

PENGEMBANGAN POTENSI SUNGAI NUNUK SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINIHIDRO (PLTM) DI KAWASAN AIR TERJUN PONIKI KABUPATEN MINAHASA TENGGARA

Donny Mamahit

Cindy J. Supit, Liany A. Hendratta

Prodi Teknik Sipil, Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: donnysaktia02@gmail.com

ABSTRAK

Energy fosil masih menjadi sumber energy/bahan bakar bagi sebagian besar pembangkit listrik di Indonesia meskipun menggunakan sumber energi yang berasal dari energi terbarukan mengalami peningkatan jumlahnya. Indonesia memiliki kekayaan sumber daya alam khususnya energy baru terbarukan, walaupun demikian masih banyak potensi energy baru terbarukan yang belum dioptimalkan termasuk di Kabupaten Minahasa Tenggara yang memiliki potensi pembangkit listrik skala kecil seperti di kawasan air terjun Poniki.

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa besar debit yang dihasilkan sungai Nunuk di Kawasan air terjun Poniki, Tinggi jatuh efektif, tata letak serta desain awal bangunan sipil PLTM. metode penelitian yang digunakan ialah survey langsung untuk memperoleh data primer dan sekunder dalam rangka menganalisa lebih lanjut pengembangan pembangkit listrik skala kecil.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Debit sesaat pada musim normal 2,54 m³/dt. Debit rencana ditetapkan 2,1 m³/dt untuk merencanakan bangunan bendung, Intake, saluran penghantar dan bak penenang. Sedangkan pipa pesat dan daya turbin menggunakan debit 1,376 m³/dt, tinggi jatuh efektif sebesar 21,3 m dengan potensi daya listrik sebesar 183,7 KW. Turbin yang digunakan adalah jenis turbin Crossflow dengan Generator tipe asinkron.

Kata kunci: Debit, Tinggi Jatuh, Energi, PLTM

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Listrik merupakan salah satu kebutuhan vital bagi umat manusia. Beberapa kegiatan yang membutuhkan energy listrik akan terganggu bila listrik tidak mencukupi. Hampir semua kegiatan/aktivitas saat ini dari masyarakat perkotaan sampai pedesaan membutuhkan energy listrik. Indonesia sebagai salah satu negara dengan jumlah penduduk terbanyak di dunia dengan aktivitas perekonomian dan perindustrian sudah pasti membutuhkan jumlah energy listrik yang sedemikian besar pula banyaknya.

Energy fosil masih menjadi sumber energy/bahan bakar bagi sebagian besar pembangkit listrik di Indonesia meskipun menggunakan sumber energy yang berasal dari energy terbarukan meningkat setiap tahun. Merujuk data dari Dewan Energi Nasional (DEN) di tahun 2012 menunjukkan bahwa cadangan energy fosil untuk batu bara hanya untuk 109 tahun lagi, Gas bumi akan habis dalam jangka waktu 55 tahun, dan Minyak bumi

akan habis dalam jangka waktu 53 Tahun. Kementrian ESDM melalui Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE), kondisi bauran energy Indonesia (terbarukan dan tak terbarukan) di tahun 2019, posisi EBT sebesar 9,15%, minyak bumi 38,8%, batu bara 33%, dan gas bumi 19,7%, diharapkan target yang akan dicapai di tahun 2025 untuk bauran energy terbarukan sebesar 23% dari total bauran energy secara keseluruhan.

Undang-undang No. 30 Tahun 2009 tentang ketenagalistrikan yang mengamanat-kan bahwa perlu dikembangkan energy baru terbarukan, regulasi tersebut menjadi bukti keseriusan. Meskipun penggunaan energy fosil masih akan mendominasi dalam jangka panjang, Pemerintah dalam upaya menekan akan penggunaan energy fosil sebagai bahan bakar utama, senantiasa terus mendorong secara masif peningkatan penggunaan energy Baru Terbarukan di antaranya pemanfaatan sungai-sungai yang berpotensi dikembangkan menjadi pembangkit energy listrik.

