nilai kecepatan putaran generator yang digunakan adalah 1500 rpm. Dalam penelitian ini menggunakan generator yang berkapasitas sebesar 67.53 kW. Nilai kapasitas generator didapatkan dari 20% nilai potensi hidrolik yang dimanfaatkan setelah dikalikan dengan nilai efisiensi turbin, efisiensi transmisi dan efisiensi generator. Untuk nilai kapasitas generator yang pada

perancangan pun menjadi nilai minimum yang dapat digunakan dan disesuaikan kembali dengan yang ada dipasaran. Untuk hasil dari perhitungan nilai kapasitas generator, itu sebagai acuan dalam pemilihan generator yang ada di pasaran. Untuk generator yang sesuai dengan yang ada di pasaran didapatkan spesifikasi generatornya sebagai berikut:

Tabel 4.10
Spesifikasi Generator *Merk OEM*

Merek Generator OEM by <i>Jianghao Generator</i>	
Nama produk	<i>With Cummins 70 kW diesel generator</i>
Kecepatan	1500/1800 rpm
Frekuensi	50/60 HZ
<i>Controler</i>	<i>Smartgen/Deep Sea</i>
<i>Type</i>	<i>Open Frame</i>
Tegangan	400/230
Nomor model	<i>JH-100CC</i>
<i>Engine</i>	<i>Commins 6BT5.9-G1</i>
<i>Certificate</i>	<i>ISO,CE</i>
<i>Alternator</i>	<i>Marathon/Stamford</i>

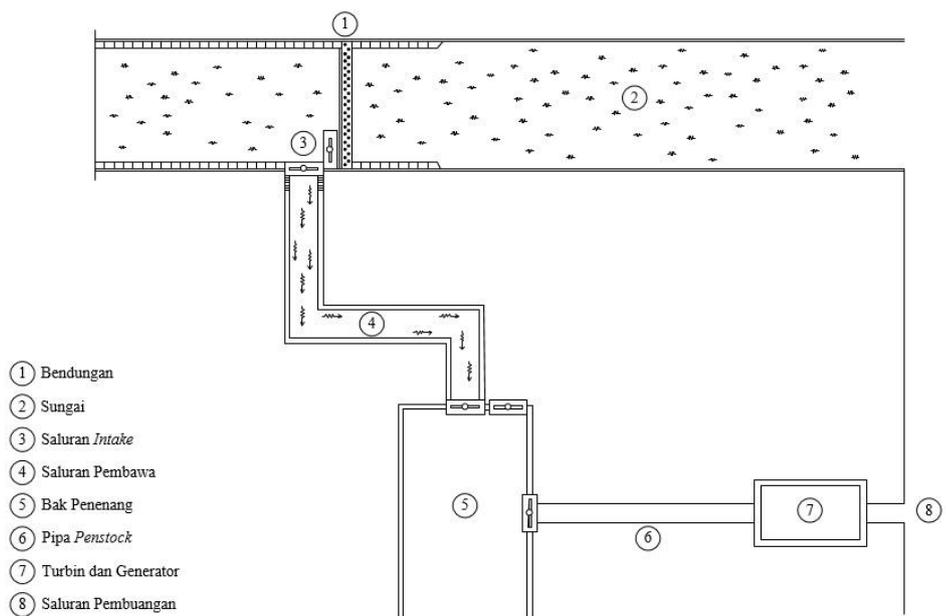
Pada perancangan *pulley* menggunakan *input* data dari nilai diameter turbin, kecepatan putar turbin dan kecepatan putar generator. Dengan diameter turbin yang didapat adalah 30 cm dengan kecepatan 405 rpm dan kecepatan generator 1500 rpm sehingga didapatkan ukuran *pulley* turbin sebesar 30 cm dan untuk *pulley* generator sebesar 8.1 cm. Pemilihan *pulley* pada penelitian ini karena apabila menggunakan *pulley* jarak poros antara turbin dan generator yang tidak tertentu dapat dicapai dan torsi yang didapatkan lebih maksimal karena pemindahan tenaga berlangsung secara elastik. Untuk visualisasi *pulley* dapat dilihat pada gambar 4.10 sebagai berikut:



Gambar 4.10 Visualisasi Perangan *Pulley*
(Sumber: Hasil Perancangan)

