

SKRIPSI

STUDI POTENSI DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR JELOK

Diajukan sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Stata 1 pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tidar



Disusun Oleh :
Panji Nurahma Putra
1610501056

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TIDAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Proposal skripsi ini diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tidar dengan judul:

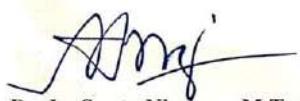
STUDI POTENSI DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR JELOK

Oleh :

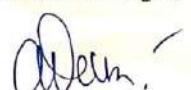
Panji Nurahma Putra
NPM. 1610501056

Telah diperiksa dan disetujui oleh :
Mengetahui

Dosen Pembimbing I,


Dr. Ir. Sapto Nisworo, M.T., IPU., ASEAN Eng. Tanggal : 3 Mei 2023
NIP. 195909281991031001

Dosen Pembimbing II,


Ir. Deria Pravitasari, S.T., M.Eng.,IPM. Tanggal : 3 Mei 2023
NIP. 198108092021212006


Dr. Ir. Gito Sugianto, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 198002152002121003

LEMBAR PENGUJI

Skripsi yang berjudul :

STUDI POTESI DAN DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR JELOK

Oleh :

Panji Nurahma Putra
NPM 16105051056

Telah berhasil dipertahankan di depan Dewan Penguji dalam ujian skripsi dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana di Jurusan Teknik Elektro Universitas Tidar

Magelang, 3 Mei 2023

Di hadapan Penguji :

1. Dr. Ir. Sapto Nisworo, M.T., IPU., ASEAN Eng. :
NIP. 195909281991031001
2. Ir. Deria Pravitasari, S.T., M.Eng.,IPM. :
NIP. 198108092021212006
3. Agung Trihasto, S.T., M.Eng. :
NIP. 19721113120212211003



Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Tidar

Dr. Ir. Gito Sugiantoro, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 198002152002121003

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Panji Nurahma Putra

NPM : 1610501056

Program Studi : Teknik Elektro

Alamat : Jl. Rambutan, Ngembik Lor RT.02 RW.01 Kramat Selatan, Magelang Utara

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Dalam laporan skripsi ini tidak terdapat karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka;
2. Informasi dan materi skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara ketiga pihak, yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Tidar. Dalam hal penggunaan materi terkait paten, maka akan didiskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Magelang, 5 Mei 2023



Panji Nurahma Putra
1610501056

HALAMAN PERSEMPBAHAN

Puji syukur Alhamdulillah saya panjatkan kehadirat ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, inayah dan hidayah-Nya, sehingga penelitian dan penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, saya haturkan rasa syukur dan terimakasih saya kepada:

1. Allah SWT, karena hanya atas izin dan karunia-Nya yang meridhoi dan mengabulkan segala do'a selama penulis mengerjakan skripsi, sehingga skripsi ini dapat dibuat dan selesai;
2. Kedua orang tua saya yang telah memberikan doa, dukungan semangat dan materi kepada saya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik;
3. Dr. Ir. Sapti Nisworo, M.T., IPU. dan Ir. Deria Pravitasari, S.T., M.Eng., IPM. selaku dosen dan pembimbing saya di Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tidar. Terimakasih atas jasa dan waktu yang disempatkan untuk saya selama saya mengerjakan skripsi ini, tanpa bimbingan dan arahan dari bapak saya tidak akan menjadi seperti ini;
4. Sahabat terdekat yang selalu hadir memberikan dukungan emosional serta canda tawa selama masa perkuliahan;
5. Kepada teman-teman Teknik Elektro Universitas Tidar khususnya angkatan 2016 yang telah berjuang bersama, saling mendukung dan bertukar pikiran sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

PRAKATA

Puji syukur atas kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan baik penyusunan Skripsi ini yang berjudul **“Studi Potensi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Air Jelok”**.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini penulis mendapat bimbingan serta bantuan pikiran atau saran dari berbagai pihak. Penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Sapto Nisworo, M.T., IPU., ASEAN Eng selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tidar;
2. Ibu Deria Pravitasari, S.T., M.Eng., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tidar;
3. Bapak Dr. Ir. Sapto Nisworo, M.T., IPU. dan Ibu Ir. Deria Pravitasari S.T., M. Eng., IPM. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan waktu untuk semua saran, masukan selama tugas akhir ini;
4. Bapak, Ibu dan adik tercinta yang telah memberikan bantuan moral, do'a, restu, serta material sehingga dapat terwujudnya tugas akhir ini;
5. Sahabat “Media Curhat” yang telah banyak membantu dan memberi dukungan kepada penulis;
6. Teman-teman Teknik Elektro Angkatan 2016 Universitas Tidar atas dukungannya;

7. Seluruh staff pengajar dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Tidar atas semua bantuan dan kerja samanya membantu penyelesaian tugas akhir ini;
8. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.

Magelang, 5 Mei 2022

Penulis



Panji Nurahma Putra

NPM. 1610501056

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSEMPERATAAN	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI.....	viii
INTISARI.....	x
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori	9
2.2.1 PLTA Jelok	9
2.2.2 Alur Proses Produksi Sub Unit PLTA Jelok	10
2.2.3 Sumber Air PLTA Jelok	10
2.2.4 Komponen PLTA Jelok	11
2.2.5 Energi	18
2.2.6 Head Losses pada Pipa Penstock	18
2.2.7 Daya <i>losses</i> Pipa Penstok	23
2.2.8 Efisiensi Pipa Penstok	23
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Alur Penelitian	26

3.2 Data Penelitian.....	27
3.3 Metode Penyelesaian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 PLTA Jelok.....	20
4.2 Analisa Pipa Peesat.....	34
4.3 Analisa Potensi Daya.....	37
4.4 Efisiensi PLTA Jelok	39
4.5 Pembahasan	42
BAB V KESIMPULAN	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rawa Pening	11
Gambar 2.2 Bendungan (DAM)	12
Gambar 2.3 Saringan Kasar	13
Gambar 2.4 Saringan Halus	14
Gambar 2.5 Pipa Pesat	15
Gambar 2.6 Saluran Buang	15
Gambar 2.7 Transformator	17
Gambar 2.8 Serandang Hubang	17