Potensi listrik berbasis energy Baru Terbarukan (EBT) khususnya air di Indonesia

sangatlah besar. Tetapi pemanfaatannya masih kurang dari 7% dari total 94.000 MW. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro merupakan salah satu jenis pembangkit tenaga air dalam skala kecil < 10 MW dimana sumber energy diperoleh dengan memanfaatkan terjunan air sungai yang dibendung untuk memperoleh ketinggian tertentu sehingga energy potensial yang dimiliki akan dirubah menjadi energy mekanik oleh turbin dan dikonversikan oleh generator menjadi energy listrik.

Air terjun Poniki yang terletak di kecamatan Pasan, Kabupaten Minahasa Tenggara diperkirakan memiliki potensi PLTM yang didasarkan pada survey awal dan pengamatan visual topografi wilayah yang berbukit-bukit dan berlereng yang telah dilakukan oleh instansi terkait, karena itu penulis merasa perlu untuk melaksanakan penelitian lebih lanjut untuk merencanakan pengembangan air terjun Poniki sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro.

Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang terkait dengan permasalahan ketergantungan terhadap energy berbasis fosil dan dalam rangka mengoptimalkan potensi energy baru terbarukan khususnya sungai- sungai di wilayah Kabupaten Minahasa Tenggara, terutama sungai molompar yang melintasi wilayah desa Poniki dimana terdapat air terjun yang menjadi salah satu objek wisata alam di Kabupaten Minahasa Tenggara, maka rumusan-rumusan masalah dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Berapa besar debit aliran sungai Nunuk di area/kawasan air terjun Poniki.
- 2) Berapa tinggi jatuh efektif dilokasi air terjun Poniki yang dapat diperoleh, berdasarkan topografi sepanjang sungai yang diamati.
- 3) Bagaimana desain awal bangunan sipil PLTM
- 4) Bagaimana tata letak dan desain awal bangunan-bangunan Utama PLTM.

Tujuan penelitian

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengidentifikasi lokasi dan menganalisis lebih lanjut pengembangan/ perencanaan sungai Nunuk di kawasan air terjun Poniki sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) yang diuraikan secara spesifik sebagai berikut:

- 1) Untuk mengetahui berapa besar debit aliran yang dapat dihasilkan sungai Nunuk di kawasan air terjun Poniki.

- 2) Untuk mengetahui berapa tinggi jatuh efektif aliran yang dapat diperoleh berdasarkan topografi sepanjang sungai yang diamati.
- 3) Untuk memperoleh tata letak serta desain awal bangunan-bangunan utama PLTM.

Manfaat Penelitian

Hasil Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan pemahaman tentang pemanfaatan potensi sumber energy baru terbarukan khususnya pemanfaatan aliran/terjunan sungai yang dapat dikembangkan menjadi sumber energy listrik alternative, serta dapat memberikan salah satu pertimbangan teknis sekaligus solusi bagi pemangku kepentingan (*stakeholder*) di sector energy baru terbarukan.

Batasan Masalah

- 1) Data debit yang diambil pada sungai Nunuk berdasarkan data terukur dari perhitungan kecepatan sesaat aliran sungai dan luas penampang sungai
- 2) Perencanaan PLTM ini tidak membahas dari aspek sosial ekonomi.
- 3) Perencanaan PLTM dalam penelitian ini dibatasi pada desain awal serta hanya focus pada aspek analisis dimensi hidrolis bangunan air, tidak membahas dari aspek analisis Struktur dan geologi.

LANDASAN TEORI

Debit Andalan

Debit andalan merupakan debit yang diandalkan untuk suatu probabilitas tertentu. Probabilitas/peluang untuk debit andalan ini berbeda-beda. Debit andalan digunakan dalam perhitungan antara lain untuk keperluan irigasi biasa digunakan probabilitas 80%. untuk keperluan air minum dan industri tentu saja dituntut probabilitas yang lebih tinggi, yaitu 90% sampai dengan 95%. Untuk keperluan pembangkit listrik 80%. (Soemarto, 1987) khusus untuk pembangkit Listrik skala kecil salah satu menjadi pertimbangan adalah debit aliran pada musim kemarau.

