

**STUDI KELAYAKAN
PENGUNAAN SUMBER DAYA AIR
UNTUK KEBUTUHAN USAHA PLTM KAMBANGAN
DESA KAMBANGAN KECAMATAN BLADO
KABUPATEN BATANG PROVINSI JAWA TENGAH**

1. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Memasuki awal abad 21 dunia dilanda krisis pemanasan global yang disebabkan oleh efek rumah kaca sebagai akibat dari emisi senyawa karbondioksida berlebihan di atmosfer, yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil baik dari segi transportasi maupun industri. Cadangan energi fosil yang dimiliki selanjutnya tidak boleh dieksploitasi secara berlebihan untuk dapat mengatasi masalah pemanasan global, senantiasa memelihara ekosistem, dan memastikan berlangsungnya pemanfaatan berkelanjutan dari bahan bakar tersebut pada generasi mendatang.

Pada kenyataannya sampai saat ini sebagian besar pasokan listrik di Pulau Jawa dihasilkan dari instalasi pembangkit listrik tenaga pembakaran fosil/BBM. Walaupun harga minyak dunia pada tahun 2009 turun, pemakaian BBM berlebihan tetap tidak mendukung konsep keseimbangan karbon ataupun CDM (*Clean Development Mechanism*) yang dicanangkan secara internasional dalam *Kyoto Protocol* untuk mengatasi masalah pemanasan global.

Dalam rangka mempercepat diversifikasi energi untuk pembangkit listrik berbahan bakar minyak ke non bahan bakar minyak yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik, diperlukan upaya melakukan percepatan pembangunan khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM).

Energi mempunyai peranan yang sangat penting dalam mendukung pembangunan, terutama untuk mendukung sektor-sektor pembangunan lainnya. Untuk itu maka sasaran pembangunan energi adalah menyediakan

energi yang cukup dengan harga yang relatif terjangkau oleh daya beli masyarakat.

Seiring dengan pertumbuhan pembangunan daerah maupun pembangunan sektor-sektor, maka permintaan akan energi khususnya listrik akan terus meningkat. Demikian juga dalam beberapa tahun ke depan dengan adanya proses transisi masyarakat perdesaan menjadi masyarakat perkotaan akan mendorong kebutuhan akan energi. Selain dari pada itu pengembangan ekonomi kerakyatan (ekonomi perdesaan) akan semakin ditingkatkan, oleh karena itu kebutuhan akan energi di perdesaan juga akan semakin meningkat pula.

Pusat Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) merupakan suatu pusat pembangkit tenaga listrik yang menggunakan tenaga air dengan batasan daya terpasang dari 200 kW hingga 10.000 kW per unit, sedangkan kapasitas terpasang di atas 10.000 kW per unit diklasifikasikan sebagai Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA) dan untuk kapasitas terpasang di bawah 200 kW per unit diklasifikasikan sebagai Pusat Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).

Pembangunan PLTM selain untuk memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia (*renewable energy*) khususnya tenaga air, juga sebagai pengganti bahan bakar minyak pada pembangkit-pembangkit listrik milik PT. PLN (Persero). Dengan penggantian energi primer tenaga pembangkit tersebut diharapkan dapat dilakukan penghematan BBM, berkurangnya subsidi pemerintah terhadap PLN dan mendukung program pelestarian lingkungan sesuai dengan Protokol Kyoto.

Dengan adanya peraturan pemerintah yang membuka peluang usaha dibidang energi kelistrikan dengan outputnya ditampung PLN sebagai penyelenggara ketenagalistrikan nasional satu-satunya pemegang kuasa usaha ketenagalistrikan (PKUK), maka pihak swasta mendapat peluang untuk mulai mempelajari potensi tenaga air sebagai sumber energi pembangkit listrik yang ramah lingkungan.

Penelitian potensi tenaga air oleh pihak swasta tidak lagi terfokus pada sumber-sumber energi yang besar, tetapi juga sumber energi marginal yang tersebar terutama di wilayah Jawa Tengah, diharapkan akan mempunyai prospek yang cukup menjanjikan dengan karakteristik :

1. Terbarukan
2. Ramah lingkungan
3. Relatif murah
4. Dapat dibangun oleh pakar-pakar dalam negeri
5. Dimungkinkan dibangun dengan investasi lokal
6. Meningkatkan kegiatan ekonomi masyarakat
7. Meningkatkan kemampuan rekayasa masyarakat.

Penelitian tersebut diupayakan sebagai bentuk partisipasi pada sektor ketenagalistrikan nasional dan mendukung visi, misi dan strategi Pemerintah Daerah untuk meningkatkan pembangunan ekonomi yang berbasis potensi lokal serta meningkatkan kualitas pelayanan infrastruktur dan pasokan listrik di daerah.

Atas dasar pertimbangan tersebut diatas, maka PT. INDO TIRTA BUANA berencana membangun pembangkit listrik tenaga hydro yang berlokasi di Dukuh Kemloko Desa Kambangan Kecamatan Blado Kabupaten Batang Jawa Tengah.

Sebagai langkah awal untuk mewujudkan upaya tersebut dengan ini PT. INDO TIRTA BUANA melakukan pekerjaan **FEASIBILITY STUDY (FS) PLTM KAMBANGAN (3 MW)** sebagai acuan dalam pelaksanaan pekerjaan selanjutnya.

I.2 MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dan tujuan dari pelaksanaan pekerjaan FS PLTM KAMBANGAN (3 MW) adalah untuk membuat dan melengkapi kajian dan analisa hasil studi yang terdahulu, survei pendahuluan (**site reconnaissance**), studi kelayakan , membuat dokumen Detail Design Report (DDR) dan General Spesification , metode konstruksi dan penggunaan bahan dan material , project management , operation dan maintanance (O/M) , Distribusi 20 kV ke Feeder existing , test dan Comissioning.

Tujuan dari pekerjaan FS PLTM KAMBANGAN (3 MW) adalah agar dapat dipergunakan sebagai acuan untuk membangun Pembangkit dengan daya yang optimal, penggunaan bahan / material serta peralatan yang berkualitas sehingga menghasilkan pekerjaan yang bermutu baik, pembangunan tepat waktu dan biaya yang efesien dan efektif dengan mempertimbangkan aspek lingkungan serta mudah dalam pengawasan dan pengendaliannya.

I.3 RUANG LINGKUP PEKERJAAN

- a) Untuk mendapatkan data lapangan yang lebih lengkap, yang meliputi topografi, geologi/ geoteknik, hidrologi, material konstruksi, kelistrikan, maka diperlukan pekerjaan pengumpulan data primer (investigasi lapangan) dan data sekunder.
- b) Untuk memperoleh kelayakan yang lebih jelas dan optimal sebagai tindak lanjut dari Pra-Studi Kelayakan yang telah dilakukan sebelumnya. Dalam studi ini dilakukan analisa yang lebih mendalam terhadap rencana PLTM pada lokasi terpilih dalam hal aspek teknis, aspek system kelistrikan, analisa resiko, aspek ekonomi dan aspek finansial.
- c) Membuat Basic Design
- d) Menyusun dokumen tender untuk kontrak EPC (*Engineering Procurement Construction*).

2. GAMBARAN UMUM LOKASI YANG DIMOHON

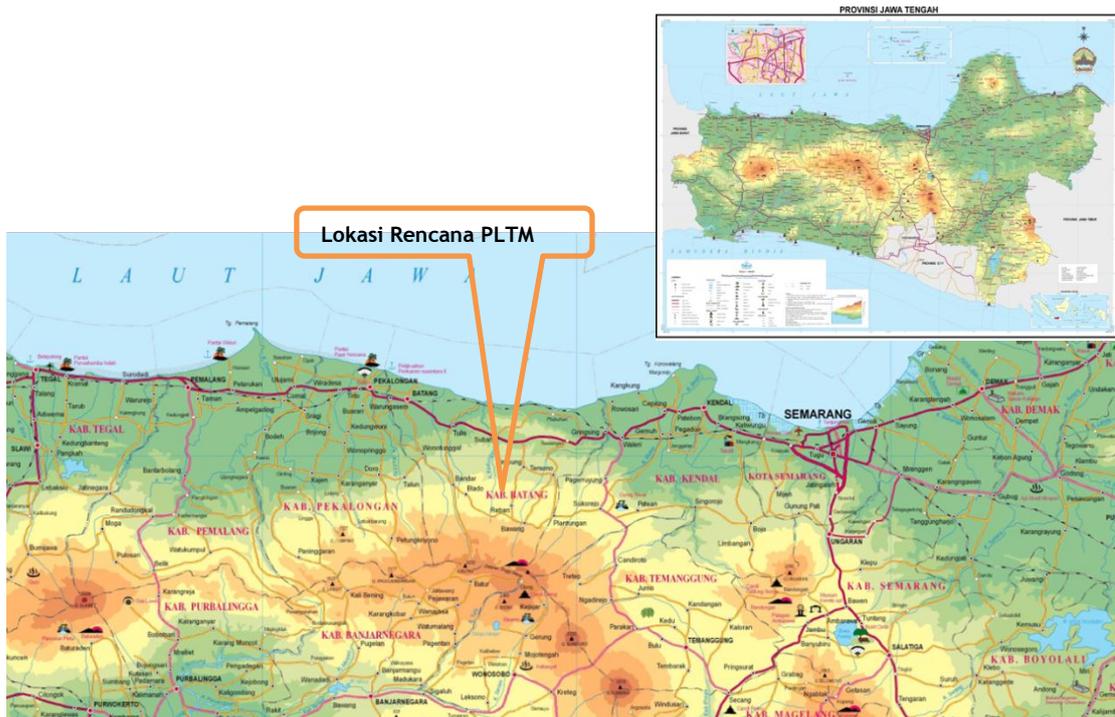
2.1 Gambaran Umum Lokasi

- 1) Sumber Air : Sungai Lojahan DAS Sambong
- 2) Lokasi Penggunaan
 - Desa : Kambangan
 - Kecamatan : Blado
 - Kabupaten : Batang
 - Provinsi : Jawa Tengah
 - Titik Koordinat Pengambilan : S = 7° 5' 49.85"
E = 109° 48' 18.99"

2.2 Pengusahaan Air/Daya Air

1. Tujuan Pengusahaan : Merubah energi Potensial
Menjadi energi listrik
2. Cara Pengambilan : Membuat bangunan bendung (weir)
3. Cara Pengembalian : Melalui Tailrace setelah dari rumah turbin
4. Volume pengambilan : 4.500 lt/detik
(setara dengan 11.664.000 m³/bulan)
5. Jangka waktu permohonan : 30 tahun

PLTM Kambangan"secara administratif berada di Desa Kambangan, Kec. Blado, Kab. Batang. Kemudian secara hidrologis lokasi rencana PLTM Kambangan berada di hilir pertemuan Sungai Lojahan dan Sungai Dekong yang masuk di DAS Lojahan. Untuk lebih jelasnya mengenai lokasi kegaitan perencanaan PLTM Kambangan dapat melihat pada peta berikut ini.



Gambar Peta Lokasi PLTM Kambangan

Lokasi PLTM Kambangan ini berada di Desa Kambangan, Kec. Blado Kab. Batang. Maka dari itu perlu disampaikan gambaran umum wilayah secara makro yaitu wilayah kabupaten, kemudian baru difokuskan wilayah lokasi rencana PLTM.

Kondisi Umum Kabupaten Batang

Geografi

Kabupaten Batang merupakan satu dari 35 kabupaten/kota yang berada dalam wilayah Provinsi Jawa Tengah, Secara geografis, Kabupaten Batang terletak diantara $6^{\circ} 51' 46''$ sampai $7^{\circ} 11' 47''$ Lintang Selatan dan antara $109^{\circ} 40' 19''$ sampai $110^{\circ} 03' 06''$ Bujur Timur.

Batas wilayah Kabupaten Batang :

- sebelah utara : Laut Jawa
- sebelah timur : Kabupaten Kendal
- sebelah selatan : Kab. Banjarnegara dan Kabupaten Wonosobo
- sebelah barat : Kab. Pekalongan dan Kota Pekalongan

Topografi

Secara umum, wilayah Kabupaten Batang terbagi menjadi 2 (dua) daerah dataran, yaitu daerah dataran rendah (pantai) dan daerah dataran tinggi (perbukitan hingga pegunungan). Wilayah Kabupaten Batang bagian utara merupakan daerah dataran rendah dengan ketinggian antara 0 - 10 meter dpl, Wilayah Kabupaten Batang bagian selatan merupakan daerah dataran tinggi yang terdiri atas tanah perbukitan hingga pegunungan dengan ketinggian antara 10 - 2.579 meter dpl

Dari hasil survey dan analisis topografi yang telah dilakukan dapat diperkirakan lokasi bendung PLTMH KAMBANGAN berada pada elevasi $\pm 666,50$ meter diatas permukaan laut, sedangkan posisi *Power House* berada pada elevasi ± 580 meter di atas permukaan laut. Skema PLTM ini direncanakan untuk mendapatkan tinggi jatuh (*nethead*) sebesar ± 81 meter dengan panjang saluran pembawa ± 1300 meter dan panjang pipa pesat (*penstock*) ± 180 meter.

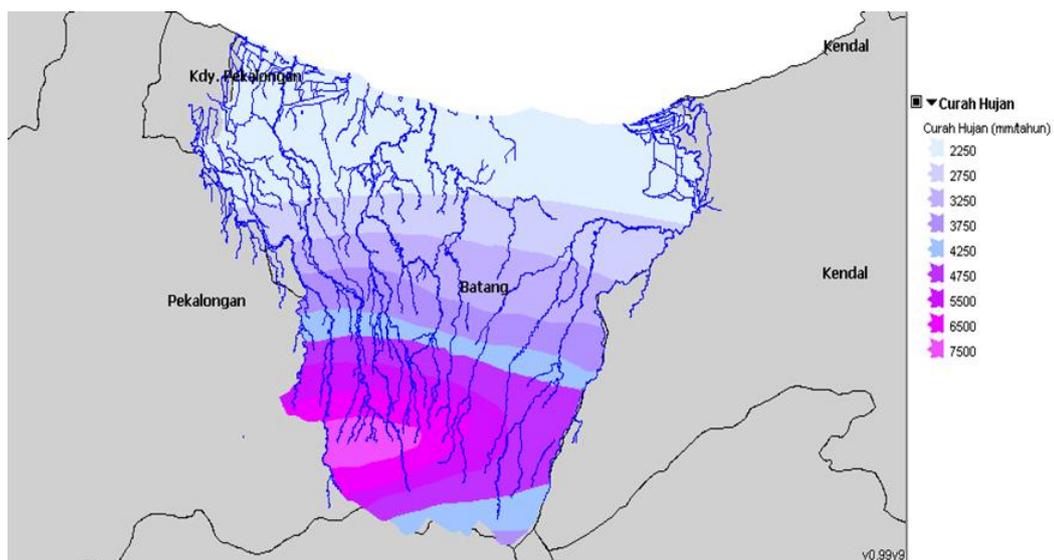
Iklm dan Curah Hujan

Iklm merupakan kondisi rata-rata dari semua peristiwa yang terjadi di atmosfer yang terdapat pada suatu daerah yang luas serta pada waktu relatif lama. Kabupaten Batang memiliki iklim tropis dengan jumlah hari hujan pada bulan Oktober-April dan musim kemarau pada bulan April-Oktober, dimana kedua musim ini silih berganti sepanjang tahun. Curah hujan di wilayah Kabupaten Batang memiliki perbedaan yang cukup mencolok sepanjang tahun, yaitu:

1. Daerah atas (Kecamatan Wonotunggal, Bandar, Blado, Reban, Bawang dan Tersono) mempunyai curah hujan tahunan lebih tinggi, yaitu rata-rata 6.307 mm dengan jumlah hari hujan rata-rata 209 hari
2. Daerah bawah (Kecamatan Gringsing, Limpung, Subah, Tulis, Batang dan Warungasem) mempunyai rata-rata curah hujan lebih rendah, yaitu rata-rata 4.014 mm dengan jumlah hari hujan rata-rata 151 hari.

Dilihat dari curah hujan per tahun Kabupaten Batang terbagi dalam 4 zona, yaitu:

1. Curah hujan > 3.000 mm/tahun, meliputi sebagian besar : Kecamatan Bawang, Reban, Blado, Bandar dan Wonotunggal
2. Curah hujan antara 2.500 – 3.000 mm/tahun, meliputi sebagian : Kecamatan Tersono, Reban, Bandar, Subah dan Wonotunggal
3. Curah hujan antara 2.000– 2.500 mm/tahun, meliputi sebagian : Kecamatan Tersono, Limpung, Subah, Tulis, Wonotunggal dan Warungasem
4. Curah hujan < 2.000 mm/tahun, meliputi sebagian besar : Kecamatan Tersono, Gringsing, Subah, Tulis, Warungasem dan Batang



Gambar Peta Curah Hujan

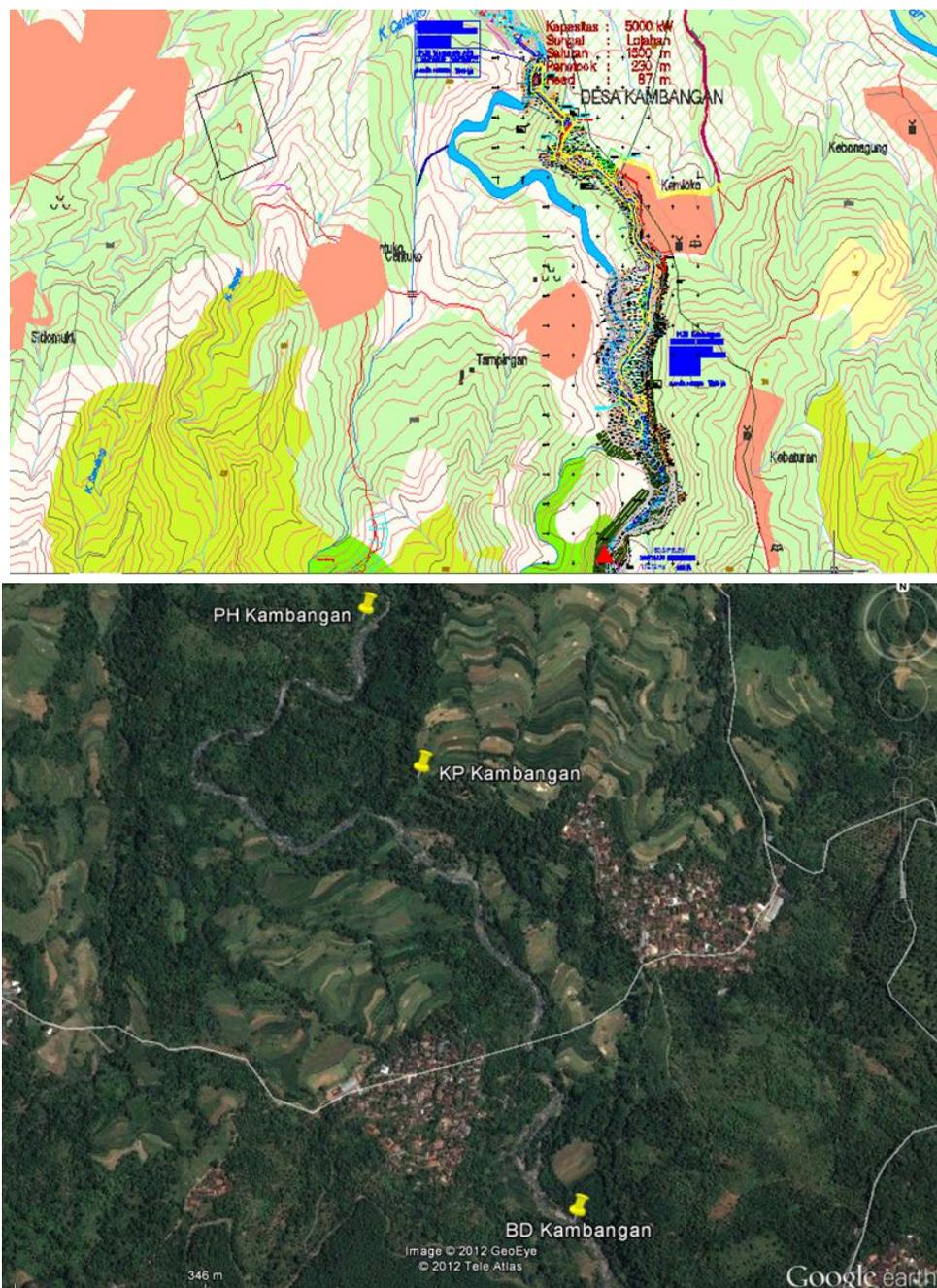
Kondisi Wilayah Lokasi PLTM

Secara administratif proyek PLTM Kambangan, terletak di Desa Kambangan Kecamatan Blado, Kabupaten Batang, Propinsi Jawa Tengah. Berjarak sekitar 25 km dari Kota Batang ibukota pemerintahan Kabupaten Batang. Pencapaian lokasi proyek PLTM ini relatif mudah dengan kondisi jalan yang cukup baik, dapat ditempuh dalam waktu sekitar 35 menit perjalanan dari Kota Batang.