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data yang dibutuhkan	28
Tabel 4.1 Hasil Produksi PLTA Jelok	30
Tabel 4.2 Data Debit Air	31
Tabel 4.3 Data Teknis Spesifikasi Pipa Penstock	31
Tabel 4.4 Data Spesifikasi Saringan Filter	32
Tabel 4.5 Data Teknis Spesifikasi Turbin	33
Tabel 4.6 Potensi Daya PLTA Jelok	38
Tabel 4.7 Efisiensi PLTA Jelok	40

INTISARI

PLTA Jelok yang terletak di kecamatan Tuntang, Kabupaten Semarang merupakan salah satu pembangkit yang sampai saat ini masih beroperasi. Perbedaan musim di Indonesia sangat berpengaruh terhadap proses produksi. Studi potensi daya dilakukan karena PLTA Jelok merupakan pembangkit bersejarah sejak tahun 1983. Seiring berkembangnya waktu, teknologi yang digunakan pada PLTA Jelok akan mengalami penyusutan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi daya yang dapat dibangkitkan. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini menggunakan studi literatur berdasarkan data yang telah diperoleh. Hasil dari penelitian ini didapatkan potensi daya rata-rata yang dapat dibangkitkan senilai 12,25MW setiap bulannya. Potensi daya maksimal terjadi pada bulan Februari dengan debit $15,3 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan daya yang dihasilkan senilai 18,45 MW

Kata kunci : *pembangkit, produksi, potensi daya, debit*

ABSTRACT

PLTA Jelok, located in Tuntang sub-district, Semarang Regency, is one of the generators that is still operating today. Seasonal differences in Indonesia greatly affect the production process. The power potential study was carried out because the Jelok hydropower plant has been a historic power plant since 1983. Over time, the technology used in the Jelok hydropower plant will experience shrinkage. This research was conducted to determine the power potential that can be generated. The research method used in this study uses a literature study based on the data that has been obtained. The results of this study show that the average power potential that can be generated is 12.25MW per month. The maximum power potential occurs in February with a discharge of 15.3 m³/second and the power generated is 18.45 MW

Keywords: generator, production, power potential, discharge



BAB I

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkembang pesat seolah menjadikan energi listrik menjadi kebutuhan pokok PT. PLN selaku pemain utama dalam industri ini di tuntut untuk terus mencari energi terbarukan, salah satunya dengan energi air, mengingat air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah di dapat meskipun daya yang dihasilkan relatif kecil namun cukup bisa diandalkan di tengah harga minyak dunia yang terus melambung tinggi. Salah satu pembangkit listrik tenaga air yang sudah cukup lama beroperasi di Indonesia adalah PLTA Jelok. PLTA Jelok merupakan bagian dari PT. Indonesia Power yang juga merupakan anak perusahaan PT. PLN (Persero). PLTA Jelok sendiri merupakan PLTA yang saat ini beroperasi di sektor Unit Bisnis Pembangkitan Mrica.

Air dapat dialirkan melalui saluran ke turbin air yang telah dipasang dibawah waduk, rawa atau danau. Salah satu komponen utama PLTA adalah turbin yang berfungsi merubah energi potensial menjadi energi mekanik berupa putaran. Studi potensi daya dilakukan karena PLTA Jelok merupakan pembangkit bersejarah dan produksi listrik PLTA Jelok sangat dipengaruhi oleh kapasitas air yang tersedia sehingga debit yang dihasilkan mengalami perbedaan disetiap musimnya.

1.1 Latar Belakang

Kebutuan Listrik di Indonesia semakin meningkat khususnya di Pulau Jawa-Bali. Keadaan ini harus diimbangi dengan ketersediaan pasokan tenaga listrik

yang mencukupi. PLTA Jelok saat ini dikelola oleh PT Indonesia Power, salah satu anak perusahaan PT PLN yang bergerak di bidang pembangkitan tenaga listrik, diantara 16 PLTA di Jawa Tengah di Bawah tanggung jawab Unit Bisnis Pembangkitan Mrica. Tiga unit mesin dibangun pada tahun 1938 dan kemudian di tahun 1962 ditambah 1 unit lagi. Dengan tinggi terjun air 144 meter dan daya terpasang $4 \times 5,12$ MW PLTA Jelok dapat menghasilkan energi sebesar 93 GWh/tahun. Pada tahun 1973 dibangun GI Jelok dengan 150 kV guna memenuhi kebutuhan transmisi 150 KV. (Sumber : PT Indonesia Power unit Pembangkitan Jelok)

Studi kelayakan perencanaan PLTA dilakukan di Kesamben Jawa Timur. Penelitian ini berlokasi di PLTA Kesamben Blitar dengan memanfaatkan aliran air dari Sungai Brantas yang merupakan sungai besar di Pulau Jawa. Studi ini diperlukan untuk mengidentifikasi potensi dan keuntungan dari sebuah unit pembangkit berdasarkan kelayakan teknis maupun ekonomi. Hasil kajian menunjukkan debit $110,27 \text{ m}^3/\text{dt}$ (alternatif 2) dapat dibangkitkan energi tahunan 114923,63 MWh dan mereduksi emisi gas karbon sekitar $77987 \text{ CO}^2/\text{tahun}$, PLTA dibangun dengan komponen bangunan sipil (pintu pengambilan, penyaring, saluran pembuangan, dan rumah pembangkit) dan komponen peralatan mekanik elektrik seperti turbin, *governor* dan generator. Total biaya pembangunan sebesar 354,90 miliar rupiah dengan nilai BCR 3,67, NPV 709,77 miliar rupiah, IRR 46 % dan *pay back period* 5,19 tahun, sehingga pembangunan PLTA layak secara ekonomi (Rahawuryan, Foundasita., dkk 2016).

