

Kajian Alternatif Metode Kerja Perbaikan *Trashrack* (Saringan) *Intake* Malalo Unit PLTA Singkarak

Elfin Kurniawan^{a,*}, Arionmaro Asi Simaremare^b, Iswan Prahastono^b, Akiman Nainggolan^a

^aUPDL Bogor, Pusdiklat, PT. PLN (PERSERO)
Jl. Raya Puncak KM 72 Cibogo, Megamendung, Bogor, Indonesia

^bPLN Puslitbang, PT. PLN (PERSERO)
Jl. Duren Tiga Raya No.102, Jakarta Selatan, Indonesia

*elfin.k@pln.co.id

Abstract

The Singkarak Hydroelectric Power Plant with a capacity of 175MW is the backbone of the Central Sumatra Subsystem (SumBagTeng) in the Sumatran electricity interconnection system so that the reliability of the Singkarak hydropower operation must be maintained. However, after more than 12 years of operation the Singkarak Hydroelectric Power Plant suffered damage to the trash rack of the Malalo Intake caused by the September 30, 2009 earthquake that hit Padang-Pariaman where the filter segments and the filter girder beam fell to the bottom of the intake. This results in waste originating from Singkarak lake being free to enter the head race tunnel and then to the generator engine generator which can interfere with the operation of the Singkarak hydropower plant so it is necessary to repair the Malalo trashrack intake. This study aims to evaluate several alternative work methods for repairing the trash-rack intake of Malalo PLTA Singkarak to minimize disruption to the operation of PLTA Singkarak during repairs. Three alternative improvement methods were evaluated using the Zero-One technique and weighting. From the results of the evaluation, it was found that the underwater construction work method is the best alternative to repair among other methods. Furthermore, the details of the implementation plan for the underwater construction work method are presented as a reference for the implementation of the repair PLTA Singkarak trash rack.

Keyword: Singkarak hydro power plant, trashrack, working method, coverdamp, under water construction

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Singkarak dengan kapasitas 175MW merupakan tulang punggung dari Subsistem Sumatera Bagian Tengah (SumBagTeng) di sistem interkoneksi kelistrikan Sumatera sehingga keandalan operasi PLTA Singkarak harus terus dijaga. Meski demikian, setelah lebih dari 12 tahun beroperasi PLTA Singkarak mengalami kerusakan pada *trash rack* (saringan) *Intake* Malalo yang diakibatkan oleh gempa bumi 30 September 2009 yang melanda Padang-Pariaman dimana segmen-segmen saringan dan Balok Girder saringan tersebut jatuh ke dasar *intake*. Hal ini mengakibatkan sampah yang berasal dari danau Singkarak dapat bebas masuk ke *head race tunnel* dan selanjutnya menuju *runner* mesin pembangkit yang dapat mengganggu operasi PLTA Singkarak sehingga perlu dilakukan perbaikan terhadap trashrack intake Malalo tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi beberapa alternatif metode kerja untuk perbaikan trash-rack intake Malalo PLTA Singkarak untuk meminimalisir gangguan operasi PLTA Singkarak pada saat perbaikan. Tiga alternatif metode perbaikan dievaluasi dengan menggunakan teknik *Zero-One* dan pembobotan. Dari hasil evaluasi diperoleh bahwa metode kerja *underwater construction* merupakan alternatif perbaikan yang paling baik diantara metode lainnya. Selanjutnya detail rencana pelaksanaan metode kerja *underwater construction* dipaparkan sebagai acuan bagi pelaksanaan perbaikan trash-rack intake Malalo PLTA Singkarak.

Kata kunci: PLTA Singkarak, *trashrack* (saringan), metode kerja, *under water construction*.

1. Pendahuluan

PT PLN (persero) Unit Pelaksana Pembangunan Bukittinggi (UPK Bukittinggi) mengelola tiga unit pembangkit, yaitu PLTA Batang Agam 3 x 3.5 MW mulai beroperasi tahun 1976, PLTA Maninjau 4 x 17 MW mulai beroperasi tahun 1983 dan PLTA Singkarak 4 x 43.75 MW mulai beroperasi tahun 1998. Ketiga PLTA tersebut memiliki catatan operasional yang dapat dibanggakan, bahwa sejak awal serah terima operasi (STO) dari PLN Pikitring Sumbar Riau, ketiga PLTA tersebut tetap eksis sesuai daya terpasang memberi pasokan energi listrik ke sistem interkoneksi Sumatera.