Metode Pengukuran Debit Aliran

Pengukuran debit untuk keperluan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), dalam hal system konversi energy skala besar (> 10 MW), pengukurannya bisa berlangsung bertahun-tahun sedangkan untuk konversi energy

skala kecil seperti Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM), hanya memerlukan waktu yang relatif pendek, misalnya pada musim kemarau dan musim penghujan (Wibawa,2006). Ada beberapa metode untuk mengukur debit aliran/saluran terbuka seperti metode bendung, metode pengenceran garam, metode dengan alat *Current Meter*, dan metode alat pengapung (GIZ,2011:14).

Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit Listrik Tenaga Air merupakan suatu sistem pembangkit energi dengan cara memanfaatkan aliran fluida air yang kemudian diubah menjadi energi listrik melalui putaran turbin dan generator. Proses terjadinya potensi listrik berawal dari potensi tenaga air yang bertransformasi dari energy potensial menjadi energy kinetic dan kemudian dikonversi kembali menjadi energy listrik.

Bendung (Weir)

Bendung merupakan bangunan yang terbuat dari pasangan batu kali, beton, atau bronjong berfungsi untuk meninggikan muka air di sungai sehingga air dapat mengalir ke arah intake untuk selanjutnya dialirkan ke saluran pembawa (*carrier*) bendung umumnya dikenal memiliki dua tipe yaitu tipe Ogee dan tipe bulat.

Bangunan bendung terdiri dari Mercu Bendung, Bangunan Pengambil (Intake), Bangunan Pengendap Sedimen, Saluran Pembawa (Channel), Bak Penenang (Forebay), dan Pipa Pesat (Penstock).

Metode Luasan-Kecepatan Aliran

Metode luasan kecepatan aliran adalah metode yang mengukur kecepatan sesaat dengan menggunakan alat pengapung seperti bola pimpong dengan cara mengapungkan benda tersebut pada lintasan yang telah ditentukan dimana panjang lintasan telah diketahui jaraknya, selanjutnya benda tersebut dilepaskan pada titik awal dan waktu yang dibutuhkan bola tersebut melintas sepanjang lintasan dicatat.

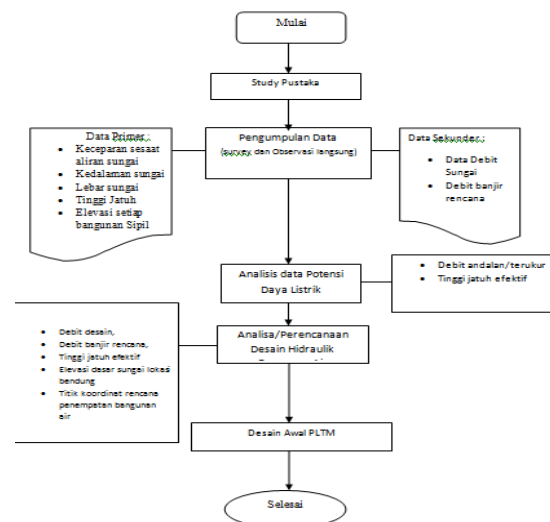
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini direncanakan akan dilaksanakan selama 7 minggu berlokasi di sungai Nunuk tepatnya di kawasan air terjun Poniki desa Poniki, Kecamatan Pasan, Kabupaten Minahasa Tenggara. Jenis penelitian ini adalah Penelitian kuantitatif sedangkan

metode penelitian yang digunakan adalah survey langsung ke lokasi rencana penelitian.

Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Tahapan penelitian digambarkan pada diagram alir berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Perencanaan Hidrolis Bendung

Perencanaan bendung pada pembangkit listrik tenaga minihidro di kawasan air terjun Poniki adalah bendung tetap. direncanakan berada pada koordinat 0°59'48.34"N, 124°46'52.48"E dan berada pada ketinggian 151.mdpl. fungsi utama bendung tetap ini adalah untuk mengarahkan air tanpa menampung air karena skema yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga minihidro di Kawasan air terjun Poniki adalah skema *run of river*.