Kurniawan, Elfin (2021) melakukan penelitian kajian Potensi Peningkatan Daya Terpasang PLTA Sebagai Pemanfaatan Surplus Debit Air Unit PLTA Batang Agam. Hasil penilaian ekonomi pemanfaatan *void* tambang batubara untuk PLTMH. Berdasarkan hasil studi, diperoleh surplus debit air masuk (inflow) sebesar 2,58 m³ /s dengan potensi tambahan kapasitas unit sebesar 2 MW. Setelah lebih dari 40 tahun beroperasi dan banyak dilakukan modifikasi pada fasilitas utama PLTA seperti intake dan kolam tando, diidentifikasi potensi penambahan kapasitas daya terpasang PLTA Batang Agam dengan memanfaatkan surplus air di kolam tando dan kolam pasir. Pemanfaatan surplus air ini dapat mengkonversi energi hidro menjadi energi listrik dengan menghasilkan tambahan satu unit mesin pembangkit sebesar 1 x 2 MW.

Sulistia, Yoga (2021) melakukan penelitian tentang analisis Studi Teknis Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbasis biomassa studi kasus Kecamatan Rangsang, Desa Dwi Tunggal. Pada penelitian ini jenis pemanfaataan biomassa sendiri dilakukan dengan metode direct combustion atau pembakaran langsung. Penelitian ini dapat menghasilkan 3.980,1kWh listrik. Selanjutnya analisis ekonomi dilakukan menggunakan metode *Life Cycle Cost (LCC)* yang menghasilkan *Net Present Value (NPV)*: Rp. 4,555,966,702,014,-, *Internal Rate of Return (IRR)*: 8,23% dan waktu pengembalian modal 1,3 tahun. Dari hasil analisa teknis dan ekonomi yang telah dilakukan maka PLTU ini layak untuk dilanjutkan dan dibangun di Desa Dwi Tunggal Kecamatan Rangsang.

Oktaviawan, Dandi (2019) melakukan penelitian tentang analisa pengaruh pembebanan terhadap efisiensi generator. Hasil penelitian menunjukkan Hasil dari

analisa pada tanggal 01-07 maret 2020 didapatkan efisiensi rata-rata generator sebesar tertinggi terjadi pada saat beban terpakai 6,2 MW sebesar 92,85% dan efisiensi terendah terjadi saat beban terpakai 3,6 MW sebesar 74,44%. Kondisi ini menunjukkan bahwa generator memiliki keandalan kerja yang baik sebagai penghasil daya listrik.

Wibisono, Danar., dkk (2018) melakukan penelitian tentang studi analisis potensi dan keekonomian Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi skala kecil. Dari hasil analisis didapatkan Total kapasitas terpasang PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi) di Indonesia baru mencapai 1.341 MW, sekitar 4.8% dari seluruh potensi panas bumi yang ada. Salah satu penyebab terbesar masalah tersebut adalah masalah keekonomian dari PLTP. Penelitian ini ingin menemukan cara agar PLTP skala kecil dapat menjadi salah satu alternatif yang diperhitungkan bagi sumber listrik lokal pada tingkat harga yang kompetitif dengan sumber-sumber lain di tingkat konsumen. Dalam penelitian ini, kapasitas PLTP skala kecil akan divariasikan sebesar 1 MW, 2 MW, 3 MW, 4 MW, dan 5 MW, dengan interval variasi dari suhu uap panas bumi berkisar antara 100 derajat C sampai 340 derajat C dan variasi kecepatan alir (flowrate) uap panas bumi berkisar antara 300 kg/s sampai 1000 kg/s. Analisis dilakukan dengan melakukan perhitungan Biaya Pokok produksi (BPP) serta penilaian kelayakan investasi pengusahaan PLTP berdasarkan Internal Rate of Return (IRR), Net Present Value (NPV), dan Analisis Sensitivitas atas sumur panas bumi yang sebelumnya dinilai tidak ekonomis oleh satu dan lain sebab.

Insani, Abdi. (2019) melakukan studi penelitian tentang analisis keekonomian Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi kapasitas kecil sistem

siklus uap. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa PLTP skala kecil bergantung pada kualitas sumber daya dan kondisi infrastrukturnya. Jadi, dapat diketahui diperlukan kebijakan baru yaitu *feed in tariff*.

1.2 Rumusan Masalah

Perkembangan teknologi baru menciptakan Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA) yang semakin efektif dan efisien, perbedaan musim di Indonesia sangat berpengaruh terhadap proses produksi. Studi potensi daya dilakukan karena PLTA Jelok merupakan pembangkit bersejarah sejak tahun 1983. Seiring berkembangnya waktu, teknologi yang digunakan pada PLTA Jelok akan mengalami penyusutan. Skripsi ini akan membahas studi potensi daya PLTA Jelok untuk mengetahui potensi daya yang dapat dibangkitkan.

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan mengetahui seberapa besar potensi energi yang dihasilkan PLTA Jelok

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah mengetahui secara lebih detail potensi energi PLTA jelok, sehingga dapat dilakukan untuk perbaikan dimasa yang akan datang, kemudian manfaat lain dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan ilmu pengetahuan dan edukasi tentang studi keekonomian PLTA Jelok

BAB II

LANDASAN TEORI

1.1 Tinjauan Pustaka

Ajiz, Nur Eka., dkk (2019) melakukan studi potensi karakteristik output daya di pembangkit listrik tenaga air Ubrug Sukabumi. Dari hasil studi yang dilakukan didapatkan hasil bahwa debit air yang dihasilkan oleh sungai tersebut adalah $20,557\text{m}^3/\text{detik}$ pada ketinggihan jatuh air ± 30 meter. Dari analisa tersebut disimpulkan Berdasarkan hasil analisa PLTA Ubrug, total output daya yang dihasilkan ketiga unit generator pada jam 07.00 sebesar 15,206 MW, jam 10.00 sebesar 14,807 MW, jam 13.00 sebesar 16,138 MW dan pada jam 16.00 sebesar 16,647 MW, lebih kecil dari daya terpasang PLTA Ubrug sebesar 18,36 MW, karena debit air yang ada saat ini berkurang dari debit sebelumnya, karena faktor Daerah Aliran Sungai (DAS) yang telah beralih fungsi menjadi perumahan penduduk dan pembangunan industri sehingga berkurangnya daerah resapan air.