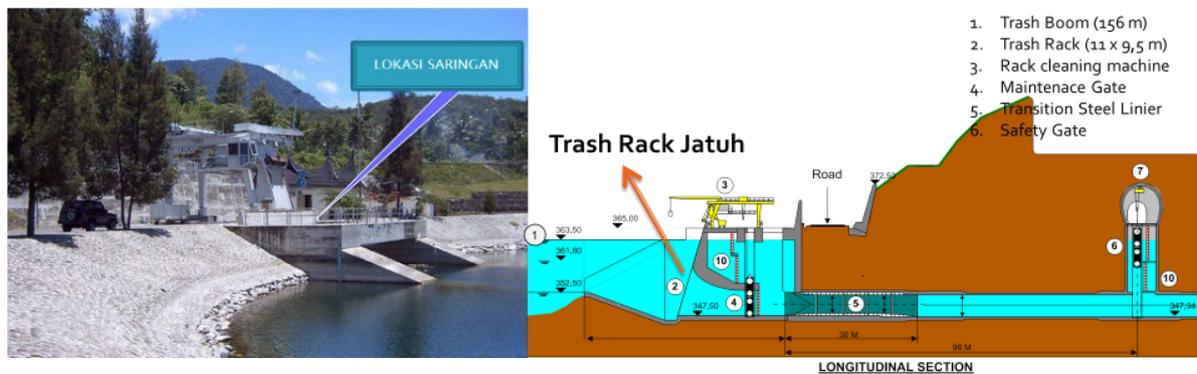
PLTA Singkarak dibangun sejak tahun 1992 dan mulai beroperasi secara komersil pada April 1998 dengan memanfaatkan potensi air Danau Singkarak yang dialirkan melalui terowongan *headrace tunnel* sepanjang 16,5 km untuk

memutar turbin generator di *powerhouse*. Energi listrik yang dihasilkan sebesar 175 MW atau sekitar 948 GWh per tahun, hal ini dapat terlihat pada table 1 bahwa produksi energi listrik PLTA Singkarak pada kondisi iklim normal sebesar 948.919 MWh. Dan dengan produktifitas sesuai table 1 dapat membuktikan bahwa PLTA Singkarak merupakan backbone (tulang punggung) dari Subsistem Sumatera Bagian Tengah di sistem interkoneksi kelistrikan Sumatera, tepatnya subsistem Sumatera Bagian Tengah (SumBagTeng).

Tabel 1. Tabel produksi energy PLTA Singkarak bulanan dan komulatif 1 tahun (Sumber: PLN)

PRODUKSI (MWh)	PRODUKSI BULANAN PLTA SINGKARAK												JUMLAH
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
BASAH SEKALI	157.566	110.202	134.556	150.329	113.795	67.238	56.317	56.980	64.329	98.265	144.488	174.421	1.328.486
80%	146.311	102.330	124.945	139.592	105.667	62.435	52.295	52.910	59.734	91.247	134.167	161.962	1.233.594
BASAH	135.056	94.459	115.334	128.854	97.538	57.633	48.272	48.840	55.139	84.228	123.847	149.503	1.138.702
60%	122.676	85.800	104.761	117.042	88.597	52.350	43.847	44.363	50.085	76.507	112.494	135.799	1.034.321
NORMAL	112.547	78.716	96.111	107.378	81.282	48.027	40.227	40.700	45.949	70.190	103.205	124.586	948.919
40%	101.292	70.844	86.500	96.640	73.154	43.225	36.204	36.630	41.354	63.171	92.885	112.128	854.027
KERING	90.038	62.973	76.889	85.903	65.026	38.422	32.181	32.560	36.759	56.152	82.564	99.669	759.135
20%	78.783	60.611	67.278	75.165	56.897	43.425	30.975	31.339	32.164	52.515	79.468	87.210	695.830
KERING SEKALI	67.528	47.229	57.667	64.427	48.769	28.816	24.136	24.420	27.569	42.114	61.923	74.752	569.351