Kondisi topografi wilayah ini menyebabkan aliran sungai deras yang memungkinkan dibangunnya PLTM tipe aliran langsung (*runoff*) yaitu dengan membangun bendung tanpa reservoir air. Saluran pembawa diperlukan untuk

memperoleh beda tinggi (*head*) yang cukup besar antara muka air di kolam penenang dan saluran buang (*tailrace*), kemiringan dasar sungai relatif besar, antara lain terindikasi setidaknya ada beberapa lokasi di wilayah aliran Sungai Lojahan dan Sungai Dekong yang memiliki potensi yang dapat dibangun PLTM secara *cascade* dan memiliki nilai ekonomis yang cukup baik.

Proyek ini memanfaatkan aliran Sungai Lojahan dan Sungai Dekong, dengan daerah tangkapan air (*catchment area*) seluas 29,78 km².



Gambar Peta Lokasi PLTMH KAMBANGAN

3) KONDISI SUMBER DAYA AIR YANG AKAN DIMOHON

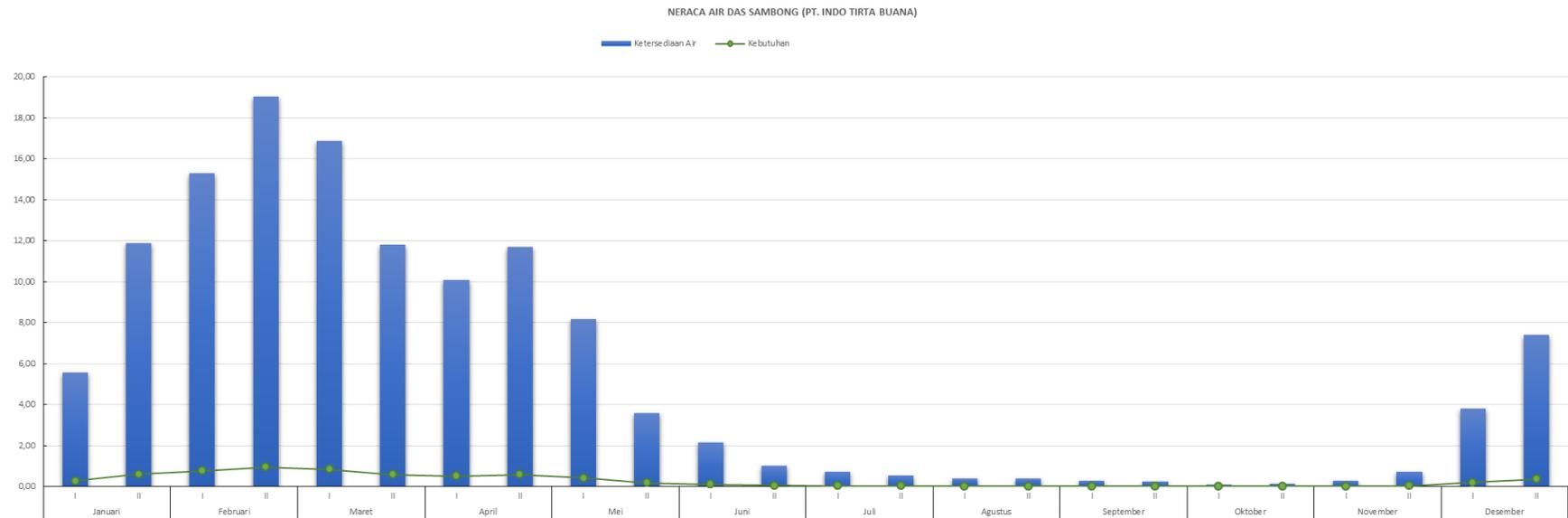
3.1 Neraca Air

Debit andalan dihitung tiap bulannya agar nantinya dapat dilihat *trend* selama setahun melalui grafiknya. Dari trend tersebut dapat diketahui manakala waktu kering dan waktu basah dari lokasi tinjauan. Dengan membandingkan besarnya debit andalan dengan rencana kebutuhan air, maka akan diketahui kondisi ketersediaan air mengalami surplus atau defisit. Hasil debit andalan dari Bendung Kambangan sebagai bangunan penangkap untuk PLTM dengan berbagai keandalan disajikan dalam tabel berikut ini.

**PERHITUNGAN NERACA AIR DAS SAMBONG
PT. INDO TIRTA BUANA**

No	Uraian Lokasi	Luas CA (Km ²)	Debit (m3/detik)	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember		
				I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
				A	Bendung Kedungdowo Kramat	87,76	Ketersediaan Air																					
			- Q ₈₀	6,75	11,25	16,98	16,79	15,40	11,72	10,45	11,30	7,84	3,85	3,28	1,23	0,65	0,52	0,44	0,36	0,25	0,20	0,17	0,14	0,27	1,74	6,81	7,40	
			- Q ₉₀	4,62	9,90	12,74	15,86	14,04	9,81	8,40	9,75	6,79	2,98	1,78	0,85	0,58	0,43	0,32	0,30	0,21	0,18	0,09	0,09	0,21	0,59	3,17	6,14	
			- Q ₉₅	4,27	6,59	1,74	2,49	12,73	7,56	7,60	7,97	1,82	1,59	1,13	0,37	0,24	0,15	0,16	0,11	0,07	0,05	0,01	0,04	0,04	0,08	1,57	2,29	
			Kebutuhan	1,65	1,47	0,97	1,21	1,05	0,98	0,95	1,49	1,46	1,41	1,53	1,40	1,20	1,03	0,83	0,54	0,28	0,36	0,18	0,98	1,23	1,19	1,62	1,51	
			- Di Kedungdowo Kramat	1,42	0,97	0,33	0,41	0,35	0,49	0,52	1,00	1,12	1,25	1,44	1,36	1,16	1,01	0,81	0,52	0,27	0,35	0,17	0,98	1,21	1,15	1,45	1,20	
			- PLTMH Lojahan (kehilangan air)	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
			- Pemeliharaan Sungai	0,23	0,49	0,64	0,79	0,70	0,49	0,42	0,49	0,34	0,15	0,09	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,011	0,009	0,004	0,005	0,01	0,03	0,16	0,31
			Neraca Air	0,21	0,33	0,09	0,12	0,64	0,38	0,38	0,40	0,09	0,08	0,06	0,02	0,01	0,08	0,11										
			Keterangan	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
B	DAS Sambong	105,37	Ketersediaan Air																									
			- Q ₈₀	8,11	13,51	20,38	20,16	18,50	14,07	12,55	13,57	9,41	4,63	3,93	1,47	0,78	0,63	0,53	0,43	0,31	0,24	0,20	0,17	0,33	2,09	8,17	8,88	
			- Q ₉₀	5,55	11,88	15,29	19,04	16,86	11,78	10,09	11,70	8,16	3,58	2,14	1,02	0,70	0,52	0,38	0,36	0,25	0,22	0,10	0,11	0,26	0,70	3,81	7,37	
			- Q ₉₅	5,12	7,91	2,08	2,99	15,28	9,08	9,13	9,57	2,19	1,91	1,36	0,44	0,28	0,19	0,20	0,13	0,09	0,06	0,01	0,05	0,05	0,09	1,89	2,75	
			Kebutuhan	0,28	0,60	0,77	0,96	0,85	0,59	0,51	0,59	0,41	0,18	0,11	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,19	0,37	
			- Di Kedungdowo Kramat	1,42	0,97	0,33	0,41	0,35	0,49	0,52	1,00	1,12	1,25	1,44	1,36	1,16	1,01	0,81	0,52	0,27	0,35	0,17	0,98	1,21	1,15	1,45	1,20	
			- PLTMH Lojahan (kehilangan air)	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
			- Pemeliharaan Sungai	0,28	0,59	0,76	0,95	0,84	0,59	0,50	0,59	0,41	0,18	0,11	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,19	0,37
			Neraca Air	7,83	12,91	19,62	19,21	17,65	13,48	12,04	12,98	9,00	4,45	3,82	1,42	0,74	0,60	0,51	0,41	0,29	0,23	0,20	0,16	0,31	2,05	7,98	8,51	
			Keterangan	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

Tabel A1 : Perhitungan Neraca Air DAS Sambong



Grafik 1 : Grafik Neraca Air DAS Sambong

Studi Kelayakan
Penggunaan Sumber Daya Air

KETERSEDIAAN AIR DAS SAMBONG
(Berdasarkan Metode Perbandingan DAS di Bendung Kedungdowo Kramat)

Luas DAS di Bendung Kedungdowo Kramat = 87,76 Km²
 Luas DAS setelah Bendung Kedungdowo Krar = 17,61 Km²
 Luas DAS Sambong = 105,37 Km²

No	Tahun	Debit Rerata Bendung Kedungdowo Kramat (m ³ /detik)																							
		Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	2021	13,55	31,19	54,67	33,71	15,55	15,76	14,97	7,80	7,16	5,55	6,25	11,45	5,93	1,95	2,99	2,07	1,94	2,82	2,54	8,29	14,23	16,13	11,13	11,72
2	2020	19,27	13,38	18,67	29,03	26,18	25,09	23,48	10,90	11,45	8,94	5,20	3,41	2,81	2,12	1,62	1,27	2,81	2,17	1,50	3,58	4,26	10,87	17,08	10,75
3	2019	6,27	25,42	17,76	16,07	15,44	13,80	15,25	17,54	15,76	6,22	3,79	1,50	1,04	0,68	0,88	0,71	0,25	0,58	0,10	0,14	0,53	0,51	1,45	1,87
4	2018	12,47	10,10	30,26	28,15	17,54	13,91	11,02	13,03	1,28	1,44	5,00	3,89	7,04	2,81	0,53	0,41	0,36	0,20	0,35	0,30	1,74	2,49	7,50	6,09
5	2017	10,94	16,70	28,18	21,67	25,07	12,00	10,31	12,62	21,25	8,63	10,34	5,27	3,63	2,25	1,65	0,60	0,29	0,74	3,38	5,64	7,40	11,54	9,20	14,14
6	2016	7,48	11,06	17,20	15,83	31,27	15,88	19,06	14,38	10,18	4,78	9,46	12,80	6,74	2,33	5,50	4,56	7,55	19,32	17,96	10,84	15,12	11,56	11,69	12,44
7	2015	4,25	12,02	0,63	1,01	13,70	15,30	19,13	12,51	11,59	3,29	1,56	0,32	0,20	0,12	0,15	0,09	0,06	0,03	0,28	0,04	0,03	0,03	5,07	6,92
8	2014	9,48	49,10	45,45	23,47	12,62	11,53	7,57	9,46	6,70	12,17	5,10	4,75	4,65	3,52	2,72	1,97	1,41	0,49	0,31	0,14	0,25	4,37	7,61	8,11
9	2013	25,90	22,79	20,56	25,80	20,29	16,50	16,96	14,92	7,75	8,68	7,21	7,62	9,08	9,43	3,44	3,50	2,37	1,26	1,05	0,80	2,16	2,29	11,03	12,88
10	2012	27,06	22,54	34,01	18,65	15,50	9,68	19,65	12,20	11,92	7,06	5,32	2,15	1,28	0,83	0,42	0,29	0,26	0,47	0,68	0,91	7,48	14,00	10,55	
11	2011	27,09	31,31	22,78	19,61	17,71	23,73	19,60	18,08	15,72	9,55	4,68	1,00	0,91	4,64	1,37	0,35	1,33	0,18	0,38	1,00	7,47	8,02	13,38	17,14
12	2010	18,07	20,45	29,68	39,38	19,41	22,19	15,22	11,93	12,04	20,78	21,62	13,36	7,02	6,50	9,11	14,94	18,13	21,21	12,94	14,34	28,28	25,36	22,41	26,36
13	2009	21,73	46,36	54,48	21,54	15,86	7,32	12,70	17,22	8,42	11,46	12,44	3,61	0,87	0,60	0,89	0,63	0,41	0,43	0,41	0,50	2,98	9,98	7,59	6,36
14	2008	34,76	9,85	40,12	46,55	36,97	20,17	19,42	15,85	8,42	4,17	2,93	1,56	0,73	0,47	0,46	3,23	0,97	0,22	0,90	2,01	17,91	18,53	13,60	10,63
15	2007	5,39	6,23	29,17	25,85	34,91	16,39	18,17	16,03	10,48	6,12	7,07	3,14	1,34	0,64	0,41	0,51	0,45	0,32	0,27	0,43	12,89	5,33	11,41	15,39
16	2006	19,70	47,20	28,36	21,95	15,81	10,36	10,49	17,48	12,50	7,21	8,41	2,23	1,07	0,65	0,49	0,43	0,25	0,21	0,17	0,17	0,21	1,37	2,70	10,26
17	2005	16,41	11,54	11,71	15,97	17,87	18,05	13,65	19,24	8,29	4,74	4,72	5,43	4,83	4,67	1,21	1,14	0,50	2,83	2,66	9,26	9,43	6,96	13,37	13,11
18	2004	15,02	22,27	29,15	24,13	21,47	17,54	10,42	14,20	15,57	13,34	6,31	1,55	0,59	0,43	1,02	0,48	0,20	0,18	0,17	0,14	0,30	0,88	9,36	14,53
19	2003	4,43	17,20	39,31	44,76	19,95	16,44	7,92	10,92	9,49	3,65	2,67	1,04	0,59	0,43	0,30	0,34	0,40	0,29	0,00	0,64	0,93	9,53	17,65	20,18
20	2002	11,18	32,95	16,83	17,87	15,38	18,45	22,56	17,51	7,97	2,91	1,09	0,81	0,58	0,61	0,52	0,38	0,40	0,29	0,08	0,08	0,24	2,76	9,03	15,61
21	2001	12,03	18,07	16,83	17,87	15,38	18,46	17,20	11,87	8,25	6,23	5,90	4,04	1,50	2,93	0,91	0,50	1,33	0,89	3,35	13,43	21,00	20,51	6,35	9,74
Jumlah		322,50	477,72	585,81	508,88	423,87	338,57	324,77	295,69	222,20	156,90	137,05	90,95	62,45	48,60	36,61	38,41	41,66	55,28	49,27	72,45	148,28	176,51	222,60	254,74
Rata-rata		15,36	22,75	27,90	24,23	20,18	16,12	15,47	14,08	10,58	7,47	6,53	4,33	2,97	2,31	1,74	1,83	1,98	2,63	2,35	3,45	7,06	8,41	10,60	12,13

Tabel A2 : KETERSEDIAAN AIR DAS SAMBONG (Berdasarkan Metode Perbandingan DAS Bendung Kedungdowo Kramat)