Prasetyo, Heri., dkk (2019) melakukan studi pembangkit listrik tenaga mikro hidro di aliran sungai kejawar banyumas. Berdasarkan simulasi menggunakan aplikasi TURBNPRO 3.0 turbin yang digunakan bertipe kincir dan alternator 3 kW. Total investasi yang dibutuhkan dalam perencanaan pembangunan PLTMH sebesar Rp. 31.699.531 dengan umur proyek selama 10 tahun. Kelayakan proyek perencanaan pembangunan PLTMH diperoleh nilai NPV pada discount factor 10% sebesar Rp. 37.063.244>0, BCR sebesar 2,1>1, PP selama 3,46 tahun < 10 tahun, IRR pada discount factor 34% sebesar 33,6%.

Berdasar pada evaluasi proyek, dapat dikatakan perencanaan pembangunan PLTMH di aliran sungai Desa Kejawar layak dilakukan.

Arif Subekti, Ridwan (2019) melakukan studi kelayakan pembangkit listrik tenaga minihidro di desa sukamaju kabupaten garut jawa barat. Dari hasil studi didapat bahwa lokasi rencana pengembangan minihidro memiliki potensi debit 2,0 m³/det, head 200 m dan 330 m, dengan potensi daya listrik 4.719 kW. Bendung didesain berdasarkan debit banjir dengan periode 100 tahun, sedangkan bangunan pengambilan, saluran pembawa, dan bangunan pelimpah didesain dengan kapasitas 20% lebih besar dari debit rencana turbin. Turbin yang akan digunakan adalah turbin Pelton berjumlah 2 unit berdaya 1.159 kW dan 3.560 kW. Analisis finansial memberikan gambaran bahwa rencana pengembangan minihidro ini layak untuk ditindaklanjuti karena memiliki nilai NPV Rp65.118.441.870,- dan IRR 26,07%.

2.1 Landasan Teori

Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) adalah salah satu sumber energi listrik yang memanfaatkan air sebagai sumber listrik. Pembangkit ini merupakan salah satu sumber energi listrik utama yang ada di Indonesia. Keberadaannya diharapkan mampu memenuhi pasokan listrik bagi masyarakat Indonesia.

PLTA bekerja dengan cara merubah energi potensial (dari dam atau air terjun) menjadi energi mekanik (dengan bantuan turbin air) dan dari energi mekanik menjadi energi listrik (dengan bantuan generator). Secara luas pembangkit listrik tenaga air tidak hanya terbatas pada air dari sebuah waduk atau air terjun, melainkan juga meliputi pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air dalam bentuk lain seperti tenaga ombak.

2.1.1 PLTA Jelok

PLTA Jelok terletak di Desa Delik, Kec. Tuntang, Kab. Semarang. PLTA ini diresmikan pada tahun 1938 oleh Belanda. Pada tahun 1927 Pemerintah Belanda membentuk *S'Lands Waterkracht Bedrijven (LB)* yaitu perusahaan listrik negara yang mengelola PLTA Plengan, PLTA Lamajan, PLTA Tonsea Lama di Sulawesi Utara dan PLTU di Jakarta. Selain itu beberapa Kotapraja dibentuk perusahaan-perusahaan listrik Kotapraja. PLTA Jelok terletak di Kabupaten Semarang kurang lebih 45 km dari Kota Semarang, atau 15 km ke arah timur laut Kota Salatiga.

Pada tahun 1955 PLTA Jelok berhasil diambil alih Indonesia dari *ANIE* (*Algence Nederlansch Indische Electriciteit Maatschappij*). PLTA Jelok saat ini

dikelola oleh PT Indonesia Power, salah satu anak perusahaan PT PLN yang bergerak di bidang pembangkitan tenaga listrik, diantara 16 PLTA di Jawa Tengah di Bawah tanggung jawab Unit Bisnis Pembangkitan Mrica. Tiga unit mesin dibangun pada tahun 1938 dan kemudian di tahun 1962 ditambah 1 unit lagi. Dengan tinggi terjun air 144 meter dan daya terpasang 4 X 5,12 MW PLTA Jelok dapat menghasilkan energi sebesar 93 GWh/tahun.

Pada tahun 1973 dibangun GI Jelok dengan 150 kV guna memenuhi kebutuhan transmisi 150 kV. Tahun 1975 dibangun rel 30 kV yang baru untuk menggantikan rel lama yang sering terjadi gangguan turbin buatan *Werl Spoor Escher Wyss Holland* dengan tipe *Francis* poros datar memutarlkan Generator buatan *AG Brown Hema Oerlikon* dalam putaran sekitar 600 rpm. Air penggerak turbin diambil dari Rawa Pening yang disadap melalui sungai Tuntang yang kemudian dibendung dengan sebuah dam yang dilengkapi dengan 6 buah pintu air. Walaupun usianya sudah lebih dari 70 tahun, mesin pembangkit PLTA Jelok masih tetap dioperasikan karena kondisinya masih baik dengan biaya operasional relatif murah. Sedangkan untuk menjaga dan memelihara keandalan, PLTA bergabung dengan PT. PLN KJB sektor Mrica pada tahun 1991, pada tahun 1994 mesin pembangkit ini direnovasi dengan mengganti governor dan *Main Inlet Valve, Retrofit* 9 sistem kontrol, dan Rewinding stator generator.