Kehandalan operasional PLTA Singkarak sebagai pemikul beban dasar maupun untuk memenuhi beban puncak mulai terganggu semenjak gempa bumi 6 Maret 2007 sebesar 7,5 skala richter dan puncaknya pada tanggal 30 September 2009 sebesar 7,6 skala richter, *trash rack* (saringan) Intake Malalo PLTA Singkarak yang berfungsi sebagai pemisah dari sampah dan benda-benda asing yang masuk ke saluran penghantar / terowongan mengalami kerusakan total.



Gambar 1. Gambar dokumentasi situasi dan potongan melintang *intake* Malalo (Sumber: PLN)

Pemasangan *trash rack* baru pada Intake Malalo PLTA Singkarak harus segera dilakukan untuk mengembalikan dan meningkatkan keandalan pembangkit sehingga risiko kerusakan dan kerugian yang lebih besar dapat dihindari. Keberadaan struktur *trash rack* PLTA Singkarak dapat dilihat pada gambar 1 yaitu gambar situasi dan potongan melintang dari Intake Malalo, dimana dapat di lihat struktur *trash rack* berada 15 m di bawah permukaan air Danau Singkarak. Struktur *trash rack* pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) memiliki fungsi untuk menyaring dan menahan masuknya material yang berukuran besar kedalam *water way* PLTA, yang dapat menyebabkan kerusakan pada mesin pembangkit terutama pada *penstock*, *spiral casing* dan *runner* turbin PLTA [1]. *Trash rack* terdiri dari susunan baja strip yang dipasang di *intake* PLTA [2].

Untuk melakukan perbaikan terhadap struktur *trash rack* PLTA Singkarak dibutuhkan pemilihan metode kerja yang tepat agar didalam proses konstruksinya seminimal mungkin mengganggu operasional PLTA Singkarak, atau pada saat pekerjaan konstruksi *trash rack* yang baru PLTA Singkarak masih dapat beroperasi dengan normal untuk membangkitkan energi listrik. Hal tersebut dikarenakan jika PLTA Singkarak tidak beroperasi (karena pekerjaan konstruksi) maka akan terjadi devisa energi listrik di subsistem SubBagTeng. Oleh karena itu di butuhkan studi untuk menganalisa metode kerja yang tepat untuk melakukan pekerjaan konstruksi perbaikan *trash rack* PLTA Singkarak. Berdasarkan *literature review* yang dilakukan oleh penulis, terdapat studi-studi yang menganalisis *trash rack* PLTA, namun belum ada penelitian yang melakukan analisis metode kerja untuk perbaikan struktur *trash rack* PLTA.

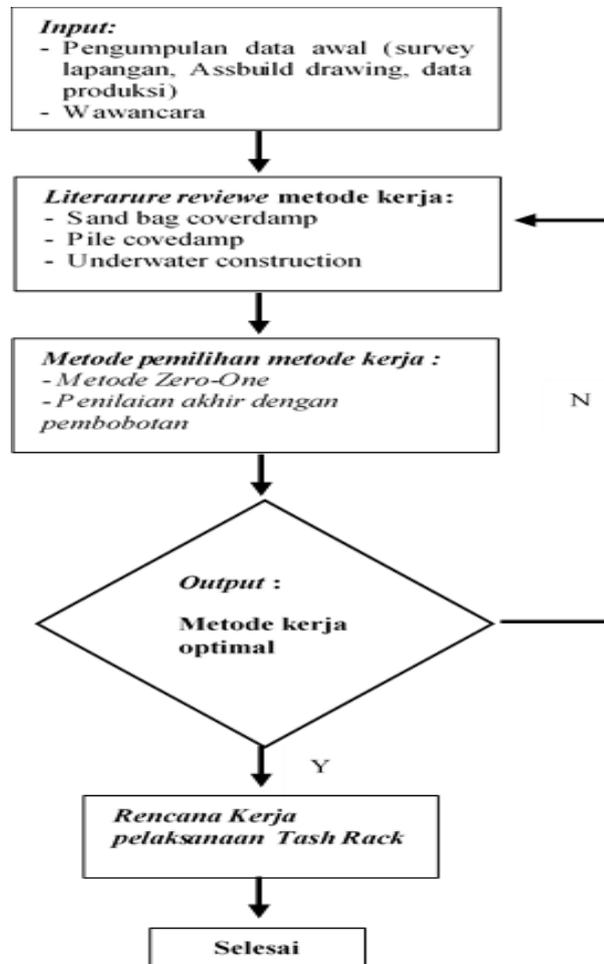
Artikel ini terdiri dari 4 (empat) bab yaitu bab 1 pendahuluan yang berisi latar belakang penelitian, tujuan penelitian, dan struktur penelitian. Bab 2 berisikan metode penelitian, *literature review* metode pekerjaan konstruksi *trash rack*. Bab