Studi Kelayakan
Penggunaan Sumber Daya Air

No	Peluang	Debit Andalan Bendung Kedungdowo Kramat (m ³ /detik)																							
		Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	4,55	34,76	49,10	54,67	46,55	36,97	25,09	23,48	19,24	21,25	20,78	21,62	13,36	9,08	9,43	9,11	14,94	18,13	21,21	17,96	14,34	28,28	25,36	22,41	26,36
2	9,09	27,09	47,20	54,48	44,76	34,91	23,73	22,56	18,08	15,76	13,34	12,44	12,80	7,04	6,50	5,50	4,56	7,55	19,32	12,94	13,43	21,00	20,51	17,65	20,18
3	13,64	27,06	46,36	45,45	39,38	31,27	22,19	19,65	17,54	15,72	12,17	10,34	11,45	7,02	4,67	3,44	3,50	2,81	2,83	3,38	10,84	17,91	18,53	17,08	17,14
4	18,18	25,90	32,95	40,12	33,71	26,18	20,17	19,60	17,51	15,57	11,46	9,46	7,62	6,74	4,64	2,99	3,23	2,37	2,82	3,35	9,26	15,12	16,13	14,00	15,61
5	22,73	21,73	31,31	39,31	29,03	25,07	18,46	19,42	17,48	12,50	9,55	8,41	5,43	5,93	3,52	2,72	2,07	1,94	2,17	2,66	8,29	14,23	11,56	13,60	15,39
6	27,27	19,70	31,19	34,01	28,15	21,47	18,45	19,13	17,22	12,04	8,94	7,21	5,27	4,83	2,93	1,65	1,97	1,41	1,26	2,54	5,64	12,89	11,54	13,38	14,53
7	31,82	19,27	25,42	30,26	25,85	20,29	18,05	19,06	16,03	11,92	8,68	7,07	4,75	4,65	2,81	1,62	1,27	1,33	0,89	1,50	3,58	9,43	10,87	13,37	14,14
8	36,36	18,07	22,79	29,68	25,80	19,95	17,54	18,17	15,85	11,59	8,63	6,31	4,04	3,63	2,33	1,37	1,14	1,33	0,74	1,05	2,01	7,47	9,98	11,69	13,11
9	40,91	16,41	22,54	29,17	24,13	19,41	16,50	17,20	14,92	11,45	7,21	6,25	3,89	2,81	2,25	1,21	0,71	0,97	0,62	0,90	1,00	7,40	9,53	11,41	12,88
10	45,45	15,02	22,27	29,15	23,47	17,87	16,44	16,96	14,38	10,48	7,06	5,90	3,61	1,50	2,12	1,02	0,63	0,50	0,58	0,47	0,80	4,26	8,02	11,13	12,44
11	50,00	13,55	20,45	28,36	21,95	17,71	16,39	15,25	14,20	10,18	6,23	5,32	3,41	1,34	1,95	0,91	0,60	0,45	0,49	0,41	0,68	2,98	7,48	11,03	11,72
12	54,55	12,47	18,07	28,18	21,67	17,54	15,88	15,22	13,03	9,49	6,22	5,20	3,14	1,28	0,83	0,89	0,51	0,41	0,43	0,38	0,64	2,16	6,96	9,36	10,75
13	59,09	12,03	17,20	22,78	21,54	15,86	15,76	14,97	12,62	8,42	6,12	5,10	2,23	1,07	0,68	0,88	0,50	0,40	0,32	0,35	0,50	1,74	5,33	9,20	10,63
14	63,64	11,18	16,70	20,56	19,61	15,81	15,30	13,65	12,51	8,42	5,55	5,00	2,15	1,04	0,65	0,53	0,48	0,40	0,29	0,31	0,43	0,93	4,37	9,03	10,55
15	68,18	10,94	13,38	18,67	18,65	15,55	13,91	12,70	12,20	8,29	4,78	4,72	1,56	0,91	0,64	0,52	0,43	0,36	0,29	0,28	0,30	0,91	2,76	7,61	10,26
16	72,73	9,48	12,02	17,76	17,87	15,50	13,80	11,02	11,93	8,25	4,74	4,68	1,55	0,87	0,61	0,49	0,41	0,29	0,22	0,27	0,17	0,53	2,49	7,59	9,74
17	77,27	7,48	11,54	17,20	17,87	15,44	12,00	10,49	11,87	7,97	4,17	3,79	1,50	0,73	0,60	0,46	0,38	0,26	0,21	0,17	0,14	0,30	2,29	7,50	8,11
18	81,82	6,27	11,06	16,83	16,07	15,38	11,53	10,42	10,92	7,75	3,65	2,93	1,04	0,59	0,47	0,42	0,35	0,25	0,20	0,17	0,14	0,25	1,37	6,35	6,92
19	86,36	5,39	10,10	16,83	15,97	15,38	10,36	10,31	10,90	7,16	3,29	2,67	1,00	0,59	0,43	0,41	0,34	0,25	0,18	0,10	0,14	0,24	0,88	5,07	6,36
20	90,91	4,43	9,85	11,71	15,83	13,70	9,68	7,92	9,46	6,70	2,91	1,56	0,81	0,58	0,43	0,30	0,29	0,20	0,18	0,08	0,08	0,21	0,51	2,70	6,09
21	95,45	4,25	6,23	0,63	1,01	12,62	7,32	7,57	7,80	1,28	1,44	1,09	0,32	0,20	0,12	0,15	0,09	0,06	0,03	0,00	0,04	0,03	0,03	1,45	1,87
Jumlah		318,25	471,50	585,18	507,88	411,25	331,24	317,20	287,89	220,92	155,46	135,96	90,63	62,25	48,47	36,46	38,32	41,61	55,25	49,27	72,42	148,25	176,48	221,15	252,88
Rata-rata		15,91	23,57	29,26	25,39	20,56	16,56	15,86	14,39	11,05	7,77	6,80	4,53	3,11	2,42	1,82	1,92	2,08	2,76	2,46	3,62	7,41	8,82	11,06	12,64
Q₇₀		10,35	12,83	18,31	18,34	15,53	13,87	12,03	12,09	8,28	4,76	4,70	1,56	0,90	0,63	0,51	0,42	0,33	0,26	0,28	0,24	0,76	2,65	7,60	10,05
Q₈₀		6,75	11,25	16,98	16,79	15,40	11,72	10,45	11,30	7,84	3,85	3,28	1,23	0,65	0,52	0,44	0,36	0,25	0,20	0,17	0,14	0,27	1,74	6,81	7,40
Q₉₀		4,62	9,90	12,74	15,86	14,04	9,81	8,40	9,75	6,79	2,98	1,78	0,85	0,58	0,43	0,32	0,30	0,21	0,18	0,09	0,09	0,21	0,59	3,17	6,14
Q₉₅		4,27	6,59	1,74	2,49	12,73	7,56	7,60	7,97	1,82	1,59	1,13	0,37	0,24	0,15	0,16	0,11	0,07	0,05	0,01	0,04	0,04	0,08	1,57	2,29

Tabel A3 : Nilai Debit andalan Bendung Kedungdowo Kramat menggunakan metode basic month

Analisa debit andalan Q80 untuk PLTM Kambangan dilakukan berdasarkan metode FJ.Mock. Dari perhitungan debit bulanan dari metode Mock tiap tahunnya, dilakukan analisis basic month yang dapat diuraikan sebagai berikut :

- 1) Hasil perhitungan debit dengan menggunakan metode Mock dari data bendung Kedungdowo Kramat memperoleh data debit andalan dari tahun 2001 – 2021. (tabel : A2)
- 2) Mengurutkan data nilai debit andalan dari yang terbesar sampai yang terkecil (tabel : A3)
- 3) Setelah data nilai debit andalan diurutkan dari yang terbesar sampai yang terkecil, selanjutnya dilakukan probabilitasnya yang dihitung dengan rumus ;

$$Pr = \frac{m}{(n+1)} \times 100 \dots$$

Dimana :

P : Probabilitas kejadian %

m : Nomor urut data

n : Jumlah data dengan analisis (bulan)

- 4) Mengitung nilai rata-rata effektive discharge tiap bulan dan nilai standar deviasi.
- 5) Menentukan Q80 dengan interasi dan probabilitas 80% .Nilai Q80 diperoleh dari nilai effektive discharge pada probabilitas 80%

Hasil analisa debit untuk Bendung PLTM Kambangan menggunakan debit andalan Q80 sehingga dapat mencukupi kebutuhan untuk menggerakkan mesin turbin yang akan menghasilkan energi listrik dengan daya yang besar. Dari debit tersebut daya yang terbangkitkan tidak akan konstan selama 1 tahun, hal ini dipengaruhi besarnya debit yang masuk ke dalam intake. Sehingga kinerja turbin akan disesuaikan dengan besarnya debit yang masuk, apabila debit yang masuk besar (bulan basah) maka turbin akan bekerja keseluruhan, namun apabila debit yang masuk kecil (bulan kering) maka turbin hanya bekerja sebagian atau turbin tidak beroperasi (berdasarkan analisa neraca air dalam tabel A1 diperoleh data bahwa di bulan September dan Oktober PLTM tidak beroperasi karena debit yang tersedia kurang dari debit minimal yang diperlukan) dan waktu digunakan untuk perawatan. Dimana debit minimal PLTM masih bisa beroperasi adalah 0,45 m³/detik dan debit maksimal 4,5 m³/detik. Dari hasil putaran turbin tersebut yang akan menentukan besar kecilnya daya yang dibangkitkan.

3.2 Daya Tampung Dan Daya Dukung Sumber Daya Air

Ketersediaan Air

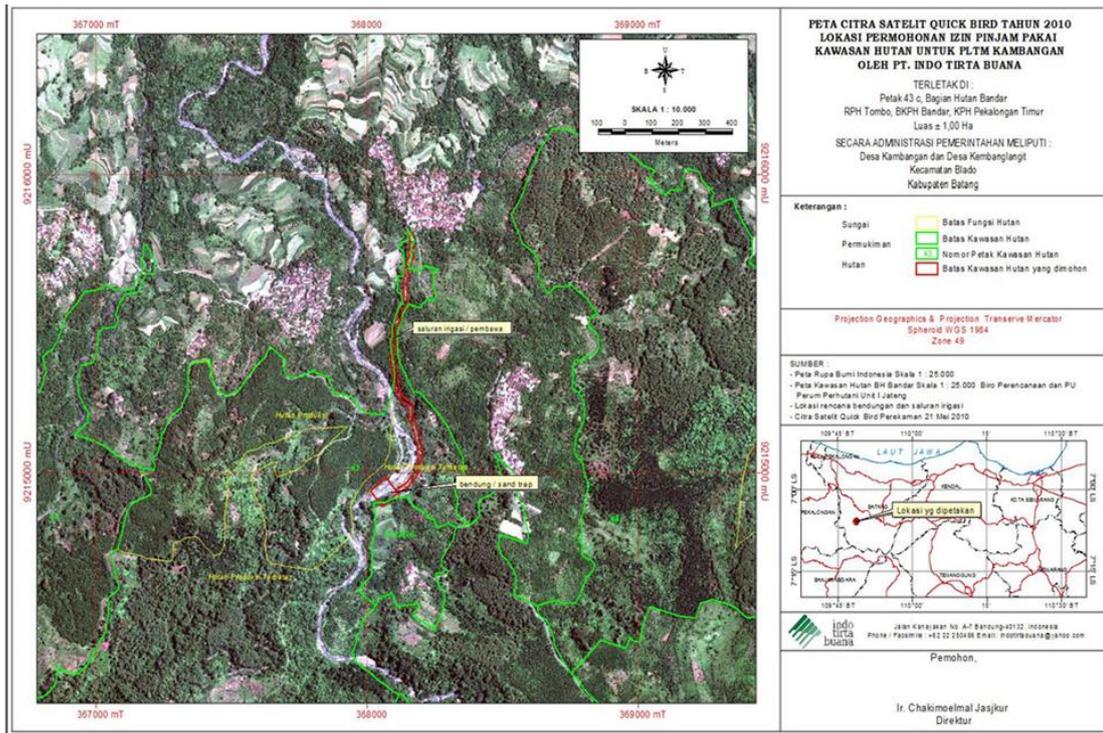
Data Hujan dan Klimatologi

Data hujan dan iklim sangat diperlukan dalam setiap analisis hidrologi, baik untuk menghitung ketersediaan air maupun debit banjir. Dalam perhitungan hidrologi PLTM Kambangan menggunakan data hujan yang diperoleh dari 3 stasiun pengamat hujan yang terletak disekitar rencana bendung dari PLTM, yaitu :

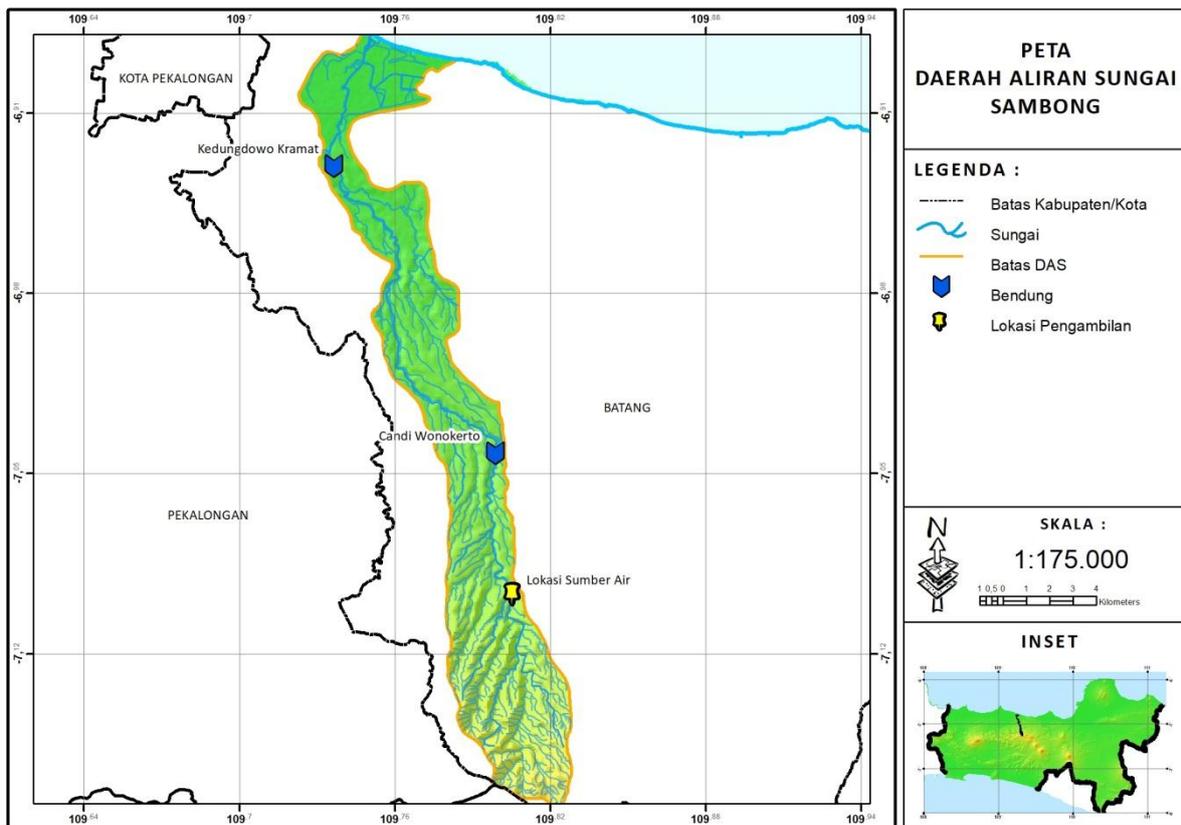
1. Stasiun Bandar → (Th.2011 - 2020)
2. Stasiun Tersono → (Th.2011 - 2020)
3. Stasiun Bawang → (Th.2011 - 2020)

DAS (Daerah Aliran Sungai)

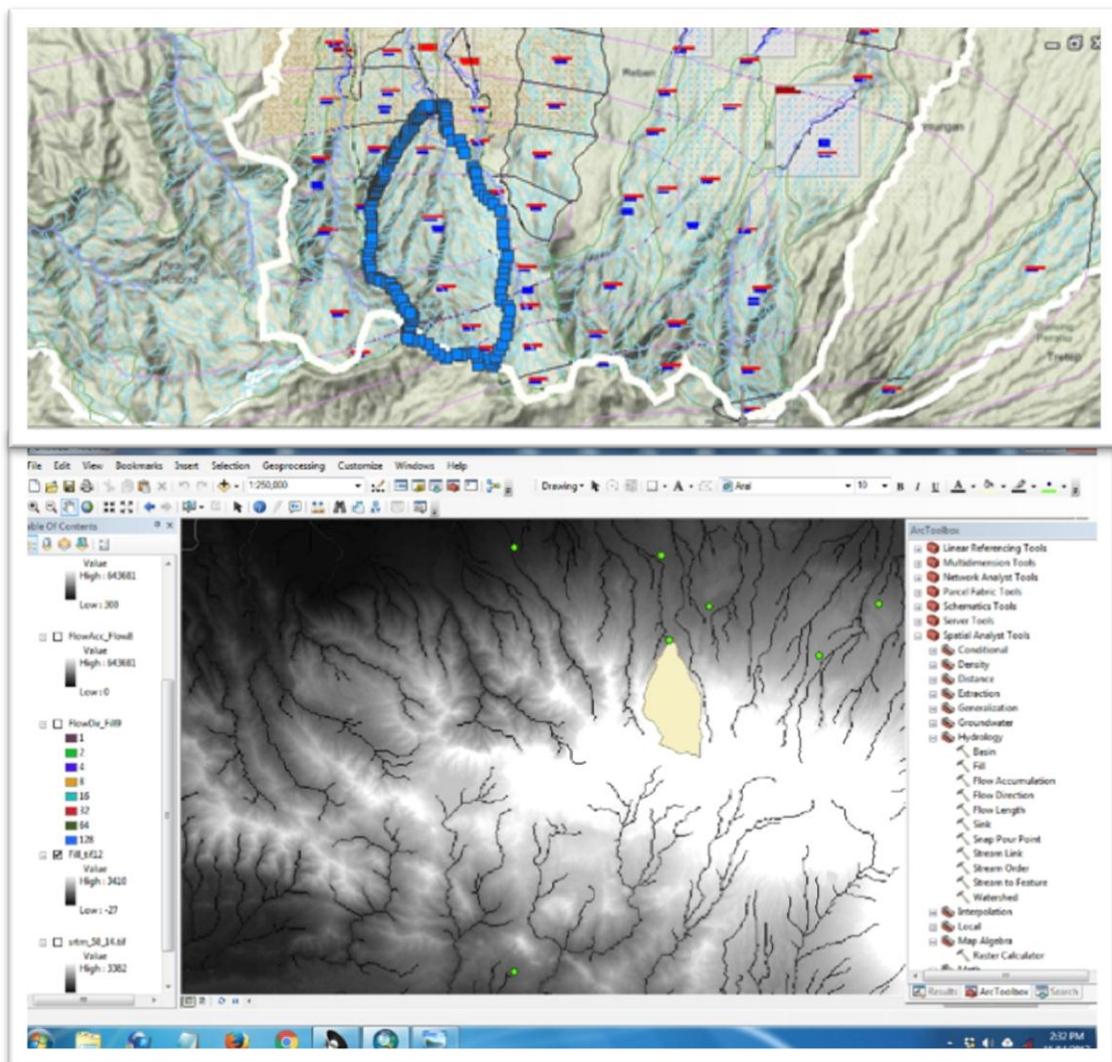
Kondisi vegetasi pada daerah aliran sungai yang bagus sekali memberikan kualitas DAS Kambangan yang bagus pula, ditunjukkan pada peta hutan pada gambar dibawah. Luas DAS dihitung menggunakan software diperoleh sebesar 29,87 km².



Gambar Kualitas DAS Kambangan



Gambar Lokasi Sumber Air DAS Sambong



Gambar Hasil perhitungan luas DAS dengan software ArcMaps
Luas DAS yang diperoleh sebesar 29,87 km².