Dahulu kala sebelum terhubungnya sistem interkoneksi listrik di Pulau Jawa, PLTA Jelok-Timo merupakan salah satu pusat pembangkit tenaga listrik yang sangat vital untuk memenuhi kebutuhan listrik di Jawa Tengah. Berdasarkan daya terpasang, saat ini kontribusi PLTAJelok-Timo 6 terhadap Produksi UBP

Mrica berkisar sebesar 6,37 %. Pada tahun 1995 PLTA Jelok berubah nama menjadi PT.PLN PJB, kemudian sejak tanggal 3 Oktober 2005 berubah nama menjadi PT. Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkit Mrica Sub Unit PLTA Jelok hingga sekarang.

2.1.2 Alur Proses Produksi Sub Unit PLTA Jelok

Proses produksi listrik pada PLTA Jelok dimulai dari dam Tuntang dengan ketinggian elevasi minimal pada dam Tuntang sebesar 460.50 mdpl. Bila kurang dari itu maka PLTA tidak dapat beroperasi. Air dari dam Tuntang di saring melalui saringan kasar dan halus serta kemudian masuk ke saluran *intake* dan mengalir menuju rumah katup melalui pipa pesat atau *penstock*. Pada rumah katub pipa pesat dibagi menjadi 2 sebelum menuju turbin. Air kemudian mengalir melalui MIV, lalu memutar turbin yang seporos dengan generator, sehingga ikut berputar dan menghasilkan listrik. Listrik yang dihasilkan generator sebesar 6 kV dinaikkan tegangannya di transformator menjadi 30 kV. Kemudian tegangan 30KV tadi digabungkan dengan tegangan PLTA Timo menuju serandang dan disalurkan menuju Gardu Induk (GI) 150 kV.

2.1.3 Sumber Air PLTA Jelok

Sumber air dan pemakaian air Unit Pembangkitan Mrica Sub Unit PLTA Jelok berasal dari Rawa Pening. Rawa Pening berfungsi untuk mengumpulkan air dari aliran sungai, mengumpulkan air pada musim hujan untuk persediaan pemakaian air pada musim kemarau atau waduk beban puncak.



Gambar 2.1 Rawa Pening

Sumber air yang digunakan berasal dari Rawa Pening yang menampung air sungai candi dukuh, sungai prapat, dan sungai-sungai lain disekitarnya dengan keadaan sebagai berikut:

1. Keadaan maksimum (musim penghujan)

- a. Tinggi permukaan dari permukaan air laut : $\pm 463,60$ m
- b. Luas permukaan : ± 2620 Ha
- c. Volume Rawa Pening : $\pm 35,5 \times 10^6 m^3$

2. Keadaan minimum (musim kemarau)

- a. Tinggi permukaan dari permukaan air laut : $\pm 460,50$ m
- b. Luas permukaan : ± 650 Ha
- c. Volume Rawa Pening : $\pm 13 \times 10^6 m^3$

2.1.4 Komponen PLTA Jelok

Komponen pada Sub Unit PLTA Jelok terdiri dari : sumber air, dam / bendungan, *waterways*, saluran buang, sentral daya, *Main Inlet Valve* (MIV),

turbin air, generator, transformator, baterai, pemutus tenaga (PMT), panel *Low Voltage Distribution Board* (LVDB), panel *High Voltage Switch Gear* (HVDB), *Auxiliary Power Supply*.

2.1.4.1 Bendungan (DAM) Tuntang PLTA Jelok

DAM atau bendungan merupakan penampung air yang digunakan sebagai tenaga utama pada proses produksi listrik di PLTA. Berikut merupakan Gambar 2.2 Bendungan (DAM) Tuntang PLTA Jelok.



Gambar 2.2 Bendungan (DAM) Tuntang PLTA Jelok

Pada PLTA Jelok digunakan dam Tuntang dengan sumber air dari Rawa Pening. Dam sendirinya terdiri dari :

1. Saringan kasar berfungsi sebagai penyaring kotoran berukuran besar seperti enceng gondok. Saringan kasar terbuat dari besi yang dibentuk seperti pagar dengan jarak antar tiangnya 15cm. Berikut merupakan Gambar 2.3 Saringan Kasar.



Gambar 2.3 Saringan Kasar

2. Saringan halus berfungsi sebagai penyaring kotoran yang berukuran kecil seperti sampah plastic. Saringan halus berbentuk pagar besi yang jarak antar tiangnya 2cm. Berikut merupakan gambar 2.4 Saringan Halus



Gambar 2.4 Saringan Halus

3. Bangunan Pelimpah (*Spillway*) katup pengaman suatu bendungan yang berfungsi sebagai tempat pembuangan air bila terjadi kelebihan elevasi air pada DAM Tuntang maka air akan langsung dialirkan menuju sungai Tuntang.
4. Saluran *Intake* berfungsi sebagai tempat masuknya air ke *waterway*.

5. Pos Pemantauan berguna untuk mengatur buka tutupnya dam dan pemantauan tinggi elevasi air.

2.1.4.2 Saluran Air (*Waterways*)

Waterway sendiri merupakan tempat mengalirnya air dari *intake* dam menuju turbin. Pada PLTA Jelok total panjang dari *waterway* adalah 3.267,9 m yang terdiri dari 2676 m terowongan dan 591,9 m *penstock*.

Saluran bawah tanah merupakan saluran air yang menghubungkan saluran *intake* dam dengan pipa pesat (*penstock*). Diameter pada terowongan ini sendiri sebesar 2,3 m serta memiliki tebal 2 cm untuk *tunnel* dan 0,85 cm untuk pipa.

2.1.4.3 Pipa Pesat (*Penstock*)

Pipa pesat dipasang pada tumah katub sampai ke turbin, terbuat dari pipa yang tahan terhadap tekanan tinggi, pipa pesat berfungsi untuk mengalirkan air dari rumah katup menuju turbin, tekanan dan kecepatan aliran air mutlak untuk menggerakkan turbin. Pada PLTA Jelok menggunakan 2 (dua) buah pipa pesat, diameter pipa pesat bagian atas lebih besar dibandingkan dengan diameter bagian bawah. Hal ini bermaksud untuk memperoleh kecepatan dan tekanan air yang lebih besar.