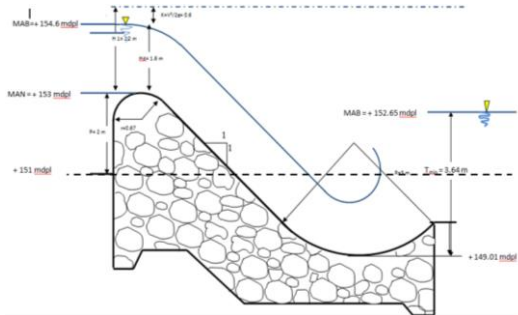
Tabel 1 berikut adalah hasil rekapitulasi perhitungan bendung dengan Debit Banjir Rencana $Q= 38\text{m}^3/\text{det}$, Lebar Bendung 5 m, tinggi 2m.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Dimensi Bendung

No	Perhitungan	nilai
1	Debit rencana	2.1 m ³ /dt
2	Lebar Bendung	5 m
3	Tinggi energy di atas Mercu	2.2 m
4	Tinggi Muka Air banjir di atas Mercu	1.6 m
5	Tinggi Bendung	2 m
6	Jari-jari mercu	0.67 m
7	Elevasi mercu	153 mdpl
8	Elevasi Tinggi energy di atas mercu	155.2 mdpl
9	Elevasi tinggi muka air hilir bendung	152.65 mdpl
10	Jari-jari Minimum	3 m
11	Kedalaman Kritis	1.8 m
12	Batas Tinggi Minimum Tinggi Air Hilir	3.64 m

Perencanaan Hidrolis Intake

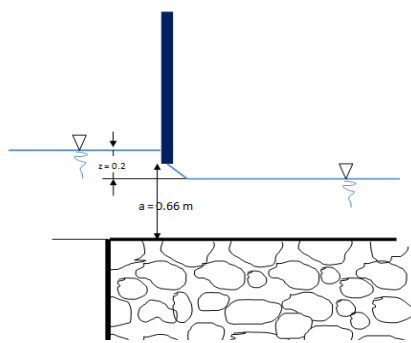
Jenis intake yang digunakan pada penelitian ini adalah intake samping dan direncanakan dengan dua pintu air. Dengan debit rencana $Q_{rencana}$ sebesar $2.1 \text{ m}^3/\text{dt}$, tinggi bukaan $0,8 \text{ m}$ serta jumlah 2 pintu. Berikut hasil rekapitulasi desain hidrolis *Intake*



Gambar 2. Sketsa Dimensi Hidrolis Bendung

Tabel 2. Hasil Rekapitulasi Perhitungan Intake

No	Perhitungan	Nilai
1.	Lebar Bukaan	2,0 m
2.	Tinggi Bukaan	0,66 m
3.	Debit pada Bangunan Pengambil	2,1
4.	Kehilangan Energi pada Bukaan	0,2 m



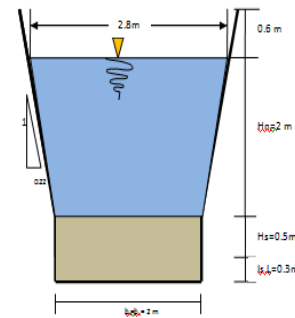
Gambar 3. Sketsa Desain Awal Bangunan Pengambil (*Intake*)

Perencanaan Hidrolis Bak Pengendap Sedimen

Bak Pengendap sedimen berfungsi sebagai pemisah partikel-partikel diskrit dan untuk mencegah masuknya sedimen ke turbin. dengan sedimen rencana $0,2 \text{ mm}$, periode kurus 7 hari, kedalaman saluran $1,5 \text{ m}$. berikut hasil perhitungan dimensi hidrolis bak pengendap sedimen.

Tabel 3. Rekapitulasi perhitungan Bak Pengendap Sedimen

No	Perhitungan	nilai
1	Debit rencana	$2.1 \text{ m}^3/\text{dt}$
2	Lebar Bendung	5 m
3	Tinggi energy di atas Mercu	2.2 m
4	Tinggi Muka Air banjir di atas Mercu	1.6 m
5	Tinggi Bendung	2 m
6	Jari-jari mercu	0.67 m
7	Elevasi mercu	153 mdpl
8	Elevasi Tinggi energy di atas mercu	155.2 mdpl
9	Elevasi tinggi muka air hilir bendung	152.65 mdpl
10	Jari-jari Minimum	3 m
11	Kedalaman Kritis	1.8 m
12	Batas Tinggi Minimum Tinggi Air Hilir	3.64 m