3 adalah hasil dan pembahasan penelitian yang menjelaskan terkait metode kerja yang di pilih untuk pekerjaan konstruksi *trash rack*. Bab 4 merupakan bab kesimpulan yang menjelaskan hasil dari penelitian secara komprehensif.

2. Metode Penelitian dan Kronologi kegagalan / kerusakan *trash rack* (saringan)

2.1 Metode penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah input, *literatur review* tentang bermacam macam metode kerja, penentuan pemilihan metode kerja, dan akan di dapat output berupa metode kerja paling optimal dan yang terakhir adalah penjelasan mengenai detail rencana kerja dari metode kerja terpilih. Rincian dari metode penelitian ini dapat di sampaikan sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram alir penelitian

- Dilakukan pengumpulan data baik primer dan sekunder yang berupa survey lapangan, pengumpulan data dimensi dari *assbuiltdrawing*, pengumpulan data produksi PLTA dan wawancara terhadap ekspert dan personil PLTA mengenai kronologi kegagalan dan alternatif perbaikan yang mungkin bisa di lakukan.
- Mencari dasar teori pemilihan metode kerja perbaikan *trash rack* yang di latar belakang oleh hasil input awal khususnya wawancara.
- Ditentukan cara dan kriteria-kriteria pemilihan alternatif metode kerja yang nantinya dipilih sebagai metode kerja dalam pelaksanaan perbaikan *trash rack*. Metode *zero-one* dan penilaian akhir dengan pembobotan dipilih sebagai cara untuk memilih alternatif.
- Didapat metode kerja yang paling optimal sesuai kriteria terbaik untuk pelaksanaan perbaikan *trash rack*.
- Penjelasan tentang detai urutan pekerjaan/*work breakdown* dari alternatif metode kerja terpilih.

2.2 Metode Pemilihan Alternatif Metode Pekerjaan

2.2.1 Metode Zero-One

Sebelum kegiatan penilaian dilakukan maka terlebih dahulu ditentukan kriteria yang menjadi dasar penilaian untuk semua alternatif. Dengan dihitung bobot sementara untuk masing-masing alternatif tersebut. Untuk penentuan angka ranking dilakukan dengan cara terbalik tergantung jumlah fungsi yang dihadirkan dan perankingan diberi nilai yang tertinggi untuk fungsi yang diprioritaskan[3], [4]. Kriteria-kriteria yang dipakai untuk mengevaluasi adalah komponen-komponen yang berpengaruh besar pada metode kerja proyek konstruksi. Contoh kriteria fungsi alternatif seperti Tabel 2.

Tabel 2. Contoh kriteria fungsi alternatif

No	Fungsi	Angka Rangkaing	Bobot (%)	Keterangan
1	Biaya	3	50,00	Prioritas Tertinggi
2	Mutu	2	33,33	Prioritas Sedang
3	Waktu	1	16,67	Prioritas Rendah
Jumlah Angka Rangkaing		6		