DEBIT ANDALAN

Debit andalan adalah debit minimum sungai dengan kemungkinan debit terpenuhi dalam prosentase tertentu, misalnya 90%, 80% atau nilai prosentase lainnya, sehingga dapat dipakai untuk kebutuhan pembangkitan. Debit andalan pada umumnya dianalisis sebagai debit rata-rata untuk periode 10 hari, setengah bulanan atau bulanan. Kemungkinan tak terpenuhi dapat ditetapkan 20%, 30% atau nilai lainnya untuk menilai tersedianya air berkenaan dengan kebutuhan pengambilan. Debit andalan yang optimal didapatkan melalui analisis dengan menggunakan metode catatan debit sungai dan atau apabila catatan debit itu

terdapat bagian yang tidak ada, maka digunakan hasil analisis sebagaimana dijabarkan diatas. Flow duration curve dilakukan dengan cara data debit pencatatan pos duga muka air untuk jangka waktu tertentu disusun dari angka terbesar hingga terkecil dan tiap debit diberikan probabilitas yang dihitung dengan persamaan Weibull berikut ini.

$$p = \frac{i}{n} \times 100\%$$

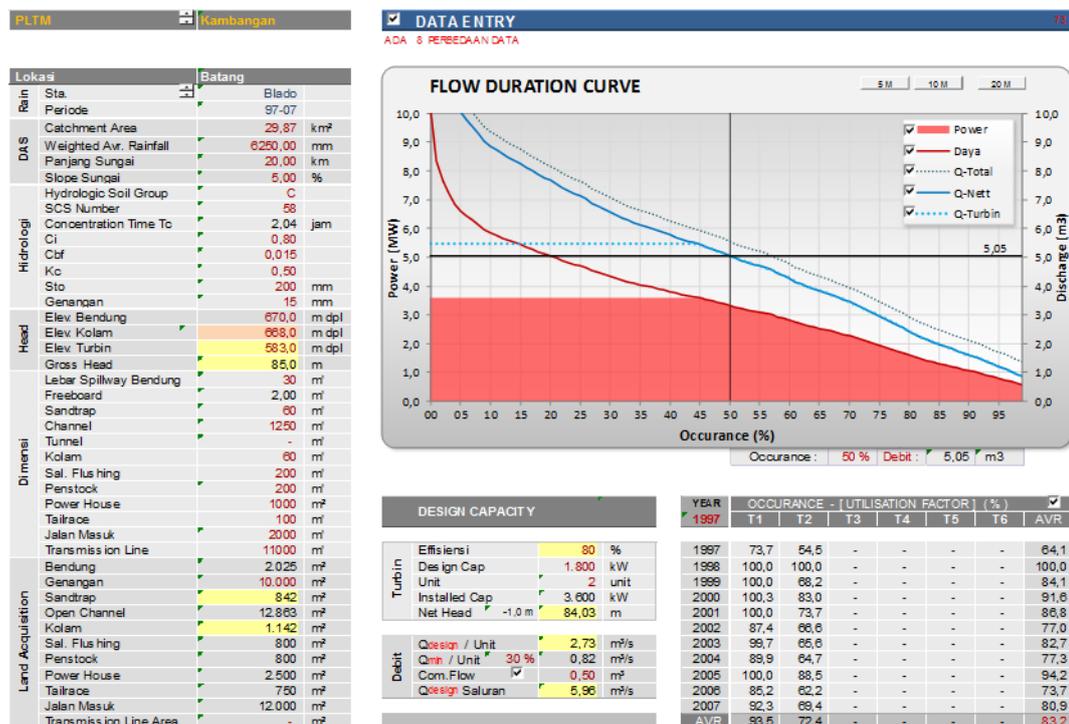
Dimana,

p = probabilitas terlampaui (%)

i = nomor urut debit

n = jumlah data debit

Debit perkiraan dan probabilitas digambarkan dalam flow duration curve yang menggambarkan probabilitas/persentase ketersediaan air pada sumbu ordinat dan besar debit andalan pada sumbu aksis sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar dibawah yang digambarkan berdasarkan seluruh data debit terurut dari debit terbesar hingga debit terkecil dan persentase probabilitas. Debit andalan didapatkan dari flow duration curve untuk persentase keandalan yang diperlukan.



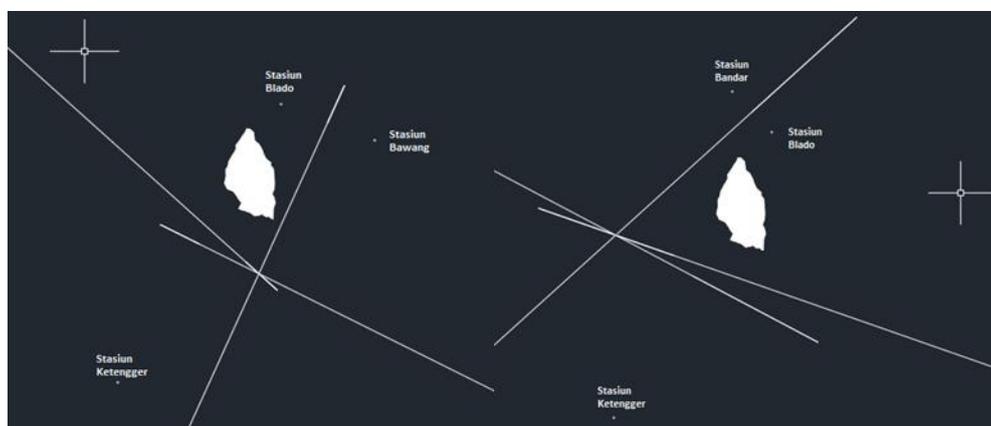
Gambar hasil flow duration curve

Catatan debit atau hasil analisis empiris akan dianalisis kembali untuk mendapatkan peluang keandalan yang diperlukan yang dapat dipilih keandalan lebih besar dari prosentase tertentu yang telah ditetapkan, misalnya 90%, 80% atau nilai lainnya.

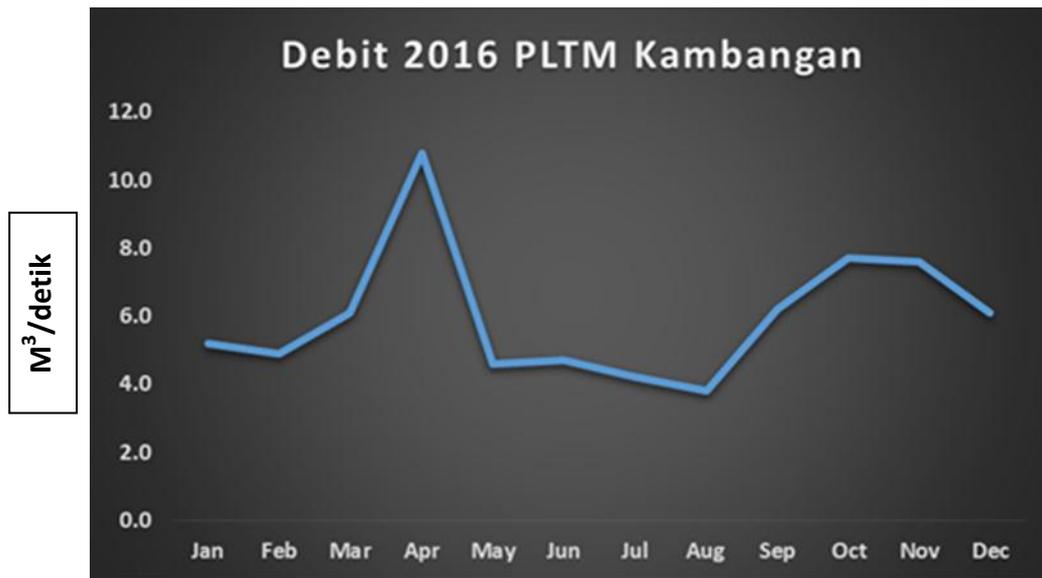
Debit Aktual Tahun 2016

Metode yang digunakan dalam menghitung curah hujan adalah metode isohyet, karena cara ini dianggap paling baik untuk segala kondisi, dengan peta isohyet yang tersedia dapat membantu penghitungan agar lebih optimal. Metode aritmatik tidak digunakan karena metode ini cukup memadai pada daerah yang relatif landai dengan variasi curah hujan yang tidak terlalu besar serta penyebaran alat penakar hujan diusahakan seragam, namun keadaan seperti ini jarang ditemui sehingga perlu cara lain yang lebih tepat. Metode poligon tidak digunakan karena metode ini dilakukan hanya untuk daerah tangkapan air dengan stasiun pencatat hujan minimal 3 stasiun yang tersebar di sekeliling daerah tangkapan air tersebut.

Apabila jumlah stasiun kurang dari 3 dan atau tidak tersebar di sekeliling daerah tangkapan air, maka metode ini sukar dilakukan atau dapat dilakukan dengan hasil yang kurang menggambarkan kenyataan. Berikut adalah ilustrasi penggunaan metode poligon untuk menghitung curah hujan di Kambangan.



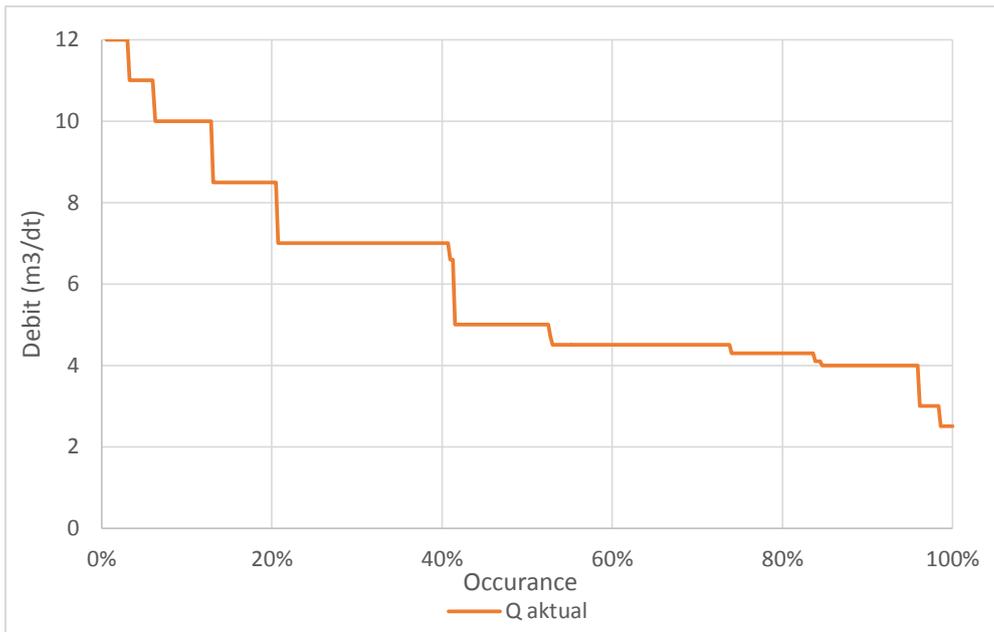
Gambar Ilustrasi metode poligon pada Autocad



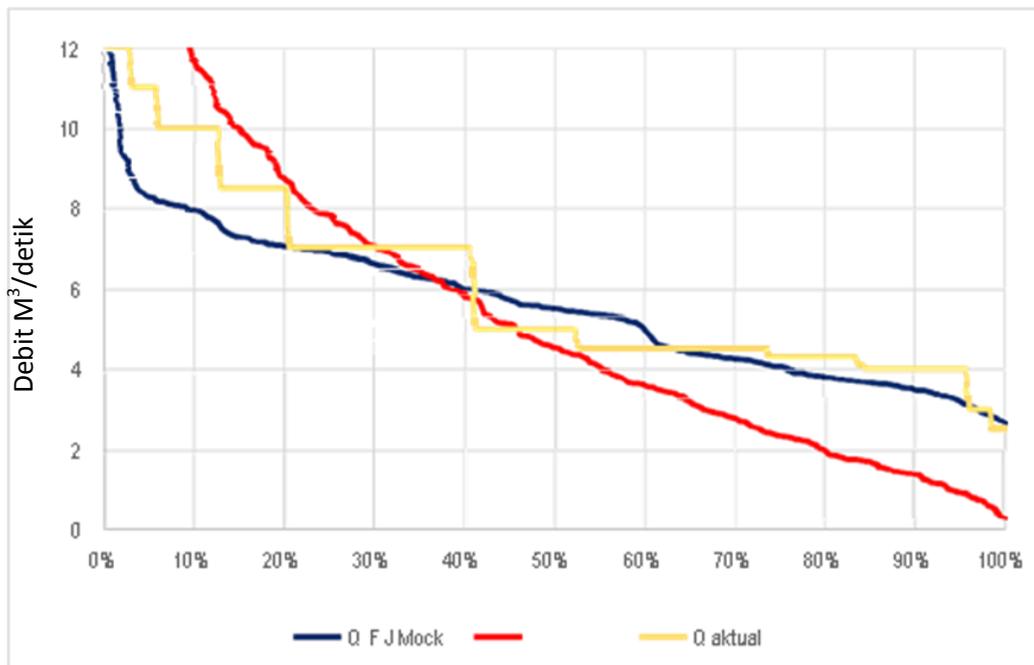
Gambar grafik debit 2016 PLTM Kambangan

Pada gambar diatas dapat dilihat hanya 1 stasiun yang mempengaruhi perhitungan, sedangkan yang dibutuhkan minimal 3 stasiun. Oleh karena itu hasil yang diperoleh belum tentu menggambarkan keadaan yang sesungguhnya.

Dari data debit yang diperoleh pada tahun 2016 akan dibuat kurva FDC yang nantinya akan menjadi acuan dalam pemilihan metode analisis debit andalan yang akan dipakai. *Flow duration curve* dilakukan dengan cara data debit pencatatan pos duga muka air untuk jangka waktu tertentu disusun dari angka terbesar hingga terkecil dan tiap debit diberikan probabilitas yang dihitung dengan persamaan $p = \frac{i}{n} \times 100\%$. Oleh karena itu FDC yang dihasilkan dari debit aktual pada tahun 2016 dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar Grafik FDC debit aktual 2016



Gambar Grafik FDC debit tahun 2016

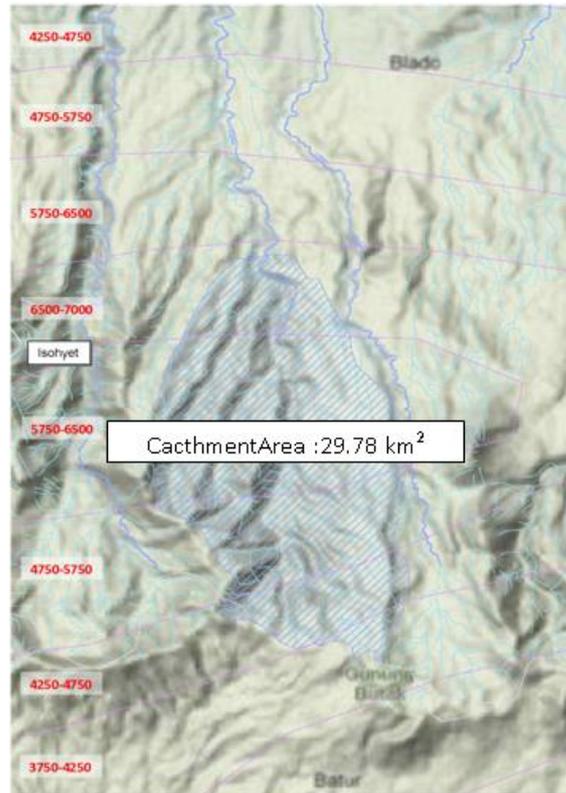
Dapat dilihat bahwa gambar diatas merupakan gambar yang menunjukkan kurva FDC debit sintesis metode *F. J. Mock* (warna biru), metode *NRECA* (warna merah), dan debit aktual (warna abu-abu). Gambar ini digunakan untuk membantu dalam memilih metode analisis debit andalan yang akan digunakan. Pemilihan metode dapat dilakukan dengan membandingkan FDC dari masing

masing metode dengan FDC debit aktual yang diukur langsung pada tahun 2016. Berdasarkan gambar diatas, FDC metode *F. J. Mock* adalah FDC yang paling mendekati FDC debit aktual tahun 2016. Sehingga Analisa debit andalan Q80 untuk PLTM Kambangan dilakukan berdasarkan metode FJ.Mock. Dari perhitungan debit bulanan dari metode Mock tiap tahunnya, dilakukan analisis basic month seperti yang sudah diuraikan dalam sub bab neraca air yang diperoleh data bahwa PLTM Kambangan beroperasi dengan debit minimal 0,45 m³/detik dan debit maksimal 4,5 m³/detik. Dari analisa neraca air juga diperoleh data bahwa diperkirakan dalam satu tahun ada waktu dimana PLTM Kambangan tidak beroperasi karena debit yang tersedia kurang dari debit minimal yang dibutuhkan, itu terjadi diperkirakan dibulan September dan Oktober.

3.3 Kondisi Sumber Daya Air dan Lingkungan Sekitar

Kondisi topografi wilayah ini menyebabkan aliran sungai deras yang memungkinkan dibangunnya PLTM tipe aliran langsung (*runoff*) yaitu dengan membangun bendung tanpa reservoir air. Saluran pembawa diperlukan untuk memperoleh beda tinggi (*head*) yang cukup besar antara muka air di kolam penenang dan saluran buang (*tailrace*), kemiringan dasar sungai relatif besar, antara lain terindikasi setidaknya ada beberapa lokasi di wilayah aliran Sungai Lojahan yang memiliki potensi yang dapat dibangun PLTM secara *cascade* dan memiliki nilai ekonomis yang cukup baik.

Proyek ini memanfaatkan aliran Sungai Lojahan, dengan daerah tangkapan air (*catchment area*) seluas 29,78 km².



Daerah Tangkapan Air PLTM Kambangan

- a. Hingga tingkat curah hujan tertentu, fungsi hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah berhubungan dengan kegunaan DAS dalam hal:
 - 1) Transmisi air
 - 2) Penyangga pada puncak kejadian hujan
 - 3) Pelepasan air secara perlahan
 - 4) Memelihara kualitas air
 - 5) Mengurangi perpindahan massa tanah, misalnya longsor dan
 - 6) Mengurangi erosi
- b. Daerah hulu PLTM Kambangan adalah hutan lebat sebagai kawasan hutan produksi terbatas.
- c. Pada lokasi PLTM Kambangan tutupan vegetasi bawah berupa rumput, semak dan beberapa tanaman pohon pinus dan pohon kopi
- d. Kualitas air di lokasi PLTM Kambangan memenuhi baku mutu berdasarkan PP No. 82 tahun 2001

Luas DTA (Daerah Tangkapan Air) rencana PLTMH KAMBANGAN adalah ± 29,78 Km². Lahan tutupan Daerah Tangkapan Air umumnya sebagian besar berupa lahan Hutan Lindung, perkebunan masyarakat dan sebagian sawah milik masyarakat.

Dengan kondisi DTA yang demikian diyakini bahwa debit untuk kebutuhan pembangkit bisa diperkirakan cukup baik (sepanjang tahun relatif tersedia air).