5.2.4 Potensi Daya yang Dapat Dibangkitkan

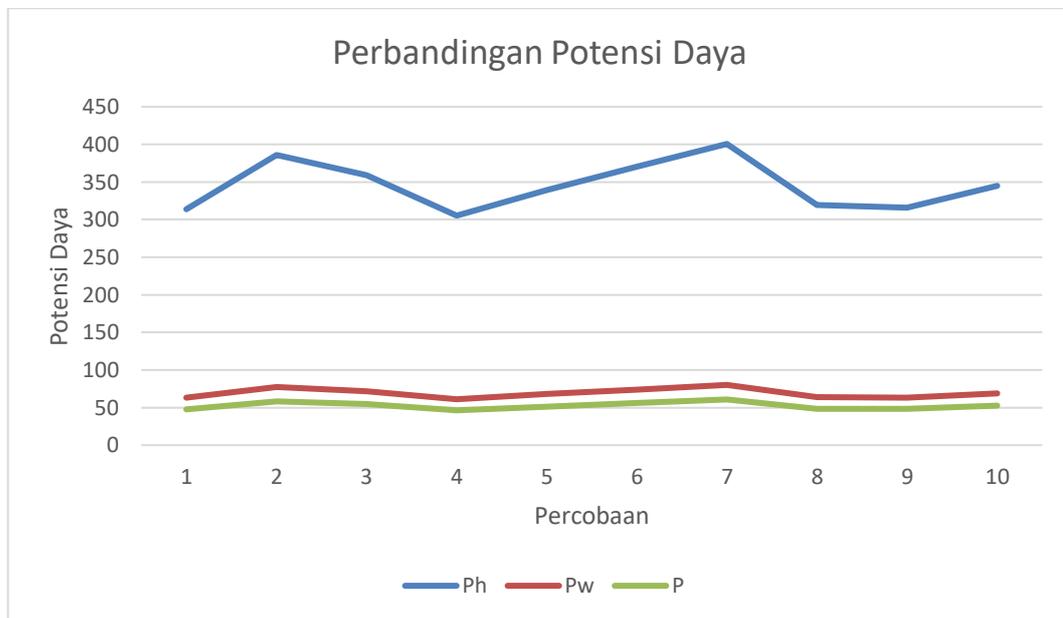
Setelah dilakukannya perancangan dari segi perancangan bangunan hidrolik dan komponen elektromekanik, didapatkanlah hasil potensi daya yang mampu dibangkitkan oleh pembangkit listrik tenaga mikrohidro Talagakulon. Untuk memudahkan pembaca dalam melihat keseluruhan komponen dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang telah dirancang, dibuatlah perancangan denah keseluruhan pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang ditunjukkan pada gambar 4.11 sebagai berikut.



Gambar 4.11 Denah Perancangan PLTMh
(Sumber: Hasil Perancangan)

Potensi daya yang dapat dibangkitkan pada perancangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro pada penelitian ini memperhitungkan dari berbagai faktor seperti

efisiensi turbin, efisiensi transmisi dan efisiensi generator sehingga dari hasil persamaan 2.5 didapatkan nilai rata-rata daya yang dapat dibangkitkan dari perancangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro Talagakulon adalah sebesar 52.429 kW dengan daya terkecil yang dapat dibangkitkan dari perancangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro Talagakulon adalah sebesar 46.32 kW dan daya terbesar yang dapat dibangkitkan dari perancangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro Talagakulon adalah sebesar 60.78 kW sesuai dengan data perhitungan pada tabel 3.10. Dari pengolahan data pada tabel 3.5 didapatkan nilai potensi daya hidrolik sungai, pada tabel 3.8 didapatkan nilai potensi daya sebelum melewati komponen elektromekanik dan pada tabel 3.10 didapatkan total potensi daya dibangkitkan. Adapun perbandingan yang ditunjukkan pada gambar 4.12 sebagai berikut:



Gambar 4.12 Kurva Perbandingan Daya

Dari seluruh perancangan yang sudah dibuat didapatkan beberapa hasil perubahan komponen guna menghasilkan potensi daya yang dapat dibangkitkan di pembangkit listrik tenaga mikrohidro Talagakulon. Hasil perancangan yang sudah didapatkan berdasarkan formulasi perhitungan yang ada, dapat dilihat pada tabel 4.11 sebagai berikut:

Tabel 4.11
Rancangan Komponen Hidrolik dan Elektromekanik Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Talagakulon

No	Uraian	Ukuran
1	<i>Intake</i>	4.275 m ²
2	Lebar saluran pembawa	1.5 m
3	Kedalaman saluran pembawa	2.85 m
4	Panjang bak penenang	7.79 m
5	Lebar bak penenang	0.97 m
6	Kedalaman bak penenang	2.59 m
7	Diameter <i>penstock</i>	0.6 m
8	Ketebalan <i>penstock</i>	0.01 m
9	Diameter turbin	0.3 m
10	Panjang turbin	0.22 m
11	Diameter <i>shaft</i> turbin	0.065 m
12	Diameter <i>pitch circle</i> turbin	0.22 m
13	Putaran turbin	405 rpm
14	Ketebalan pisau turbin	0.026 m
15	Jarak antara pisau turbin	0.052 m
16	Jumlah pisau turbin	18 bilah
17	Kapasitas generator	67.53 kW
18	<i>Pulley</i> turbin	30 cm
19	<i>Pulley</i> generator	8.1 cm
20	Total Daya Terbangkit	52.429 kW

Tabel 4.11 menunjukkan data-data spesifikasi dari hasil perancangan bangunan hidrolik dan komponen elektromagnetik pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) di Kecamatan Talagakulon, Kabupaten Majalengka. Nilai tersebut menjadi nilai minimum yang dapat digunakan untuk merealisasikan perancangan PLTMh.