Gambar 4. Sketsa Desain Awal Potongan Melintang Bak Pengendap

Perencanaan Hidrolis Saluran Pembawa (*Headrace*)

Parameter-parameter yang diketahui dalam rencana perancangan saluran pembawa antara lain: Q_n sebesar $2.1 \text{ m}^3/\text{dt}$, Kecepatan aliran (V) sebesar $1 \text{ m}^2/\text{dt}$ (rencana)

Tabel 4. Hasil perhitungan Dimensi Hidrolis Bangunan saluran pembawa

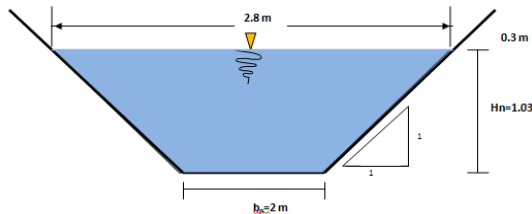
No	Perhitungan	Nilai
1	Lebar dasar	1 m
2	Lebar puncak	3 m
3	Kedalaman air	1.03
4	Kemiringan talud	1:1
5	Luas penampang Basah saluran	2.1
6	Keliling basah saluran	3.19
7	Jari-jari hidrolis	0.53
8	Kemiringan saluran	0.0014
9	Kecepatan aliran	$1 \text{ m}/\text{dt}$

Perencanaan Hidrolis Bak Penenang (Forebay)

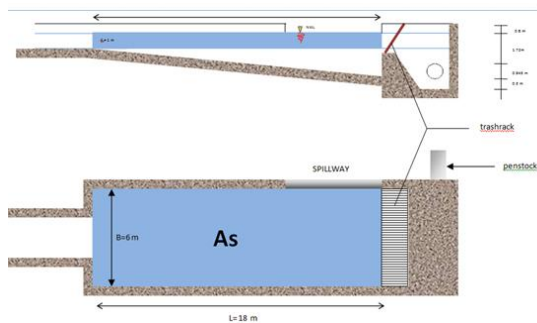
Bangunan Bak Penenang direncanakan berada pada titik koordinat 0°59'43.70"N, 124°46'49.16"E yang berada pada ketinggian 149.35 mdpl.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Dimensi Hidrolis Bangunan Bak Penenang

No	Perhitungan	Nilai
1	Debit Rencana	2.1 m ³ /dt
2	Panjang Bak Penenang	21 m
3	Lebar Bak Penenang	6 m
4	Kedalaman Bak Penenang	3.56 m
5	Volume Efektif Bak Penenang	126 m ³
6	Kedalaman Kritis	0.21 m



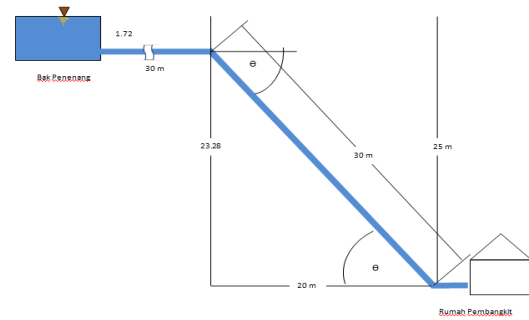
Gambar 5. Sketsa Desain Awal Potongan Melintang Saluran Pembawa



Gambar 6. Sketsa Desain Awal Bangunan Bak Penenang (Forebay)

Tabel 6. Hasil perhitungan Hidrolis Pipa Pesat

No	Perhitungan	Nilai
1	Panjang Pipa	63 m
2	Diameter Pipa	0.84
3	Tebal Pipa	4 mm
4	Kecepatan aliran dalam Pipa	2.48 m/dt



Gambar 7. Sketsa Perencanaan Pipa Pesat (Penstock)

Perencanaan Hidrolis Saluran Pembuang

Saluran pembuang dirancang untuk mengalirkan aliran air yang berasal dari turbin kembali ke sungai. Dimensi Hidrolis dari bangunan saluran Pembuang sama dengan dimensi hidrolis bangunan saluran pembawa yaitu dengan penampang saluran berbentuk Trapezium (saluran terbuka) dengan perhitungan menggunakan rumus manning.