Gambar 2.5 Pipa pesat (*Penstock*)

2.1.4.4 Saluran Buang Sub Unit PLTA Jelok

Merupakan saluran air buangan sehabis dipakai untuk memutar turbin. Pada PLTA Jelok saluran buang digunakan untuk menyalurkan air lagi ke kolam penampungan PLTA Timo yang berjarak 6 km dari PLTA Jelok. Selain itu juga terdapat pintu air yang berguna untuk mengembalikan air ke dalam sungai apabila terjadi banjir maupun ketika PLTA Timo sedang tidak beroperasi.



Gambar 2.6 Saluran buang Sub Unit PLTA Jelok

2.1.4.5 Sentral Daya Sub Unit PLTA Jelok (*Power House*)

Sentral Daya Sub Unit PLTA Jelok terdiri dari beberapa bagian diantaranya :

1. Ruang bawah tanah terdiri dari ruang kabel, ruang baterai, ruang alat, dan gudang
2. Lantai satu terdiri dari generator, turbin, governor, dan panel
3. Lantai dua terdiri dari pmt, trafo, ruang operator, dan panel kontrol
4. Bangunan terdiri dari kantor, bengkel, mes, ruang penyimpanan barang, koperasi, dan ruang peleiharaan

2.1.4.6 Turbin Air Sub Unit PLTA Jelok

PLTA Jelok menggunakan 4 (empat) unit turbin air tipe *francis horizontal* dan 1 (satu) turbin pelton. Setiap turbin dikoppel langsung dengan generator. Turbin pelton digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik perusahaan itu sendiri yaitu bengkel, penerangan halaman dan penerangan dalam bangunan sentral PLTA Jelok. Putaran turbin searah dengan jarum jam jika dilihat dari sisi depan generator dan berlawanan dengan arah jarum jam jika dilihat dari sisi depan turbin.

2.1.4.7 Generator

Generator merupakan mesin listrik yang dapat membangkitkan energi listrik apabila rotor di dalamnya berputar akibat adanya medan magnet. Pada PLTA Jelok 4 unit generator nya merupakan jenis generator AC sinkron 3 fasa yang masing- masing menghasilkan tegangan 6 KV.

2.1.4.8 Transformator

Transformator merupakan sebuah alat untuk menaikkan atau menurunkan tegangan listrik. Pada PLTA Jelok transformator digunakan untuk menaikkan tegangan 6 KV yang dihasilkan dari output generator dan diubah menjadi 30 kV.



Gambar 2.7 Transformator

2.1.4.9 Serandang Hubang (*Switchyard*)

Serandang hubung merupakan terminal dari energy yang keluar dari transformator pada level tegangan ekstra tinggi untuk kemudian ditransmisikan ke gardu induk (GI).



Gambar 2.7 Serandang Hubang

2.1.4 Energi

Energi yang dihasilkan dari debit pembangkitan maksimum (debit puncak = *plant peak discharge*) disebut kapasitas terpasang atau *installed capacity*, energi yang dihasilkan berupa produksi energi tahunan. Energi dapat dihitung dengan persamaan berikut (Mosonyi,2016). Energi yang dihasilkan dari debit pembangkitan maksimum (debit puncak = *plant peak discharge*) disebut kapasitas terpasang atau *installed capacity*. Energi yang dihasilkan berupa produksi energi tahunan. Energi dapat dihitung dengan persamaan berikut (Mosonyi, 2016)

Atau dapat ditulis sebagai berikut:

Dengan pengertian sebagai berikut:

E : energi (kWh)

P : daya pembangkitan (kW)

t : waktu

n : jumlah hari dalam satu periode

2.1.4 *Head Losses pada Pipa Penstock*

Head losses digunakan untuk mencari kerugian-kerugian yang terjadi pada pipa penstock.

1. Menentukan Debit Air

Untuk mencari debit arus (Q), metode yang sering digunakan dengan menggunakan alat ukur arus (*current meter*) dikarenakan mudahnya dalam penggunaan, kemudian faktor kesalahannya pengamatan kecil. Bila memakai *current meter* maka faktor koreksi (k) diabaikan sehingga untuk mencari persamaan debit air dapat dirumuskan sebagai berikut (Hardi, 2019)

Keterangan:

Q = Debit air (m^3/s)

v = Kecepatan aliran (m/s)

A = Luas penampang aliran (m²)

2. Luas Penampang Pipa

Untuk menentukan luas penampang dapat digunakan persamaan berikut :

(Jalaludin Almahalli; 2009)

Keterangan:

An = Luas penampang pipa pesat (m²)

D = Diameter pipa (m)

3. Menentukan Kecepatan Aliran

Untuk menentukan kecepatan dalam aliran pipa pesat dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

(R. Permatasari; 2008)

Keterangan :

V = Kecepatan dalam aliran (m/detik)

$Q = \text{Debit aliran (m}^3/\text{detik)}$

D = Diameter pipa pesat (m)

4. Losses Pada pipa akibat saringan (*trashrack*)

Menentukan *losses* (kehilangan tinggi tekan) pada saluran penstok akibat saringan dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

(Jurnal Ilmiah PLTMH Yogi Suryo Setyo Putro)

Keterangan :

h_s = kehilangan tinggi tekan akibat saringan (m)

k_t = koefisien kehilangan energi karena bentuk kisi (0,5 untuk persegi dan 0,05 untuk bentuk yang dibulatkan)

t_k = tebal kisi (m)

$$b_k = \text{jarak (m)}$$

a = sudut pemasangan

v = kecepatan aliran (m/detik)

g = gravitasi (9,8 m/s²)

5. Losses Pada Pipa Akibat Pemasukan)

Menentukan losses akibat pemasukan dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

(Jurnal Ilmiah PLTMH Yogi Suryo Setyo Putro)

Keterangan :

H_p = kehilangan tinggi tekan akbat pemasukan (m)

K = koefisien kecepatan

v = kecepatan aliran (m/detik)

g = gravitasi (9,8 m/s²)