DATA CURAH HUJAN HARIAN

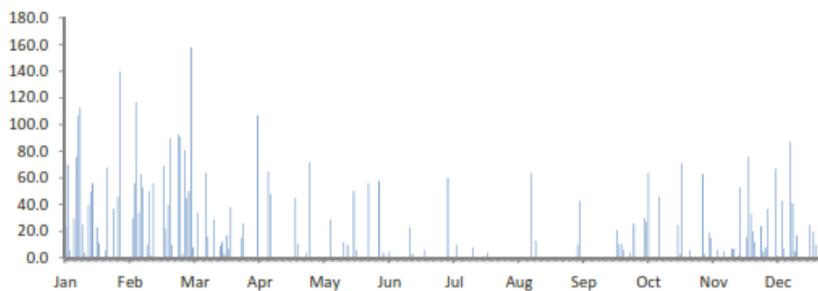
Data curah hujan harian didapatkan dari stasiun curah hujan Bandar, Tersono dan Bawang, berikut disajikan sampling data curah hujan harian tahun 2020 dari stasiun Bandar. *(data lengkap disajikan dalam lampiran)*

Studi Kelayakan
Penggunaan Sumber Daya Air

Nama Pos	: Bandar	Provinsi	: Jawa Tengah
Nomor Pos	: 127	Kota/Kabupaten	: Batang
Jenis Alat	: Manual	Kecamatan	: Bandar
Koordinat	: 7 1'51.5" LS-109 47'54" BT	Desa/Kampung	: Bandar
Elevasi	: 50 m	Pengelola	: DPU dan PR Kab. Batang
SWS - DAS	: Kupang	Didirikan	: Dinas PU Pengairan
Tahun Pendirian	: -	Tahun	: 2020

TANGGAL	BULAN (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	24,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
2	70,0	30,0	158,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,0	8,0
3	6,0	56,0	8,0	107,0	0,0	0,0	60,0	0,0	10,0	0,0	3,0	37,0
4	0,0	117,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,0	0,0	0,0	0,0
5	30,0	34,0	34,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	30,0	19,0	0,0
6	76,0	63,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	15,0	0,0
7	107,0	53,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	64,0	0,0	67,0
8	113,0	0,0	0,0	65,0	29,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
9	25,0	10,0	64,0	48,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0
10	4,0	50,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,0
11	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
12	40,0	56,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	64,0	0,0	46,0	5,0	0,0
13	50,0	0,0	29,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	56,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	87,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0
16	23,0	0,0	9,0	0,0	10,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	5,0
17	11,0	69,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	17,0
18	0,0	22,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
19	0,0	40,0	17,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0
20	6,0	90,0	7,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,0	0,0
21	68,0	10,0	38,0	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	6,0	4,0	0,0	21,0	3,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	71,0	16,0	25,0
24	37,0	93,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	76,0	0,0
25	0,0	91,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	33,0	20,0
26	46,0	3,0	15,0	4,0	56,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	10,0
27	140,0	81,0	26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	12,0	0,0
28	0,0	45,0	0,0	72,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	28,0
29	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,0
30	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	24,0	10,0
31	0,0		0,0		58,0		0,0	0,0		0,0		12,0
Hujan Maks	140,0	117,0	158,0	107,0	58,0	23,0	60,0	64,0	43,0	71,0	76,0	87,0
Jml. Curah Hujan	932,0	1027,0	486,0	352,0	221,0	41,0	82,0	77,0	131,0	272,0	362,0	446,0
Jml. Hari Hujan	19	21	15	7	7	5	4	2	8	8	17	18
Jml. data (1-15)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Jml. Hujan (1-15)	601,0	471,0	359,0	220,0	41,0	32,0	78,0	77,0	53,0	167,0	111,0	297,0
Jml. Data (16-31)	16	14	16	15	16	15	16	16	15	16	15	16
Jml. Hujan (16-31)	331,0	556,0	127,0	132,0	180,0	9,0	4,0	0,0	78,0	105,0	251,0	149,0
Tahunan	Hujan Maksimum		Jumlah Curah Hujan			Jumlah Hari Hujan			Hujan Ekstrim			
	158,0		4429,0			131			314			

GRAFIK HUJAN (mm)



KONDISI GEOLOGI PLTM KAMBANGAN

Geologi Regional

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Banjarnegara – Pekalongan skala 1 : 100.000 dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Energi yang dibuat oleh WH Condon dan kawan kawan, secara regional, formasi batuan yang tersingkap di daerah Pekalongan – Batang dan sekitarnya termasuk desa Kambangan dimana PLTM Kambangan direncanakan akan dibangun, dari umur yang termuda hingga tertua adalah sebagai berikut:

1. Endapan Aluvium (Qa) berumur Holosen Akhir, umumnya terdapat di bagian pantai yang mengalasi kota Pekalongan dan Batang dan sungai sungai yang mengalir di daerah tersebut, ditemukan berupa kerikil, pasir, lanau dan lempung. Sementara pada sungai sungai di selatannya yang merupakan daerah perbukitan, ditemukan juga berupa kerakal dan bongkah (hingga diameter satu meter) disamping kerikil, pasir, lanau dan lempung tersebut di atas. Ketebalannya dilaporkan hingga 150 meter.
2. Batuan Gunung Api Dieng (Qd) yang berumur Holosen Tengah, umumnya terdiri dari lava andesit, andesit kuarsa dan batuan klastika gunung api. Batuan ini tersingkap di sebelah selatan rencana lokasi PLTM Kambangan.
3. Endapan Kipas Aluvium (Qf) berumur Holosen Awal, terdiri dari rombakan bahan gunung api yang lebih tua, tersingkap di daerah yang hampir dekat dengan pantai atau laut Jawa di sebelah utara.
4. Endapan Danau dan Aluvium (Qla) yang berumur Holosen Awal, terdapat di sebelah timur laut dari rencana lokasi PLTM Kambangan yang terdiri dari pasir, lanau dan lempung yang setempat tukaan.
5. Batuan Gunung Api Jimbaran (Qj), berumur Pleistosen, terdiri dari lava andesit dan batuan klastika gunung api. Batuan tersebut adalah yang mengalasi PLTM Kambangan.
6. Formasi Damar (QTd) yang berumur Pleistosen Awal, terdiri dari batu lempung tukaan, batupasir, tuf, dan konglomerat yang setempat berupa endapan lahar. Formasi ini tersingkap di sebelah utara lokasi

rencana PLTM Kambangan.

7. Anggota Batupasir Formasi Damar (TpdS) berumur Pliosen, terdiri dari batu pasir tufaan dan konglomerat, tersingkap di sebelah timur dari kota Batang.

Geologi PLTM Kambangan

Kondisi geologi PLTM Kambangan, terdiri dari endapan Aluvium (Qa) dan Batuan Gunung Api Jimbaran (Qj) yang umumnya didapatkan berupa batuan Tufa Breksian dan di lokasi bendung ditemukan pula berupa Lava Andesit. Kondisi geologi tersebut dapat dilihat pada peta geologi dan beberapa penampang geologi yang terdapat pada Gambar yang ada di halaman lain dan secara ringkas, berdasarkan lokasi bangunannya, diuraikan sebagai berikut:

1. Lokasi Bendung

Lokasi bendung dialasi oleh endapan aluvium (Qa) yang umumnya terdiri dari *loose to dense* campuran bongkah, kerakal, kerikil, pasir dan lempung. Ketebalan endapan ini belum diketahui namun diperkirakan dapat mencapai 10 meter dan lebar penyebarannya lebih dari 50 meter. Secara tidak selaras di bawah endapan aluvium tersebut terdapat Batuan Gunung Api Jimbaran (Qj) yang di lokasi PLTM Kambangan ditemukan berupa batuan Tufa Breksian yang diduga kelas *Rock Mass Rating System (RMR)* nya umumnya adalah *Fair Rock*. Sementara pada alternatif selatan lokasi bendung ditemukan berupa Lava Andesit yang kelas RMR-nya diperkirakan *Good Rock*

2. Lokasi Bak Pengendap

Bak Pengendap diduga dialasi oleh *loose* endapan longsor dan Batuan Gunung Api Jimbaran (Qj) yang ditemukan berupa batuan Tufa Breksian yang kelas RMR-nya diduga umumnya adalah *Poor Rock* hingga *Fair Rock* termasuk *firm to stiff* tanah pelapukannya setebal kira-kira satu meter di bagian atas. Sementara itu, di lokasi alternatif selatan, bak pengendap dialasi oleh Lava Andesit yang umumnya *Good Rock* dan

di bagian atas setebal kurang dari satu meter terdapat tanah pelapukannya.

3. Lokasi Saluran Pembawa

Umumnya dialasi oleh Batuan Gunung Api Jimbaran (Qj) yang ditemukan berupa *Poor Rock* Tufa Breksian di permukaan tanah hingga *Fair Rock* di bagian bawahnya, kecuali pada lokasi di mana lereng sangat terjal seperti yang terlihat pada Penampang CR-1210 maka pada umumnya langsung ditemukan batuan dengan kelas *Fair Rock*. Di sebagian besar lokasi batuan gunung api tersebut, ditemukan sebagai *firm to stiff* tanah pelapukannya dengan ketebalan diperkirakan maksimum dua meter.

4. Lokasi Bak Penenang

Sekira satu meter dari permukaan tanah ditemukan *firm to stiff* tanah pelapukan dari Batuan Gunung Api Jimbaran (Qj). Di bawahnya ditemukan batuan Tufa Breksian yang kelas RMR-nya diduga adalah *Poor Rock* hingga *Fair Rock*.

5. Lokasi Jalur Penstock

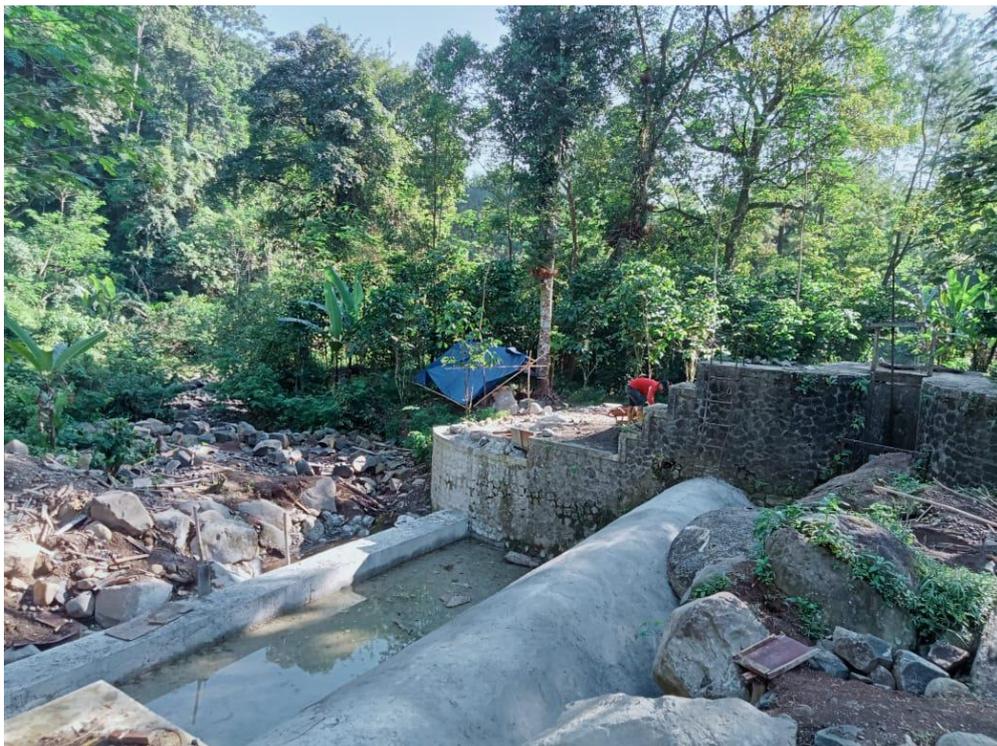
Lokasi rencana jalur penstock di alasi oleh Batuan Gunung Api Jimbaran (Qj) yang ditemukan berupa batuan Tufa Breksian yang diduga umumnya adalah *Poor Rock* di permukaan tanah hingga *Fair Rock* di bagian bawahnya

6. Lokasi Power House

Kondisi geologi rencana lokasi *Power House* sama dengan kondisi geologi lokasi bendung sebagaimana telah dijelaskan tersebut di atas. Lokasi *Power House* dialasi oleh endapan aluvium (Qa) yang umumnya terdiri dari *loose to dense* campuran bongkah, kerakal, kerikil, pasir dan lempung. Ketebalan endapan ini belum diketahui namun diperkirakan dapat mencapai 10 meter dan lebar penyebarannya lebih dari 40 meter. Secara tidak selaras di bawah endapan aluvium tersebut terdapat Batuan Gunung Api Jimbaran (Qj) yang di lokasi *Power House* ditemukan berupa batuan Tufa Breksian yang diduga kelas *Rock Mass Rating System* (RMR) nya adalah *Fair Rock*. (*Dokumen hasil penyelidikan geologi secara lengkap terlampir*)

3.4 Prasarana Penggunaan Sumber Daya Air yang Sudah Ada

Kurang lebih 1 km di hulu rencana bendung PLTM Kambangan terdapat bendung irigasi Sipelen dengan luas daerah irigasi kurang lebih 211 Ha.

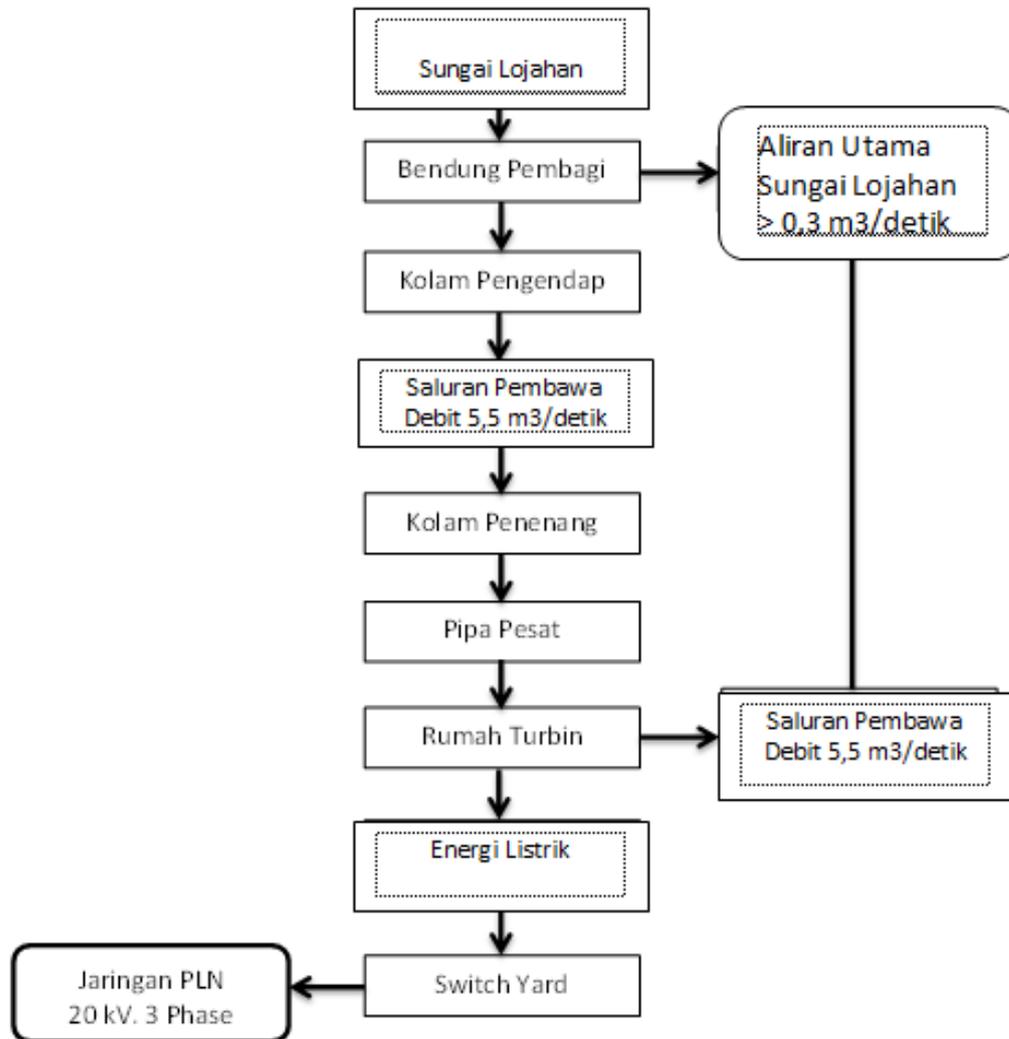


Bendung Sipelen

3.5 Cara Penggunaan Sumber Daya Air

Proses operasi PLTM ditunjukkan pada Gambar dibawah ini, rencana kegiatan operasi PLTM diuraikan sebagai berikut :

1. Aliran Sungai Lojahan di bendung, kemudian alirannya dibagi, sebagian untuk kebutuhan PLTM dan lainnya dialirkan kembali ke sungai utama. Pada konstruksi bendung, dilengkapi dengan kolam pengendap (*sandtrap*) yang berfungsi untuk mengendapkan pasir yang terbawa aliran.
2. Aliran air untuk kebutuhan PLTM dari bendung dialirkan ke saluran pembawa. Saluran Pembawa dibuat dengan tipe pasangan batu diplester.
3. Kemudian air dialirkan ke kolam penenang, yang berfungsi untuk menghindari *vortex* (pusaran air) pada saat air masuk ke pipa *penstock*. Kolam penenang dibuat lebih lebar dan lebih dalam supaya kecepatan air berkurang, tinggi air di kolam disesuaikan dengan diameter *penstock* juga untuk menghindari terjadinya *vortex*. *penstock* dilengkapi dengan *trashrack* dan pintu *intake* ke *penstock*, *spillway*, pintu *flushing* dan pipa pembuang.
4. Setelah itu, air dari kolam penenang masuk ke *penstock*. *Penstock* berfungsi sebagai transport fluida kerja ke Turbin di *power house*. Poros Turbin berputar kemudian ditransmisikan ke generator dengan menggunakan kopling. Dari generator akan dihasilkan energi listrik yang akan masuk ke jaringan sistem kontrol arus listrik PLN.
5. Aliran air dari instalasi *power house* akan dialirkan kembali ke aliran utama Sungai Lojahan, sehingga kuantitas air akan seperti semula.



Gambar Bagan operasi PLTM Kambangan

3.6 Dampak Pemanfaatan Sumber Daya Air terhadap Sumber Daya Air dan Lingkungan Sekitar

Komponen lingkungan yang berpotensi terkena dampak adalah lingkungan hidup yang terdapat sekitar kegiatan pembangunan PLTM Kambangan di tepi Sungai Lojahan.