Setelah didapatkan angka bobot di atas maka dilakukan analisa selanjutnya yaitu dengan metode *zero-one*. Metode *zero-one* adalah salah satu cara pengambilan keputusan yang bertujuan untuk membantu menentukan urutan prioritas fungsi fungsi (kriteria). Prinsip metode ini adalah menentukan relativitas suatu fungsi “lebih penting” atau “kurang penting” terhadap fungsi lainnya. Fungsi yang “lebih penting” diberi nilai satu (*one*), sedangkan nilai yang “kurang penting” diberi nilai nol (*zero*). Dengan menghadirkan referensi perbandingan maka akhirnya didapatkan indeks untuk masing-masing kriteria yang nantinya menjadi parameter perhitungan dalam penentuan nilai pengambilan keputusan untuk masing-masing alternatif berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Keuntungan metode ini adalah mudah dimengerti dan pelaksanaannya cepat dan mudah. Contoh preferensi alternatif untuk kriteria biaya pada Tabel 3. Hasil analisa dengan metode *zero-one* terhadap fungsi biaya dapat ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Contoh Preferensi

Alternatif	Prefeensi	Keterangan
A	A = B ; A > C	Alt A dan B sama, Alt A lebih baik dari Alt C
B	B = A ; B > C	Alt B dan A sama, Alt A lebih baik dari Alt C
C	C < A ; C < B	Alt C kurang dari dari Alt A dan Alt B

Tabel 4. Contoh Penilaian terhadap Fungsi

Alternatif	A	B	C	Jumlah	Indeks
A	X	1	1	2	2/3
B	0	X	1	1	1/3
C	0	0	x	0	0/3

Ket : 1 = lebih baik; 0 = kurang baik; x = fungsi sama

Cara pelaksanaan metode *zero-one* ini adalah dengan mengumpulkan fungsi yang tingkatannya sama, kemudian disusun dalam suatu matriks *zero-one*. Kemudian dilakukan penilaian fungsi- fungsi secara berpasangan, sehingga ada matrik akan terisi X. Nilai pada matrik ini kemudian di jumlah menurut baris dan dikumpulkan pada kolom jumlah. Sebagai contoh untuk matrik di atas pada baris 1 kolom 2 bernilai 1, artinya fungsi A lebih baik dari fungsi B. sebaliknya baris 2 kolom 1 bernilai 0. Dari matrik diatas diperoleh urutan prioritas adalah A, B, dan C (berdasarkan jumlah nilai). Akhirnya pemakaian metode *zero-one* ini digunakan secara terus menerus untuk semua alternatif terhadap fungsi yang dimilikinya hingga diketahui nilai indeksnya.

2.2.1 Penilaian Akhir Dengan Pembobotan

Setelah diperoleh nilai indeks dan bobot sementara dari semua faktor untuk alternatif yang dipakai maka dilakukan pembobotan akhir dengan matrik evaluasi. Bagian dari metode ini yaitu untuk mengetahui nilai prioritas dari suatu item yang dihadirkan adalah dengan metode penilaian alternatif dan eksisting. Contoh penilaian alternatif seperti pada Tabel 5. Dari Tabel 5 nilai dari x didapat dengan hasil perkalian indeks dengan bobot sementara. Hasil total dari total (Σx) menjadi bobot total alternatif yang berfungsi menjadi suatu alat untuk mengambil keputusan yang dapat menggabungkan kriteria kualitatif (tak dapat diukur) dan kriteria kuantitatif (dapat diukur)[5].

Tabel 5. Penilaian akhir Alternatif

No	Alternatif Bobot	Kriteria			Total	Keterangan
		50,00	33,33	16,67		
1	Alternatif A	Indeks x	Indeks x	Indeks x	$\sum x$	Indeks bobot
2	Alternatif B	Indeks x	Indeks x	Indeks x	$\sum x$	Indeks bobot
3	Alternatif C	Indeks x	Indeks x	Indeks x	$\sum x$	Indeks bobot