6. Losses Pada Pipa Akibat Belokan

Menentukan losses pada saluran pipa penstok akibat belokan dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

(Jurnal Ilmiah PLTMH Yogi Suryo Setyo Putro)

Keterangan :

hb = kehilangan tinggi tekan akibat belokan (m)

kb = koefisien belokan (0,67 dengan belokan 45°)

v = kecepatan aliran (m/detik)

g = gravitasi (9,8 m/s²)

7. Menentukan Bilangan Reynold

Fungsi dari bilangan *Reynold* itu sendiri adalah untuk mengetahui jenis suatu aliran fluida yang ada di dalam pipa. Dibawah ini merupakan batasan nilai/harga bilangan *Reynold* untuk aliran *internal flow* dan disertai dengan jenis alirannya $Re < 2300$ maka alirannya adalah laminar $2300 < Re > 4000$ maka alirannya adalah transisi $Re > 4000$ maka alirannya adalah turbulen Adapun persamaan untuk mendapatkan bilangan *Reynold* menggunakan persamaan Darcy Weisbach:

Keterangan:

Re = Bilangan reynold

p = Massa jenis fluida (kg/m^3)

v = Kecepatan aliran fluida (m/s)

D = Diameter pipa (m)

$\mu = \text{viskositas } (N.s/m^2)$

8. Menentukan Tingkat Kekasaran Pipa

Merupakan tingkat kekasaran pipa, tingkat kekasaran pipa dipengaruhi permukaan material pipa yang digunakan, pada pembangkit ini direncanakan menggunakan pipa baja las dengan menggunakan persamaan Darcy Weishbach.

9. Menentukan Head Losses pada Pipa penstock

Head losses pada pipa penstock dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah faktor gesekan terhadap tingkat kekasaran pipa. Untuk mencari head losses pada pipa dapat dihitung dengan persamaan Darcy-Weisbach.

Keterangan:

hf = kehilangan energi

f = faktor gesekan

L = ketebalan pipa

V = kecepatan air

D = Diameter pipa

2.1.5 Daya losses Pipa Penstok

Daya losses penstock adalah jumlah potensi daya yang hilang karena kerugian-kerugian (Sulistyo,Eko 2020). Dengan persamaan sebagai berikut:

Keterangan :

PL = Daya losses penstock (watt)

ρ = Massa jenis air (kg/m³)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

Q = Debit air yang masuk (m³/s)

HT = *Head losses total penstock (m)*

2.1.5 Efisiensi Pipa Penstok

Efisiensi merupakan suatu ukuran dalam membandingkan rencana penggunaan masukan dengan penggunaan yang direalisasikan atau dengan kata lain penggunaan yang sebenarnya". (SP.Hasibuan 1984;233-4) Efisiensi pada pembangkitan merupakan ukuran untuk mengetahui seberapa efisienkah unit pembangkit tersebut dalam menghasilkan energi, hal ini akan berpengaruh pada daya yang nantinya dihasilkan oleh sebuah pembangkit.

Semakin besar nilai efisiensi dalam sebuah pembangkit akan menghasilkan keuntungan energi yang cukup tinggi pula. Efisiensi pipa Penstock dapat dicari dengan menentukan daya hidrolis air, daya losses penstock, dan daya masuk turbin.

1. Daya Hidrolis Air

Keterangan

PH = daya hidrolis air

p = massa jenis air

g = percepatan gravitasi

Q = debit air

H = tinggi terjun air

2. Daya Losses Penstock

Keterangan :

PL = daya losses penstock

p = massa jenis air

g = percepatan gravitasi

$$Q = \text{debit air}$$

HT = Kehilangan energi

3. Daya Masuk Turbin

Keterangan :

p = massa jenis air

g = perekatan grafiasi

H = tinggi jatuh air

Debit air

4. Efisiensi PLTA

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (2.8)$$

Keterangan

P_{in} = daya masuk turbin

P_{out} = daya keluaran

BAB III

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian yang dikembangkan secara deskriptif kuantitatif, dengan mengumpulkan data-data yang diperoleh dari survei lapangan.

3.1 Alur Penelitian

Dalam penelitian ini dimulai dengan pemilihan lokasi di PLTA Jelok berdasarkan kondisi yang sebenarnya. Setelah menentukan lokasi penelitian, ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Studi Literatur.
2. Pengumpulan Data
3. Analisa Potensi PLTA
4. Perhitungan matematis Daya Pembangkit Listrik Tenaga Air
5. Analisa hasil perhitungan matematis
6. Kesimpulan dan Saran.

3.2 Data Penelitian

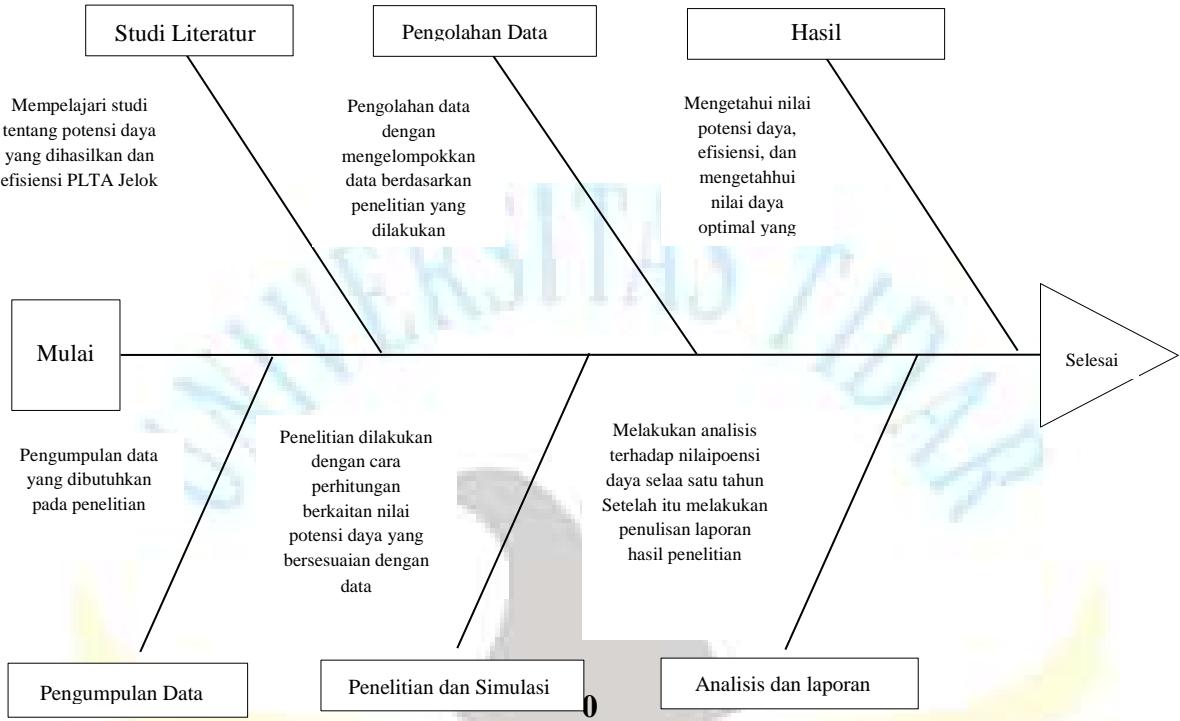
Dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini, penulis membutuhkan data yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