Kegiatan proyek yang berpotensi menimbulkan dampak penting baik dibagi kedalam tahap pra konstruksi, konstruksi dan operasi secara ringkas diuraikan dalam tabel sebagai berikut :

Studi Kelayakan
Penggunaan Sumber Daya Air

NO.	SUMBER DAMPAK	JENIS DAMPAK	BESARAN DAMPAK	KETERANGAN
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
I. TAHAP PRA KONSTRUKSI				
1	Sosialisasi	Persepsi positif dari masyarakat dan adanya pengharapan penduduk khususnya penduduk setempat agar dilibatkan dalam tahap pembangunan PLTM	Jumlah tenaga kerja lokal yang bekerja di proyek	
2	Kegiatan survey dan Penentuan lahan	Dampak positif lingkungan sosial ekonomi masyarakat dengan adanya kesempatan kerja dalam tahap survei.	Jumlah tenaga kerja pada saat tahap pra konstruksi, yaitu sebesar lima (5) orang.	
3	Pengurusan Perijinan & Koordinasi	Menimbulkan persepsi positif dari tingkat desa hingga kabupaten. Aparat desa, kecamatan dan pemerintah kabupaten mendukung rencana pembangunan PLTM selama tidak merusak lingkungan dan merugikan masyarakat ataupun pemerintah.	Perijinan yang telah diselesaikan, seperti Ijin Survei, Ijin Lokasi, Ijin Pemanfaatan Air Permukaan, Rekomendasi UKL-UPL.	
4	Pembebasan Lahan	Memicu dampak terhadap lingkungan sosial masyarakat akibat timbulnya keresahan atau permasalahan sosial akibat pembebasan lahan.	Luas lahan yang akan dibebaskan untuk rencana pembangunan PLTM yaitu sebesar ± 5 ha.	
5	Pengadaan Tenaga Kerja Pendetang	Dampak positif secara langsung terjadi apabila penduduk sekitar lokasi kegiatan dapat memanfaatkan secara maksimal peluang kerja di proyek tersebut.	Jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam pembangunan PLTM yaitu sebesar ± 5 orang.	
II. TAHAP KONSTRUKSI				
1	Pembukaan dan Pematangan Lahan	<ul style="list-style-type: none"> • Terbatasnya tumbuh-tumbuhan • Berubahnya habitat hunian • Peningkatan Erosi Tanah • Perubahan fisiografi dan topografi kawasan 	<ul style="list-style-type: none"> • Hilangnya vegetasi persawahan • Berkurangnya fauna • Hilangnya penutup tanah • Perubahan bentuk lahan 	
2	Mobilisasi Alat Berat dan Material Konstruksi	Peningkatan emisi gas buang peralatan yang dimobilisasi, peningkatan sebaran debu lokal juga terdapat potensi kebisingan	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Kebisingan di rencana lokasi bendungan 56,8 – 58,4 dBA, kebisingan di rencana lokasi powerhouse 53,5 – 57,2 dBA. 	

		dan kemacetan lalu lintas	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Nilai parameter debu (TSP) di rencana lokasi bendungan 19 µg/ Nm³, parameter PM₁₀ sebesar 8 µg/ Nm³, Hidro Karbon (HC) sebesar 0,75 µg/ Nm³. ➢ Nilai parameter debu (TSP) di rencana lokasi powerhouse 10 µg/ Nm³, parameter PM₁₀ sebesar 5 µg/ Nm³, Hidro Karbon (HC) sebesar 0,45 µg/ Nm³. ➢ Kerusakan jalan di jalan menuju lokasi pembangunan PLTM di Desa Kambangan 	
3	Pengadaan Tenaga Kerja	<ul style="list-style-type: none"> • Menimbulkan persepsi positif dan negatif. Persepsi positif yaitu peningkatan aspek sosial ekonomi. Sedangkan persepsi negatif yaitu kecemburuan sosial akibat perekrutan tenaga kerja non lokal. 	Jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam tahap konstruksi yaitu sebesar ± 55 orang.	
4	Pekerjaan Sipil	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan irigasi, seperti kekeruhan dan penurunan kualitas air • Kesehatan dan keselamatan kerja 	<ul style="list-style-type: none"> • Tingkat residu terlarut air permukaan pada lokasi bendung 60,94 mg/ l, • Tingkat residu terlarut di rencana lokasi powerhouse 72,75 mg/ l, • Jumlah pekerja yang mengalami kecelakaan kerja. 	
5	Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal	Kesehatan dan keselamatan kerja	Jumlah pekerja yang mengalami kecelakaan kerja	
III	TAHAP PASCA KONSTRUKSI			
1	Penjualan Daya ke PLN	Penebangan pohon di sekitar tiang yang akan dibangun sehingga tidak mengganggu sistem transmisi.	Banyaknya pohon yang akan ditebang	
2	Recruitment Tenaga Kerja & Peluang Usaha Baru	<ul style="list-style-type: none"> • Meningkatkan perekonomian lokal, • Menyerap cukup banyak tenaga kerja lokal, khususnya angkatan kerja yang belum bekerja. • Kesempatan untuk membuka peluang usaha baru bagi masyarakat sekitar seperti jasa catering/kantin, warung/ kios semakin terbuka lebar. 	Jumlah tenaga kerja yang bekerja pada tahap operasi PLTM yaitu sebesar 15 orang, dan jumlah kios/ warung.	

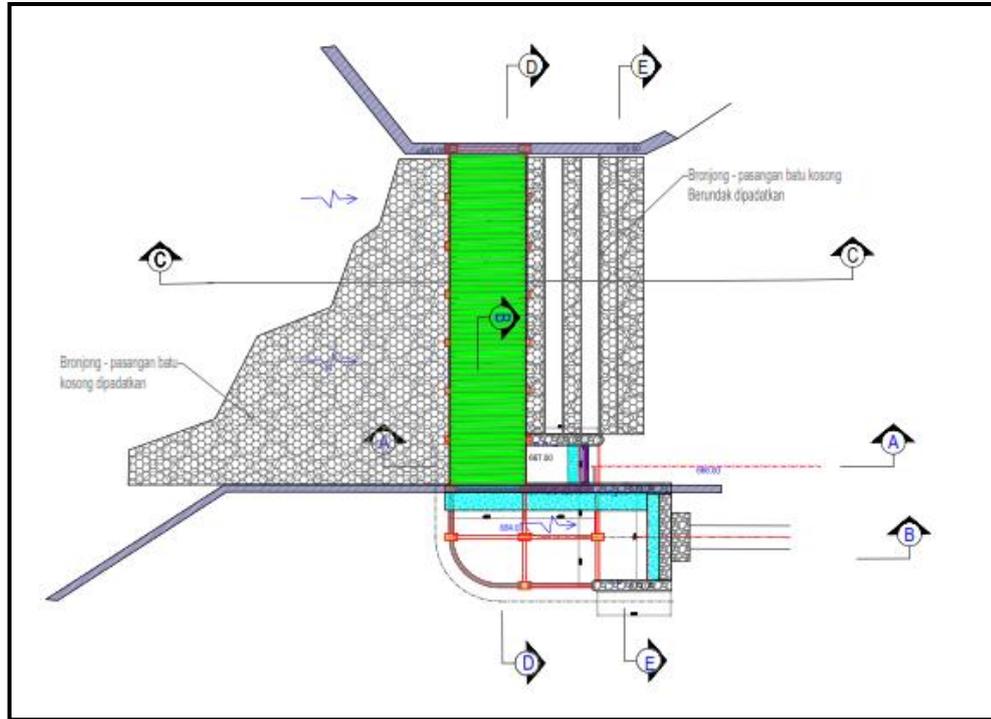
3	Pengoperasian PLTM	<ul style="list-style-type: none"> • Menurunnya debit aliran utama sungai Lampir • Peningkatan kebisingan dan getaran • Kesehatan dan Keselamatan Kerja • Lingkungan sosial masyarakat dari kegiatan CSR • Limbah oli/ pelumas bekas 	<ul style="list-style-type: none"> • Debit air sungai lojahan • Tingkat kebisingan sebelum adanya kegiatan di lokasi <i>powerhouse</i> sebesar 53,5 – 57,2 dBA • Jumlah karyawan yang mengalami kecelakaan kerja • Alokasi dana CSR Rp. 5 per Kwh • Kuantitas limbah oli/ pelumas bekas 	
4	Pemeliharaan Sarana dan Prasarana	Lingkungan sosial berupa keamanan aset proyek, seperti kabel listrik	Kondisi sarana dan prasarana PLTM	
IV. TAHAP PASCA OPERASI				
1	Penataan Ulang Lokasi	<ul style="list-style-type: none"> • Lingkungan Fisik - Kimia • Lingkungan Sosial Masyarakat 	Luas lahan pembangunan PLTM ± 5 ha.	

3.7 Dampak Sosial

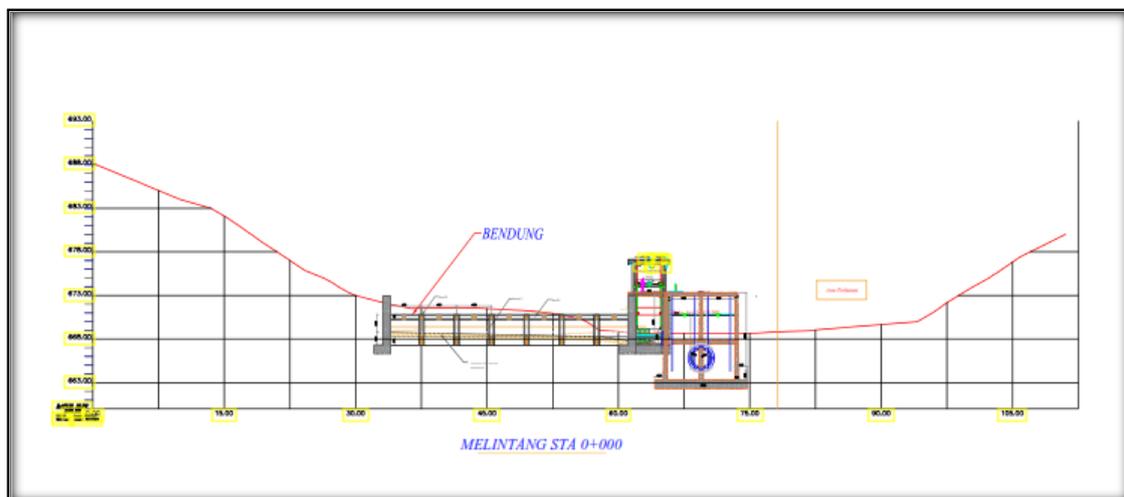
Dampak Sosial adanya penggunaan air sungai Lojahan untuk PLTM Kambangan diantaranya adalah proyek ini termasuk bagian dari penyediaan listrik beban puncak yang lebih murah dan efisiensi di jaringan Jawa-Bali, pembangunan jalan baru yang memungkinkan akses antar dusun ke dusun dan antar desa ke desa yang lainnya akan menjadi lebih baik dan memberikan manfaat bagi ekonomi lokal selama tahap Konstruksi (pekerjaan alokasi dan penyediaan jasa). Proyek ini juga akan merangsang kegiatan ekonomi selama waktu operasional dan akan membantu mengarahkan kegiatan ekonomi Warga Terdampak Proyek (WTP), yang awalnya didominasi oleh pertanian, menuju jasa dan perdagangan berpenghasilan lebih tinggi. Hal ini diharapkan berdampak positif, di satu sisi memperkuat sektor basis perdesaan (pertanian, peternakan, perikanan dan kehutanan), dan di sisi lain, menumbuhkan jasa dan perdagangan. Manfaat bagi ekonomi lokal selama tahap konstruksi seperti ketersediaan lapangan kerja dan kegiatan pelayanan diharapkan dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat di sekitar wilayah proyek.