Rumah Pembangkit (Power House)

Fungsi gedung pembangkit atau *power house* adalah untuk melindungi peralatan elektrik dan mekanik selain turbin dan generator, adapula trafo, kontrol panel, dan lainnya. Rencana Gedung pembangkit ini berada di elevasi 133.19mdpl dengan titik koordinat 0°59'40.71"N, 124°46'50.72"E. Perancangan bentuk, ukuran, serta bahan-bahan yang akan digunakan untuk rumah pembangkit akan disesuaikan menurut bentuk pondasi turbin air dan generator ataupun keadaan geografis di lokasi.

Turbin

Dalam menentukan jenis turbin maka perlu untuk mengetahui parameter parameter penting antara lain adalah: Tinggi Jatuh Efektif dan debit andalan/rencana. Berdasarkan data yang telah diketahui bahwa Debit rencana masuk dalam turbin ialah 80% dari debit sesaat/terukur yaitu 1,376 m³/dt dan Tinggi jatuh efektif 21,3 m.

Daya teoritis Turbin diperoleh dalam Persamaan: $P_t = Q_{in} \times g \times H_{eff} \times \eta_t$ sehingga diperoleh 229,7 Kw, maka Penentuan jenis turbin selanjutnya dapat dilakukan melalui pembacaan hubungan antara Debit dan Tinggi jatuh.



Gambar 8. Layout PLTM di Kawasan Air Terjun Poniki Kecamatan Pasan.

Generator

Dalam penentuan jenis generator yang digunakan dalam pembangkit listrik skala kecil seperti PLTM maka jenis generator yang digunakan adalah generator tipe asinkron atau generator induksi 3 fasa yang mampu beroperasi pada putaran rendah namun daya yang dihasilkan optimal

Perhitungan daya generator (P_g) dengan Koefisien Generator diambil 0.8 dengan rumus:

$$P_g = P_t \times \eta_g = 229,7 \times 0.8 = 183,7 \text{ KW}$$

Layout PLTM

Gambar 8. di atas merupakan alternatif desain tata letak dari setiap komponen utama bangunan sipil Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) dengan kapasitas 183,7 KW di kawasan air terjun Poniki Kecamatan Pasan Kabupaten Minahasa Tenggara.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengukuran langsung di lokasi penelitian tepatnya di sungai Nunuk yang berada di kawasan air terjun Poniki diperoleh debit terukur rata-rata 2.54 m³/dt pada waktu musim normal, bila dibandingkan pada waktu Pengukuran debit di musim kemarau pada bulan agustus 2019 adalah

1.723 m³ /dt, dengan demikian debit rencana ditetapkan 1.2 x debit terukur sesaat di musim kemarau, sehingga debit rencana sebesar 2.1 m³/dt. Untuk bangunan sipil meliputi Intake, Bak Penangkap sedimen, Saluran Pembawa dan Bak Penenang sedangkan untuk debit rencana pada pipa Pesat sekaligus yang masuk ke turbin ditetapkan 80% dari debit sesaat/terukur atau 1,376 m³/dt.

- Potensi daya listrik yang bisa dihasilkan di lokasi penelitian Kawasan air terjun Poniki adalah sebesar 183,7 KW dimana masuk dalam klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM)
- Komponen bangunan Sipil yang direncanakan terdiri:
 - Bendung dengan panjang 5 m, tinggi 2 m dengan peredam energi tipe bak tenggelam
 - Intake dengan 2 pintu masing masing pintu lebarnya 1 m, tinggi bukaan 0.66 m.
 - Bak pengendap dengan Panjang 63 m, lebar 2.8 m, kedalaman 1.5 m dan volume kantong lumpur 104. 2 m³.
 - Saluran pembawa dengan bentuk trapesium dengan Panjang 200 m, lebar atas saluran 3 m, lebar dasar saluran 1 m, kedalaman 1 m, dan kemiringan talud 1: 1
 - Bak penenang dengan panjang 21 m, lebar 6 m, dan kedalaman 3.56 m