Nama Bahan	Sumber Bahan
Spesifikasi Komponen PLTA Jelok	PLTA Jelok
Hasil Produksi Energi Listrik PLTA Jelok	PLTA Jelok
Spesifikasi Saringan Sampah (Filter)	PLTA Jelok
Spesifikasi Turbin	PLTA Jelok

Tabel 3.1 Data yang diperlukan

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dalam menyelesaikan tugas akhir ini dilakukan melalui beberapa tahap. Adapun tahapan – tahapan yang dilakukan adalah studi literature, pengambilan data, pengolahan data, dan perhitungan matematis, analisis dan penulisan skripsi atau tugas akhir yang akan ditunjukkan pada diagram alur gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

3.4 Metode Penyelesaian

- Metode penyelesaian yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian sesuai dengan tahap-tahap yang direncanakan sebagai berikut:
1. Data yang diperlukan dalam penelitian ini menggunakan data observasi. Data tersebut akan digunakan sebagai parameter saat menyusun skripsi.
 2. Data yang telah didapatkan di sebagai acuan untuk menghitung studi potensi dan output daya yang digunakan dalam penelitian ini.
 3. Setelah pengumpulan data dilakukan perhitungan nilai potensi daya. Hasil yang didapatkan dari perhitungan tersebut digunakan untuk mengetahui potensi dari PLTA Jelok.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajiz, Eka Nur., Notosudjono, Didik., Wismiana, Evyta. (2018). Studi Potensi dan Karakteristik Output Daya di Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Ubrug Sukabumi,
- Eka Putra, R. R., Afriani, S., Miefthawati, N. P., & Jelita, M. (2020). Analisis Teknis-Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga hybrid solar PV/biogas off grid system. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 18(1), 17.
- Ibrahim, I., Juniah, R., & Susetyo, D. (2020). Potensi Pemanfaatan Air Void tambang Batubara Untuk pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Jurnal Pertambangan*, 4(4), 180–185.
- Insani, N. A. (2019). Analisis Keekonomian Pembangkit Listrik Tenaga Panas bumi kapasitas Kecil Sistem Siklus UAP. EPIC : *Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control*, 2(2).
- Jawadz, Unggah., Prasetijo, Hari., Purnomo, Widhiatmoko Herry. (2019). Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Aliran Sungai Desa Kejawar Banyumas. 15(1). 11-24.
- Kurniawan, Elfin, et al. (2021). Kajian Potensi Peningkatan Daya Terpasang PLTA Sebagai Pemanfaatan Surplus Debit Air Unit PLTA Batang Agam. ROTASI. 23(1), 32-38.
- Oktavian, Dandi. (2021). Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Generator Pada PLTA WOnogiri. 1-16.
- Pratama, Hardi. (2019). *Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidr.* Kabupaten Langkat.
- Sipayung, Hardi Pratama. (2019). Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) di Sungai Berkail Kecamatan Bahorok Kabupaten Langkat. SKRIPSI. 1-57.

LAMPIRAN

DAFTAR UPAH KERJA

PROYEK : Studi Potensi Daya PLTA Jelok

LOKASI : Delik, Kecamatan Tuntang Kabupaten Semarang

TAHUN ANGGARAN : 2023

NO	URAIAN	koefisien	SATUAN	HARGA	WAKTU	JUMLAH
				SATUAN (Rp)		
A.	Tenaga					
1.	Tenaga ahli (S1)	1	Org	1.385.000	2	2.770.000
2.	Pekerja teknis	1	Org	200.000	2	400.000
3.	Tenaga pembantu	1	Org	120.000	2	240.000
	Jumlah harga tenaga kerja					3.410.000
B.	Bahan					
1.	ATK	1	Pack	110.000	-	110.000
	Jumlah harga bahan					110.000
C	Jumlah harga tenaga kerja + jumlah harga bahan (A+B)					3.520.000
D	Overhead 8%					281600
	Jumlah (C+D)					3.801.600
E						

Keterangan :

Tenaga Ahli : Menentukan potensi daya PLTA Jelok

Tenaga Teknis : Melakukan perbaikan dan perawatan

Tenaga pembantu : Membantu pekerjaan tenaga teknis

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA		
KEGIATAN		: Studi Potensi Daya PLTA Jelok
Lokasi		: Kabupaten Semarang
Tahun anggaran		: 2023
NO.	Uraian	Jumlah (Rp)
1.	Pekerjaan PLTA	3.801.600
	Jumlah	3.801.600
	PPN 10%	381.600
	Total	4.183.200
	Dibulatkan	4.185.000



Dokumentasi





Pipa Pesat



Saluran buang