3.8 Konstruksi Pada Sumber Daya Air

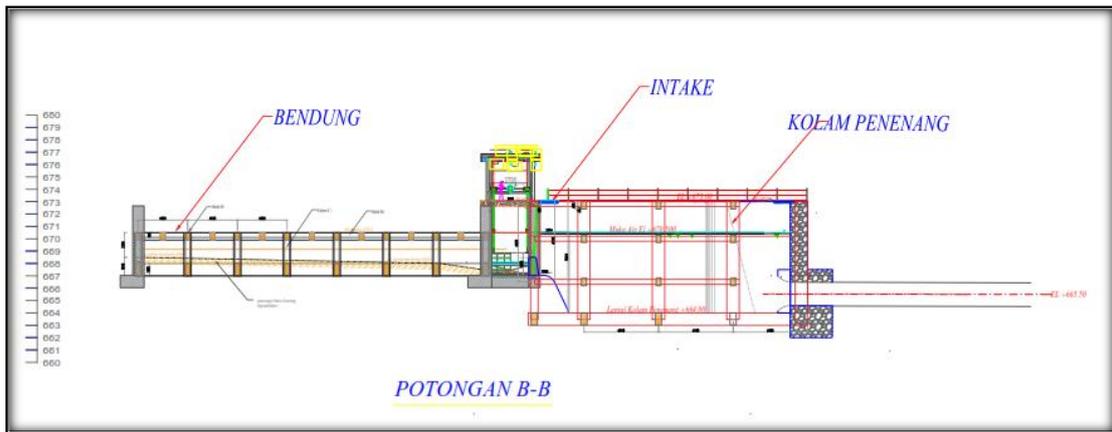
3.8.1 Gambar Bangunan dan Lokasi



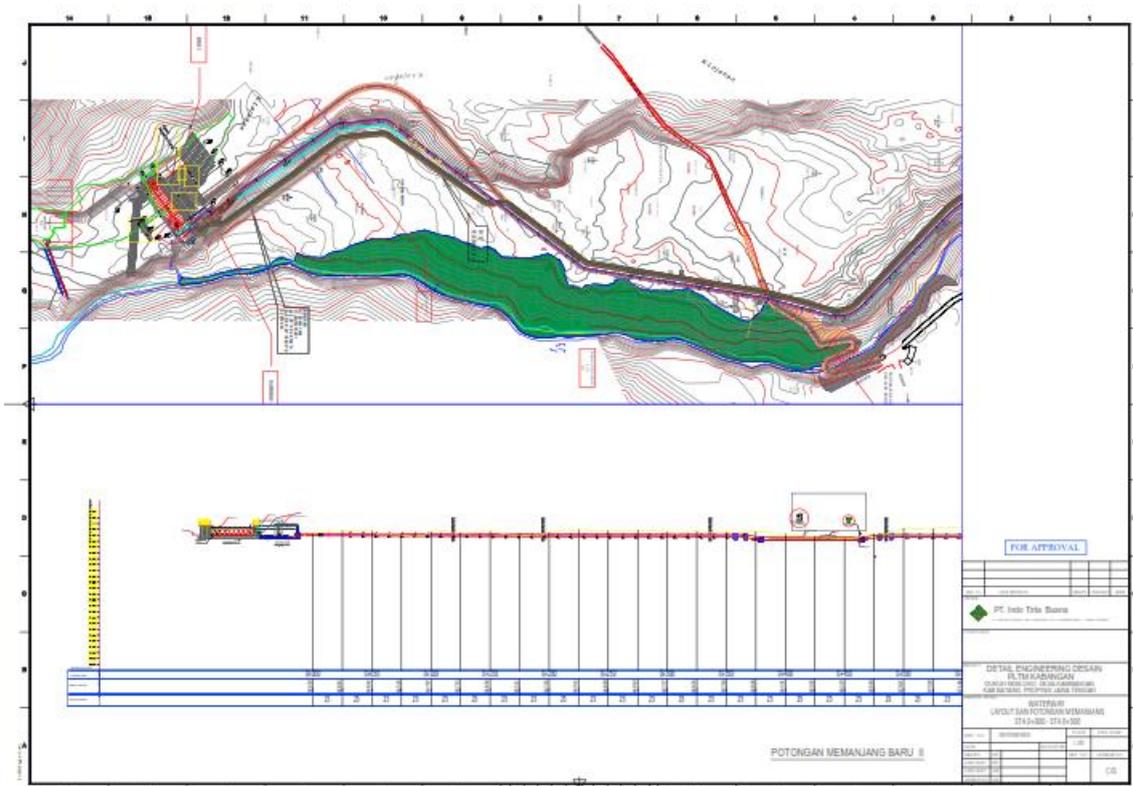
Gambar Denah Bendung PLTM Kambangan



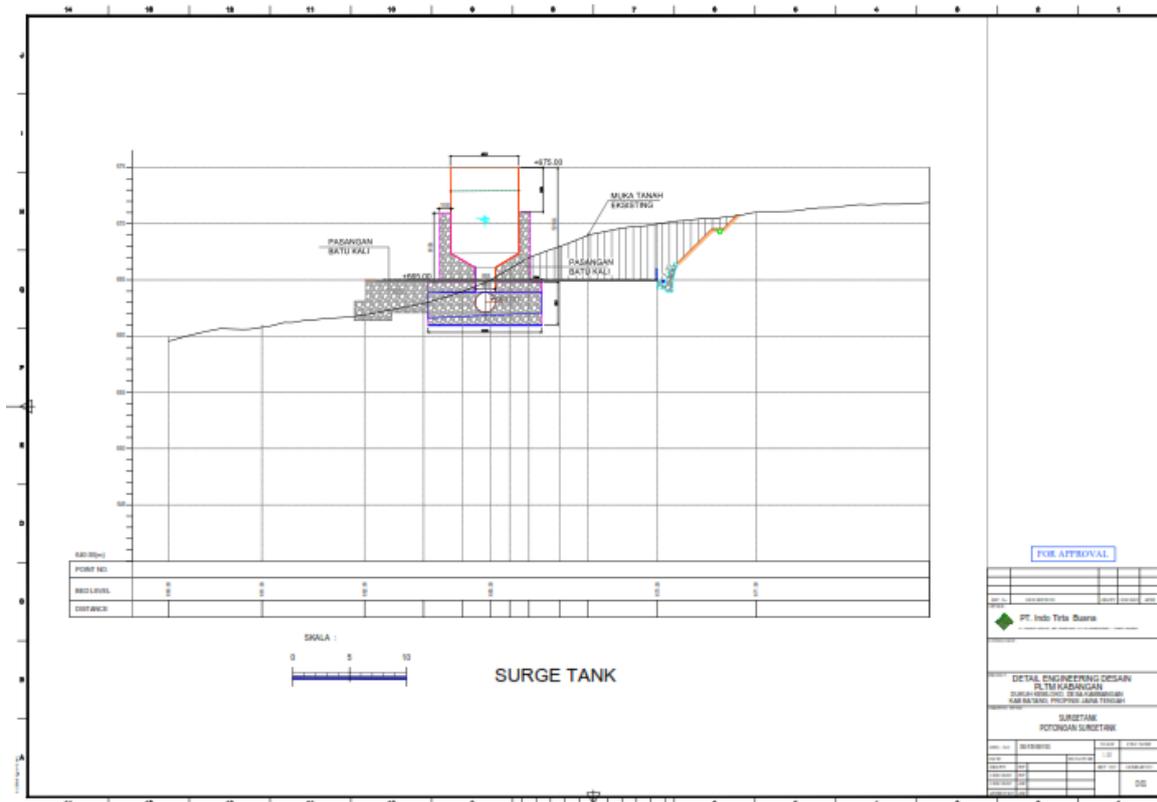
Gambar Potongan melintang AS Bendung



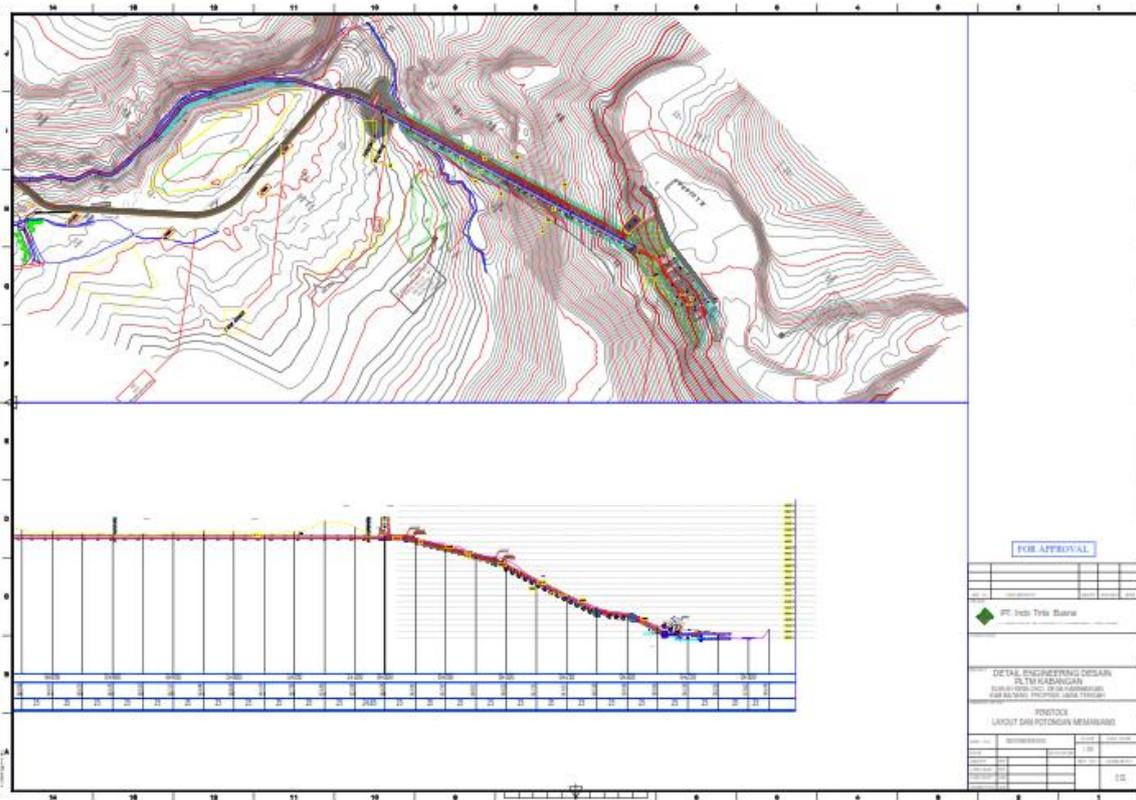
Gambar Potongan B-B bendung



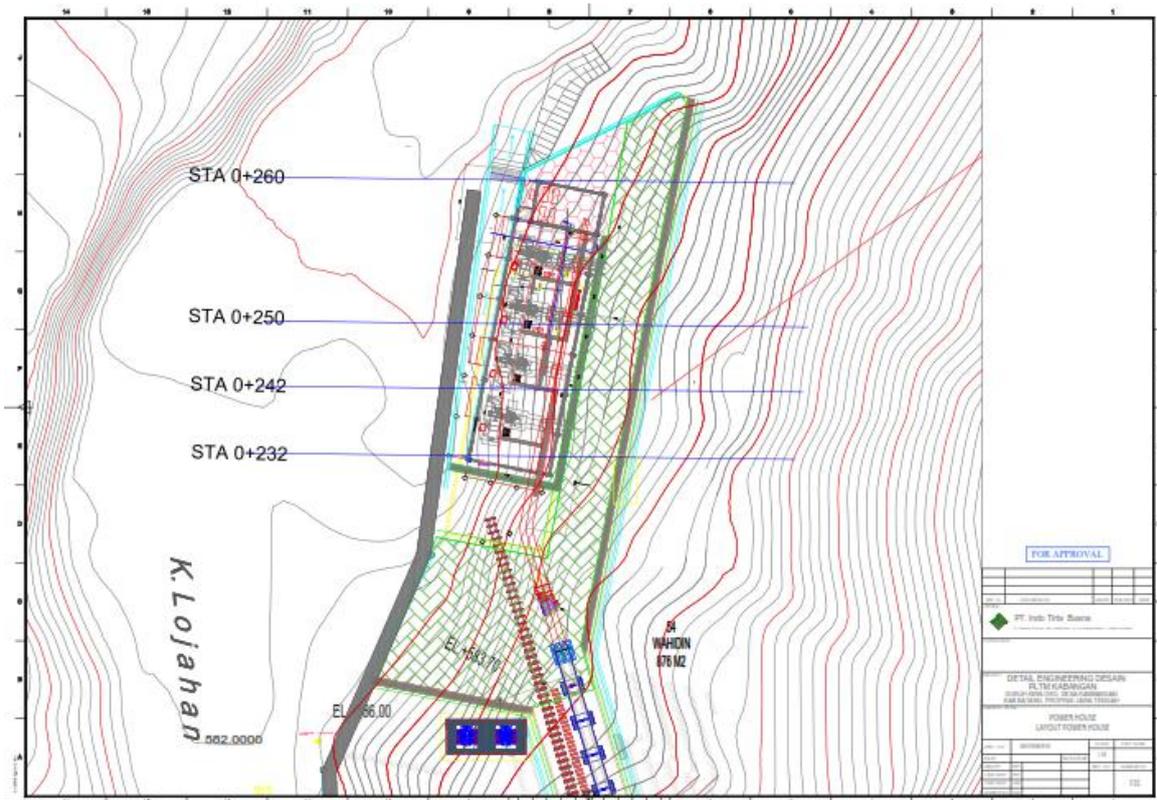
Gambar Layout Waterway PLTM Kambangan



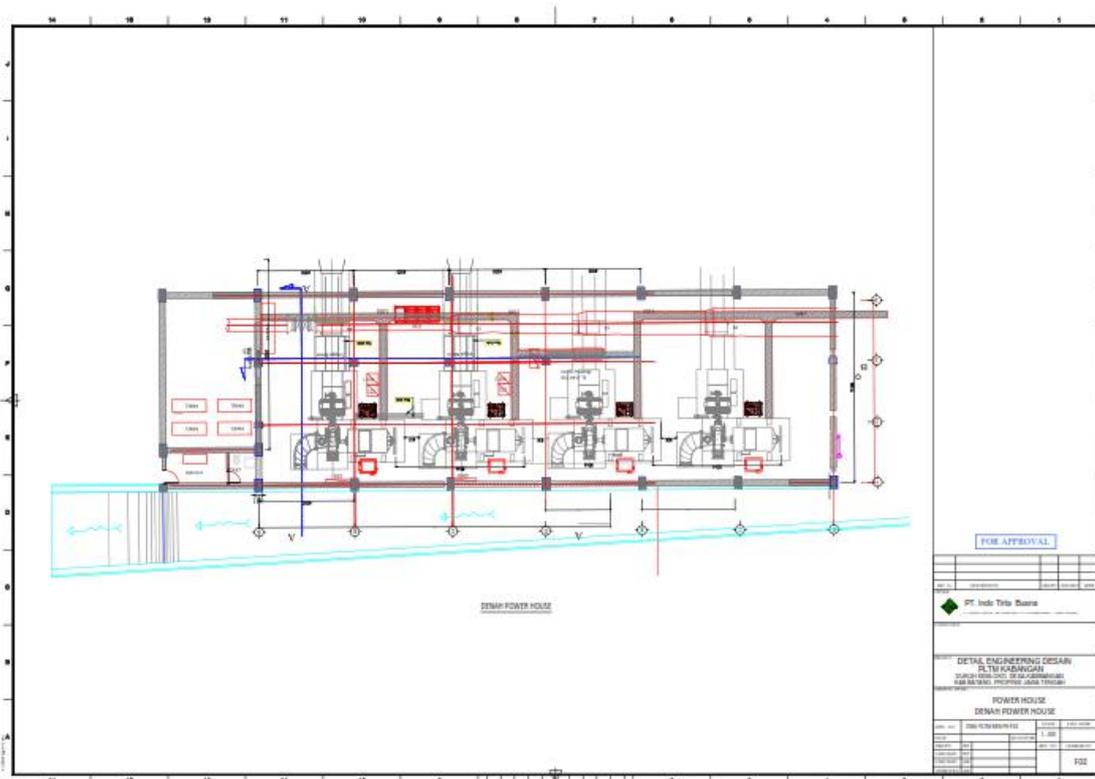
Gambar Surgetank PLTM Kambangan



Gambar Layout dan Potongan Memanjang Penstock PLTM Kambangan



Gambar Layout Power House PLTM Kambangan



Gambar Denah Power House PLTM Kambangan

3.8.2 Kesesuaian Desain Bangunan Terhadap Kondisi Sumber Daya Air

Rencana pembangunan PLTM Kambangan dilakukan melalui tahapan-tahapan pekerjaan. Tahapan pekerjaan yang pertama adalah survei dan investigasi. Survei dan investigasi merupakan tahap yang penting dalam rangka mendapatkan data pendukung dalam menentukan tipe dan disain bangunan yang akan dibangun. Tidak memadainya survei dan investigasi akan menyebabkan tidak akuratnya desain bangunan, sehingga dapat berakibat fatal berupa keruntuhan atau rusaknya bangunan.

Rencana pembangunan PLTM Kambangan telah melalui survei investigasi yang diperlukan untuk mendukung pembuatan desain antara lain : survei topografi, geologi teknik, material bangunan, meteorologi dan hidrologi. Kegiatan survei investigasi ini, telah memenuhi kebutuhan minimal desain bendung sesuai jenis dan dimensi bendung yang akan dibangun, antara lain : cakupan arealnya, lokasi, kedalamannya, jumlah sample, jenis dan jumlah uji laborat serta uji insitu, banjir desain, curah hujan, aliran/debit air dan lain sebagainya. Metode survei investigasi telah mengikuti aturan, standar dan pedoman lain yang berlaku.

3.8.3 Dampak Bangunan Terhadap Sumber Daya Air

Pembangunan Sarana PLTM Kambangan Mulai dari bendung sampai dengan Power House berdasarkan kajian tidak akan berdampak negatif terhadap sumber daya air yang ada, karena prinsip dari PLTM adalah meminjam air untuk menggerakkan turbin. Dimana air diambil melalui intake bendung lalu disalurkan melalui saluran pembawa dan pipa penstock menuju ke power house untuk menggerakkan turbin setelah itu air dikembalikan ke aliran utama Sungai Lojahan. Sepanjang jalur PLTM Kambangan mulai dari bendung sampai power house tidak ada pemanfaatan air sungai lojahan untuk irigasi, disamping itu desain debit PLTM Kambangan sudah memperhitungkan debit untuk pemeliharaan sungai sebagaimana yang ada dalam analisis neraca air dan berdasarkan aturan yang ada.

3.9 Jumlah dan Jadwal Pengambilan Air yang diperlukan

Jumlah dan jadwal pengambilan air untuk kepentingan PLTM Kambangan menyesuaikan dengan hasil kajian neraca air yang tersaji dalam neraca air yang ada, atau bisa disampaikan disini bahwa jadwal pengambilan air untuk memutar turbin berjalan selama 24 jam dalam satu hari selama debit air mencukupi. Debit minimal pengambilan air untuk memutar turbin sebesar 0,45 m³/detik dan debit maksimal 4,5 m³/detik.

Dari hasil analisa debit dalam neraca air, daya yang terbangkitkan tidak akan konstan selama 1 tahun, hal ini dipengaruhi besarnya debit yang masuk ke dalam intake. Sehingga kinerja turbin akan disesuaikan dengan besarnya debit yang masuk, apabila debit yang masuk besar (bulan basah) maka turbin akan bekerja keseluruhan, namun apabila debit yang masuk kecil (bulan kering) maka turbin hanya bekerja sebagian atau turbin tidak beroperasi dan waktu digunakan untuk perawatan. Dari hasil putaran turbin tersebut yang akan menentukan besar kecilnya daya yang dibangkitkan.

3.10 Dimensi Ruang pada Sumber Air yang Diperlukan

	Dimensi Ruang (m ²)	
	Sungai (m ²)	Sepadan (m ²)
Bendung dan Intake	2.250	2.200
Power House	-	2.000

3.11 Jumlah Kualitas dan jadwal Pembuangan Air

Pada prinsipnya dalam PLTM tidak ada pembuangan air, yang ada adalah pengembalian air ke dalam aliran utama sungai setelah dipakai untuk menggerakkan turbin. Begitu juga dalam PLTM Kambangan, air akan dikembalikan ke aliran utama Sungai Lojahan setelah dipakai untuk menggerakkan turbin, adapun jumlah dan jadwalnya menyesuaikan dengan hasil kajian neraca air yang ada.

3.12 Rencana Pelaksanaan Pembangunan

Rencana proyek PLTM Kambangan pembangunan/konstruksi direncanakan selama kurang lebih 18 bulan yang dimulai pada bulan Januari 2023, dan PLTM Kambangan direncanakan mulai beroperasi pada kurang lebih pertengahan tahun 2024.

Strategi Pelaksanaan

Dalam pelaksanaan pekerjaan dihindari adanya keterlambatan datangnya material, kurangnya pekerja dan lain-lain yang dapat mengganggu pelaksanaan proyek. Untuk meminimalisir gangguan tersebut akan dilakukan koordinasi dengan pihak-pihak terkait dan merencanakan pekerjaan dengan strategi yang tepat. Strategi tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

Perencanaan Lapangan/Site Planing

Untuk mengatur penempatan bahan, peralatan kerja, tenaga kerja dan sarana penunjang dalam pelaksanaan proyek ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pagar pengaman sementara yang mengelilingi lokasi fasilitas sementara yang terdiri dari kantor lapangan, gudang, los kerja pembesian dan begisting.
2. Pengaturan lalu lintas untuk keluar masuk kendaraan dengan mengacu pada manajemen lalu lintas masa konstruksi yang disetujui oleh pemberi kerja.
3. Menyediakan cadangan sumber energi bila terjadi gangguan listrik pada waktu pelaksanaan.
4. Kantor lapangan dilengkapi dengan water supply pada waktu pelaksanaan.
5. Pembuatan sarana penunjang pelaksanaan pekerjaan sesuai kebutuhan konstruksi antara lain stock material dan jalan kerja sementara.

6. Pengaturan yang baik agar terjamin keamanan bahan, peralatan serta keselamatan kerja para staf proyek dan para pekerja.
7. Penempatan barang, material kebutuhan pelaksanaan, baik di gudang maupun di halaman diatur sedemikian rupa sehingga :
 - Tidak mengganggu kelancaran dan keamanan umum
 - Memudahkan pemeriksaan dan penelitian bahan oleh pengawas
 - Tidak menyumbat saluran air bila terjadi hujan
 - Terjamin keamanannya.

Pekerjaan Persiapan

Tahapan ini merupakan tahapan awal dari seluruh rangkaian pekerjaan yang akan dilaksanakan dimana semua hal-hal yang menunjang pekerjaan di lapangan dipersiapkan secara terinci sehingga seluruh pekerjaan dari awal sampai akhir dapat dilaksanakan sesuai rencana yaitu tepat waktu, tepat biaya dan kualitas tercapai.

Pekerjaan Persiapan meliputi :

- a) Pembuatan kantor kontraktor, direksi kkeet, gudang work shop, mushola, survey, pemeliharaan dan perlindungan lalu lintas.
- b) Program keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dan pengendalian dampak dan pelestarian lingkungan.
- c) Engineering design dan shop drawing
- d) Penentuan titik BM sebagai acuan
- e) Laporan dan foto dokumentasi
- f) Mobilisasi peralatan dan manajemen pekerjaan
- g) Sosialisasi

Pekerjaan Engineering (Desain)

Pekerjaan ini terdiri dari program kerja dan metode pekerjaan engineering

Program Kerja

Terdiri dari pekerjaan pengumpulan data, kajian studi terdahulu, pemetaan topografi, dan survey topografi, investigasi geologi dan pengujian laboratorium, kajian hidrologi, desain lengkap PLTM KAMBANGAN, kajian construction plan, jadwal pelaksanaan dan estimasi biaya, pembuatan manual OP, penyusunan

laporan, penyusunan dokumen tender, penyusunan analisa lingkungan (UKL-UPL) dan penyusunan laporan hasil sosialisasi/pertemuan konsultasi masyarakat.

Pekerjaan Engineering

Terdiri dari pekerjaan persiapan yang terdiri dari mobilisasi personil dan perijinan, melakukan penyusunan tim dan membuat jadwal pelaksanaan studi, pengumpulan data, survey lokasi. Pekerjaan perencanaan pendahuluan terdiri dari pekerjaan apresiasi proyek, lingkup dan jangka waktu pelaksanaan, rencana kerja dan penugasan personil engineering procurement construction, data dan laporan dari studi terdahulu, kondisi daerah proyek dari hasil peninjauan/survey lapangan, optimasi rencana alinyemen saluran terbuka, tipe dan dimensi bendung dan bangunan fasilitasnya, kajian ulang studi analisa hidrologi, rencana pelaksanaan survey pengukuran topografi dan investigasi geologi (lokasi titik-titik pengeboran) dan lain-lain.