- Pipa pesat dengan panjang 63 m, diameter 0,84 m, dan tebal pipa 4 mm
 - Saluran pembuangan berbentuk trapezium dengan lebar atas saluran 3 m, lebar dasar saluran 1 m, kedalaman 1 m, dan kemiringan talud 1: 1
4. Komponen mekanikal elektrik:
- Berdasarkan debit aliran 1,376 m³ dan tinggi jatuh 21,3 m, maka jenis turbin yang sesuai adalah Turbin tipe crossflow.
 - Generator Asinkron merupakan generator yang tepat dengan mempertimbangkan kondisi output daya yang dihasilkan.

Saran

Sebagai desain awal bangunan sipil yang menjadi salah satu alternatif desain, maka masih

diperlukan pengembangan lebih lanjut ke aspek Detail Engineering dari setiap bangunan air, bangunan Pelengkap, geologi tanah serta dampak lingkungan.

Sebagai tempat objek geowisata air terjun sekaligus kawasan pemanfaatan sumber daya alam yang menghasilkan sumber energy Listrik alternatif maka perlu memikirkan berbagai skenario penerapan berbagai skema PLTM yang tepat khususnya dalam pemanfaatan debit air agar menguntungkan dari sisi ekonomi bagi masyarakat disekitar kawasan geowisata.

Perlu ada upaya pelestarian dari semua pihak yang terkait terhadap Lingkungan disekitar kawasan air terjun Poniki untuk menjaga kelangsungan ketersediaan debit aliran untuk PLTM.

DAFTAR PUSTAKA

- Adare, D. R. C., Liany A Hendratta, Jeffry S. F. Sumarauw, 2018. *Analisis Neraca Air Sungai Talawaan di Titik Bendung Talawaan Kabupaten Minahasa Utara*, Jurnal Sipil Statik Vol. 6 No. 3 Maret 2018 (153-155) ISSN:2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Dewi Sartika, Soekarno, Isri R. Mangangka. 2016. Analisis Debit banjir Sungai Molompar Kabupaten Minahasa Tenggara, Jurnal Sipil Statik Vol.4 No. 2 Februari 2016(123-133) ISSN:2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Dinas Energy dan Sumber Daya Mineral Daerah Provinsi Sulawesi Utara, 2019, *Laporan Study Potensi Energy Baru Terbarukan*, Manado
- Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian ESDM, 2017. *Pembangunan Infrastruktur Penyediaan Tenaga Listrik*. Jakarta
- Direktur Jendral Pengairan. 1986, *KRITERIA PERENCANAAN BAGIAN BANGUNAN(KP-02)*, Jakarta.
- Direktur Jendral Pengairan. 1986, *KRITERIA PERENCANAAN BAGIAN BANGUNAN (KP-04)* Jakarta.
- Gordon, Penman. *Quick Estimating Techniques for Small Hydro Potential*. *J. of Power Dam Constr.* Pp 46-55. 1979.
- Rumayar, Feldy, Cindy J. Supit, Tommy Jansen. 2019. *Rancangan Sumur Resapan Air Hujan Sebagai Salah Satu Usaha Konservasi Air Tanah di Perumahan Puri Alfa Mas Winangun Atas Kecamatan Pineleng Kabupaten Minahasa*, Jurnal Sipil Statik Vol.7 No. 10 Oktober 2019(1337-1342) ISSN:2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sondakh, Scrivily W., Hanny Tangkudung, Liany Hendratta, 2019. *Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Girian Kota Bitung*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.8 Agustus 2019 (1049-1058) ISSN:2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Supit C. J., Jeffry D. Mamoto., 2016. *Prediksi Perubahan Karakteristik Hidrologi Akibat Perubahan Penggunaan Lahan Sebagai Usaha Mitigasi Banjir di Manado*, Tekno, Vol. 14, No. 66, 2016. Universitas Sam Ratulangi Manado.

Tangkudung. R. E., Cindy J. Supit., Tommy Jansen., 2019. *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Lansa Kecamatan Wori Kabupaten Minahasa Tenggara*, Jurnal Sipil Statik, Vol. 7, No. 3, ISSN:2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.