Pekerjaan Konstruksi

Tahap Pertama : Jalan Masuk (Acces Road)

Terdiri dari pekerjaan :

1. Perbaikan jalan (Temporary Road) Sub Base
 - Akses ke power house
 - Akses ke intake
2. Pembuatan Jalan Akses Baru (Temporary Road) Sub Base, terdiri dari pekerjaan :
 - Akses ke kolam penenang
 - Akses ke sungai Lampir

Tahap Kedua : Pekerjaan Saluran Terbuka

Terdiri dari :

1. Pekerjaan galian tanah saluran terbuka pada lokasi arah bak penenang dan hasil galian diangkut ke lokasi urugan untuk saluran terbuka dekat lokasi bendung.
2. Pekerjaan urugan tanah saluran terbuka arah lokasi bendung
3. Pekerjaan pasangan batu kali

4. Pekerjaan beton bertulang saluran terbuka
5. Pekerjaan pintu pengambil.

Tahap Ketiga : Pekerjaan Bendung/Intake dan Kolam Pengendap Pasir

Pekerjaan Bendung/Intake

Terdiri dari :

1. Pekerjaan galian dan bongkaran bendung/intake
2. Pekerjaan conferdam (bronjong)
3. Pekerjaan pasangan batu kali
4. Pekerjaan beton bertulang
5. Pekerjaan pintu penguras

Pekerjaan Kolam Pengendap Pasir/Sand Trap

Terdiri dari :

1. Pekerjaan galian tanah
2. Pekerjaan urugan tanah
3. Pekerjaan pasangan batu kali
4. Pekerjaan beton bertulang
5. Pekerjaan pintu penguras

Tahap Keempat : Pekerjaan Bak Penenang

Terdiri dari :

- Pekerjaan galian tanah
- Pekerjaan urugan tanah
- Pekerjaan pasangan batu kali
- Pekerjaan beton bertulang bak penenang
- Pekerjaan beton lantai
- Pekerjaan pintu pengatur penstock
- Pekerjaan pagar keliling
- Pekerjaan trashrack
- Pekerjaan pintu flushing

Tahap Kelima : Pekerjaan Pipa Pesat (Penstock)

Terdiri dari :

- Pekerjaan galian tanah

- Pekerjaan urugan tanah
- Pekerjaan pasangan batu kali
- Pekerjaan beton bertulang penstock
- Pekerjaan pengadaan pipa penstock
- Pekerjaan instalasi pipa penstock
- Pekerjaan siphon sungai Lampir

Tahap Keenam : Pekerjaan Gedung Pembangkit dan Bangunan Pendukung

Pekerjaan Gedung Pembangkit

Terdiri dari :

- Pekerjaan galian tanah
- Pekerjaan pasangan batu kali
- Pekerjaan beton bertulang untuk sloof
- Pekerjaan rangka baja/konstruksi rangka baja
- Pekerjaan beton bertulang pondasi turbin
- Pekerjaan instalasi listrik dan penangkal petir
- Pekerjaan plumbing

Pekerjaan Bangunan Pendukung

Terdiri dari :

- Gudang, mess dan dapur
- Security office
- Musholla

Tahap Ketujuh : Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal dan Transformator Utama

Pekerjaan Mekanikal

Terdiri dari :

Pekerjaan Mekanikal :

- Pekerjaan Turbin

Terdiri dari pekerjaan pengadaan, pemasangan turbin, pekerjaan instalasi dan test commisioning.

- Pekerjaan Generator

Terdiri dari pekerjaan pengadaan, pemasangan generator, pekerjaan instalasi dan test commissioning

- Pekerjaan Transformator utama

Terdiri dari pekerjaan pengadaan, pemasangan transformator utama dan pekerjaan instalasi serta test commissioning.

Tahap Kedelapan : Pekerjaan Saluran Pembuang

Tahap Kesembilan : Pekerjaan Training Mekanikal dan Elektrikal

Tahap Kesepuluh : Pekerjaan Jalan Masuk (Access Road)

Terdiri dari pekerjaan perkerasan permanen jalan desa

- Akses Power House
- Akses ke Intake

Tahap Kesebelas : Demobilisasi

Peralatan yang sudah tidak digunakan dalam pekerjaan segera didemobilisasi secara bertahap.

Demobilisasi ini merupakan tahapan akhir dari rangkaian kegiatan pelaksanaan dilapangan yang meliputi :

- Demobilisasi peralatan yang sudah tidak digunakan
- Pembersihan fasilitas sementara
- Demobilisasi tenaga kerja

3.13 Laporan Hasil Uji Kualitas Air

Kualitas Air

Air Tanah

Untuk mengetahui kualitas air tanah di sekitar lokasi kegiatan, maka dilakukan pengambilan sampel air tanah di sumur milik penduduk. Hasil analisis kualitas air tanah dapat dilihat pada Tabel berikut ini

Tabel Hasil Pengukuran Kualitas Air Tanah

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujian
	FISIKA			
1	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau
2	Warna	TCU	15	< 5
3	Residu terlarut (TDS)	Mg/l	500	65,23
4	Kekeruhan	NTU	5	0,52
5	Suhu	°C	± 3 °C	25,3
	KIMIA			
1	Aluminium (Al)*	Mg/l	0,2	< 0,02
2	Amoniak (NH ₃ -N)	Mg/l	1,5	0,03
3	Arsen (As)*	Mg/l	0,01	< 0,005
4	Besi (Fe)*	Mg/l	0,3	<0,01
5	Fluorida (F)	Mg/l	1,5	< 0,01
6	Kadmium (Cd)*	Mg/l	0,003	<0,003
7	Kesadahan (CaCO ₃)*	Mg/l	500	59,4
8	Klorida (Cl ⁻)	Mg/l	250	1,01
9	Kromium Hexavalent (Cr ⁶⁺)	Mg/l	-	< 0,01
10	Mangan (Mn)*	Mg/l	0,4	0,08
11	Nitrat (NO ₃ -)	Mg/l	50	<0,01
12	Nitrit (NO ₂)	Mg/l	3	<0,01
13	pH	Mg/l	6 - 9	7,24
14	Selenium (Se)	Mg/l	0,01	< 0,01
15	Seng (Zn)*	Mg/l	3	< 0,005
16	Sianida (CN)	Mg/l	0,07	< 0,005
17	Sisa Chlor	Mg/l	0,7	0
18	Sulfat (SO ₄)	Mg/l	250	<2,1
19	Tembaga (Cu)	Mg/l	2	0,01
	Mikrobiologi			
20	Coliform	Jml/100 ml	0	20 [^]
21	E.Colli	Jml/100 ml	0	20 [^]

Sumber : Hasil Pengukuran oleh Laboratorium Pengendalian Kualitas Lingkungan PDAM Kota Bandung, 2011

Keterangan :

- * = Nilai hasil uji parameter tersebut merupakan nilai total kandungan
^ = tidak memenuhi BAKU MUTU yang dipersyaratkan
Persyaratan : Permenkes 492 tahun 2010 mengenai Kualitas Air Minum
Lokasi : Sumur penduduk S. 07° 05' 57,4" E. 109° 57' 42,9"

Berdasarkan hasil uji air tanah pada lokasi pemukiman warga sekitar tapak proyek, maka dapat dilihat bahwa secara keseluruhan jika di bandingkan dengan baku mutu untuk air minum hanya terdapat parameter mikrobiologi yang melebihi baku mutu. Hal ini dapat disebabkan oleh rembesan dari septik tank atau yang biasa disebut *black water*. Selain itu dapat disebabkan juga oleh pencemaran tempat sampah, saluran got (drainase) dan sungai. Mengingat lokasi sumur air tanah yang diambil dekat dengan sungai.

Jika hasil tersebut dibandingkan dengan baku mutu air baku air minum berdasarkan PP 82 tahun 2001 maka semua parameter memenuhi baku mutu, dengan nilai baku mutu coliform 100 per 100 ml dan E.Coli adalah 1000 per 100 ml.

Air Permukaan

Karakteristik Fisik dan Kimia

Untuk mengetahui kualitas air permukaan yang ada di sekitar lokasi kegiatan, dilakukan pengambilan sampel air permukaan di 2 (dua) titik sampling dari Sungai Lampir, yaitu dari hulu dan hilir pada batas lokasi proyek. Sampel air tersebut kemudian di analisis di laboratorium. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel Hasil Analisis Kualitas Air Permukaan Hulu Sungai Lojahan

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujian
FISIKA				
1	Daya hantar listrik (DHL)	Mmhos/cm	2.250	69,51
3	Residu terlarut (TDS)	Mg/l	1.000	60,94
KIMIA				
1	Amoniak bebas (NH ₃ -N)	Mg/l	0,02	0,03 [^]
2	Arsen (As)*	Mg/l	0,05	< 0,005
3	Barium (Ba)	Mg/l	1	< 1
4	Besi (Fe)*	Mg/l	5	<0,01
5	Boron B)*	Mg/l	1	< 0,02
6	BOD	Mg/l	6	12 [^]
7	COD	Mg/l	10	21,53 [^]
8	Detergen (MBAS)	Mg/l	0,2	<0,01
9	Fenol	Mg/l	0,001	< 0,005
10	Fluorida (F)	Mg/l	1,5	0,08
11	Cadmium (Cd)*	Mg/l	0,01	< 0,003
12	Klorida (Cl)	Mg/l	600	0,5
13	Klorin bebas	Mg/l	0,003	<0,01
14	Kromium Hexavalent (Cr ⁶⁺)	Mg/l	0,05	<0,01
15	Kobalt (Co)*	Mg/l	0,2	< 0,02
16	Mangan (Mn)*	Mg/l	0,5	0,1
17	Mercury (Hg)*	Mg/l	0,001	< 0,001
18	Minyak & Lemak	Mg/l	Nihil	< 1
19	Nikel (Ni)*	Mg/l	0,5	< 0,005
20	Nitrat (NO ₃ -)	Mg/l	10	<0,01
21	Nitrit (NO ₂ -)	Mg/l	0,06	0,01
22	Oksigen terlarut	Mg/l	>3	7,62
23	pH	Mg/l	6 - 9	7,52
24	Selenium (Se)*	Mg/l	0,01	< 0,005
25	Seng (Zn)*	Mg/l	0,02	<0,01
26	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	Mg/l	400	< 2,1
27	Sulfida (H ₂ S)	Mg/l	0,002	< 0,005
28	Sianida (CN)	Mg/l	0,02	< 0,005
29	Tembaga (Cu)*	Mg/l	0,02	0,02
30	Timbal (Pb)*	Mg/l	0,03	0,02
Mikrobiologi				
20	Coliform	Jml/100 ml	10.000	1,1 x 10 ³
21	E.Colli	Jml/100 ml	2.000	1,1 x 10 ³

Sumber : Hasil Pengukuran oleh Laboratorium Pengendalian Kualitas Lingkungan PDAM Kota Bandung, 2011
 Nilai baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001, tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Keterangan :

- * = Nilai hasil uji parameter tersebut merupakan nilai total kandungan
[^] = tidak memenuhi BAKU MUTU yang dipersyaratkan

Secara umum, terlihat bahwa semua parameter nilainya masih memenuhi baku mutu, kecuali parameter BOD dan COD. Tingginya nilai BOD dan COD, dapat disebabkan penggunaan pupuk oleh petani yang berlebihan sehingga tidak mampu terserap maksimal oleh tanaman. Akibatnya, sisa-sisa pemupukan terbawa air dari saluran irigasi ke badan sungai.

Tabel Hasil Analisis Kualitas Air Permukaan di Hilir Sungai Lojahan

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujian
FISIKA				
1	Daya hantar listrik (DHL)	Mmhos/cm	2.250	81.24
3	Residu terlarut (TDS)	Mg/l	1.000	72.75
KIMIA				
1	Amoniak bebas (NH ₃ -N)	Mg/l	0,02	0.1^
2	Arsen (As)*	Mg/l	0,05	< 0,005
3	Barium (Ba)	Mg/l	1	< 1
4	Besi (Fe)*	Mg/l	5	0.07
5	Boron B)*	Mg/l	1	< 0.02
6	BOD	Mg/l	6	22^
7	COD	Mg/l	10	29.93^
8	Detergen (MBAS)	Mg/l	0,2	< 0.01
9	Fenol	Mg/l	0,001	< 0,005
10	Fluorida (F)	Mg/l	1,5	0.19
11	Cadmium (Cd)*	Mg/l	0,01	<0.003
12	Klorida (Cl)	Mg/l	600	0.5
13	Klorin bebas	Mg/l	0,003	< 0.01
14	Kromium Hexavalent (Cr ⁶⁺)	Mg/l	0,05	< 0.01
15	Kobalt (Co)*	Mg/l	0,2	< 0.02
16	Mangan (Mn)*	Mg/l	0,5	0.13
17	Mercury (Hg)*	Mg/l	0,001	<0.001
18	Minyak & Lemak	Mg/l	Nihil	<1
19	Nikel (Ni)*	Mg/l	0,5	< 0,005
20	Nitrat (NO ₃ -)	Mg/l	10	< 0.01
21	Nitrit (NO ₂)	Mg/l	0,06	0.01
22	Oksigen terlarut	Mg/l	>3	7.29
23	pH	Mg/l	6 - 9	7.38
24	Selenium (Se)*	Mg/l	0,01	< 0,005
25	Seng (Zn)*	Mg/l	0,02	< 0.01
26	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	Mg/l	400	2.6
27	Sulfida (H ₂ S)	Mg/l	0,002	0.06^
28	Sianida (CN)	Mg/l	0,02	< 0,005
29	Tembaga (Cu)*	Mg/l	0,02	0.02
30	Timbal (Pb)*	Mg/l	0,03	0.02

*Studi Kelayakan
Penggunaan Sumber Daya Air*

	Mikrobiologi			
20	Coliform	Jml/100 ml	10.000	29
21	E.Coli	Jml/100 ml	2.000	29

Sumber : Hasil Pengukuran oleh Laboratorium Pengendalian Kualitas Lingkungan PDAM Kota Bandung, 2011
 Nilai baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001, tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Keterangan :

- * = Nilai hasil uji parameter tersebut merupakan nilai total kandungan
 ^ = tidak memenuhi BAKU MUTU yang dipersyaratkan

Lokasi Sampling:

S 07° 27' 19,1" & E 109° 57' 58,7"

S 07° 06' 24,5" & E 109° 57' 33,8".

Secara umum, kualitas air Sungai Lampir masih memenuhi baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air namun dalam beberapa parameter seperti BOD, COD, dan H₂S nilai hasil uji menunjukkan angka di atas baku mutu. Hasil uji hidrogen sulfida di atas baku mutu, dapat disebabkan terjadinya proses pembusukan bahan-bahan organik dan anorganik yang mengandung belerang oleh bakteri anaerob dan juga sebagai hasil reduksi dengan kondisi anaerob terhadap sulfat oleh mikroorganisme.

Tingginya nilai BOD dan COD, dapat disebabkan penggunaan pupuk oleh petani yang berlebihan sehingga tidak mampu terserap maksimal oleh tanaman. Akibatnya, sisa-sisa pemupukan terbawa air dari saluran irigasi ke badan sungai.

Biota Air

Untuk mengetahui jenis dan kelimpahan plankton dilakukan dengan pengambilan contoh plankton menggunakan plankton net, kemudian dianalisis di laboratorium, sedangkan benthos dasar perairan diambil dengan alat Eckman Dredge. Lokasi pengambilan sampel plankton dan benthos dilakukan di Sungai Lampir yang ada di sekitar lokasi kegiatan.

Tabel Hasil Analisis Plankton di Sekitar Lokasi Kegiatan

No	Organisme	Stasiun	
		III	IV
	Phytoplankton		
1	<i>Brachionus sp.</i>		60
2	<i>Closterium sp.</i>	90	60
3	<i>Fragilaria sp.</i>	720	690
4	<i>Gaerosigma sp.</i>	150	120
5	<i>Leamea sp.</i>	360	240
6	<i>Navicula sp.</i>	180	210
7	<i>Neidium sp.</i>		30
8	<i>Nitzscia sp.</i>	120	120
9	<i>Oscillatoria sp.</i>	240	210
10	<i>Pinnularia sp.</i>	60	270
11	<i>Pleurosigma sp.</i>		
12	<i>Pleurotaenium sp.</i>	150	90
13	<i>Rhizosolenia sp.</i>	60	
14	<i>Spirogyra sp.</i>	90	60
15	<i>Spirulina sp.</i>	450	420
16	<i>Spondylosium sp.</i>		
17	<i>Surirela sp.</i>		
18	<i>Synedra sp.</i>	720	450
19	<i>Tabellaria sp.</i>		
20	<i>Volvox sp.</i>	270	510
Total Phytoplankton (individu/L)		3660	3540
ID Simpson		0.880	0.890
	Zooplankton		
1	<i>Amoeba sp.</i>	450	300
2	<i>Arcella sp.</i>	90	120
3	<i>Caratella sp.</i>		
4	<i>Centropixis sp.</i>	90	90
5	<i>Cyclops sp.</i>		
6	<i>Epistylis sp.</i>		180
7	<i>Pilodina sp.</i>	330	240

Total Zooplankton (individu/L)	960	930
ID Simpson	0.645	0.766
Total Plankton (individu/ L)	4620	4470
ID Simpson Plankton	0.910	1.070

Plankton yang diamati terdiri dari phytoplankton dan zooplankton. Kedua organisme ini saling berkaitan secara langsung karena phytoplankton merupakan sumber energi/makanan bagi zooplankton. Dalam rantai makanan jumlah organisme yang memakan biasanya lebih sedikit dari organisme yang dimakan, sehingga hasil identifikasi dan analisis kelimpahan plankton menunjukkan jumlah phytoplankton akan lebih banyak bila dibandingkan dengan kelimpahan zooplankton. Hasil identifikasi jenis dan kelimpahan plankton dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel Hasil Analisis Benthos di Sekitar Lokasi Kegiatan

No	Organisme	III	IV
1	<i>Bellamnya sp.</i>		10
2	<i>Brothia sp.</i>		20
3	<i>Chironomus sp.</i>	10	
4	<i>Hydrospyche sp.</i>		
5	<i>Melanoides sp.</i>		
6	<i>Tubifex tubifex</i>	15	
Total Makrozoobentos		25	30
ID Shannon & Wiener		0.673	0.637

Sumber : Hasil Pengukuran oleh Laboratorium Pengendalian Kualitas Lingkungan PDAM Kota Bandung

Keterangan :

IV = Lokasi 1
III = Lokasi 2

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Pengambilan pemanfaatan air permukaan Sungai Lojahan di Desa Kambangan Kecamatan Blado Kabupaten Batang untuk PLTM Kambangan akan memanfaatkan debit maksimum 4,5 m³/det dan minimum 0,45 m³/detik dan/atau akan menyesuaikan dengan debit yang tersedia sesuai kebutuhan serta akan memperhitungkan aliran untuk pemeliharaan Sungai Lojahan.

4.2 Saran

Pembangunan PLTM termasuk PLTM Kambangan harus sejalan dengan pengelolaan sumber daya air secara terpadu. Prinsip-prinsip dasar yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan sumber daya air, meliputi: konsep pembangunan berkelanjutan, kebijakan dan peraturan perundang-undangan, dan pengembangan institusi. Dengan pengelolaan secara terpadu diharapkan pemberdayaan masyarakat dalam meningkatkan kehidupan ekonomi dan sosial dapat tercapai sehingga timbul kesadaran untuk turut melestarikan sumber daya air.