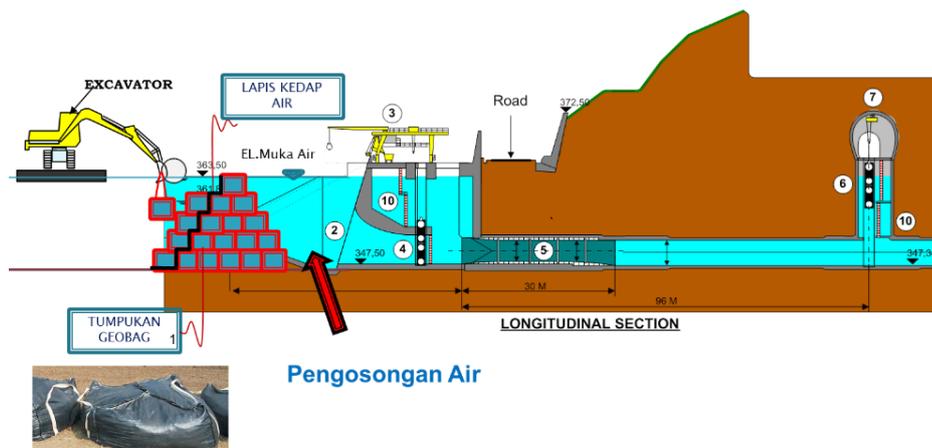
3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Alternatif Metode Kerja

Sesuai dengan penjabaran tujuan pada pendahuluan diatas yaitu melakukan analisa dan pemilihan metode kerja untuk penanggulanagn atau perbaikan *trash rack* PLTA Singkarak yang paling optimal agar kegagalan *trash rack* yang sudah terjadi tidak mengganggu operasional PLTA dalam jangka waktu lama, yang dapat mengakibatkan devisit kelistrikan di sistem SumBagTeng. Terdapat 3 (tiga) metode kerja yang dapat dilakukan (sesuai ruang lingkup) diantaranya adalah :

3.1.1 Metode kerja *coverdamp* menggunakan sand bag (Alternatif A)

Metode ini merupakan pekerjaan konstruksi perbaikan dengan mengeringkan area depan *trash rack* dengan cara membuat dinding pelindung air (*cover damp*) sebagai pelindung terhadap masuknya air danau pada saat proses konstruksi[6][7]. *Coverdamp* yang di maksud terbuat dari kantong-kantong tanah /*sand bag* yang disusun sedemikian rupa aga bisa menahan air danau agar tidak mengganggu jalannya pekerjaan konstruksi. Setelah dinding pelindung selesai di konstruksi air danau yang berada di depan area *trash rack* akan dipompa untuk pengeringan area tersebut, setelah kering barulah proses konstruksi perbaikan *trash rack* dilaksanakan[8]. Metode kerja ini dapat disimulasikan seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 4. Gambar metode kerja *cover damp* (Sumber: PLN)

3.1.2 Metode kerja *cover damp* menggunakan *sheet pile* (Alternatif B)

Metode ini hampir sama dengan metode *coverdamp sand bag* yaitu dengan mengeringkan area depan *trash rack*, tetapi perbedaannya adalah dinding pelindung air (*cofferdamp*) yang digunakan sebagai pelindung terhadap air danau terbuat dari susunan *sheet pile* baja [9]. *Cover damp* ini cukup familiar dipekerjaan yang berhubungan dengan sumber daya air atau konstruksi sipil bawah air.

3.1.3 Metode kerja *underwater construction* (Alternatif C)

Berbeda dengan dua metode kerja sebelumnya, *underwater construction* tidak memerlukan proses konstruksi dinding pelindung, tetapi pekerjaan perbaikan konstruksi *trash rack* dilakukan sebagian didalam air atau menyelam. Hanya proses fabrikasi baja *trash rack* saja yang di lakukan di atas (*workshop*), dan untuk proses pemasangan *trash rack* baru dilakukan dengan *underwater construction* [10–12].

3.2 Kriteria Pemilihan Metode Kerja Optimal

Kriteria yang diperhitungkan untuk mendapatkan pilihan yang tepat metode kerja perbaikan *trash rack* yang paling optimal di peroleh melalui literature review dan wawancara terhadap ekspert dibidang konstruksi PLTA dan Sumber daya air. Dari hasil tersebut di dapat 7 (tujuh) kriteria yang diperhitungkan sebagai penentuan pilihan metode kerja optimal yaitu biaya, mutu, waktu, ketersediaan alat, potensi kehilangan produksi, dampak lingkungan dan K3.

Setelah ditetapkan kriteria tersebut selanjutnya dilakukan perangkaan terhadap kriteria-kriteria tersebut untuk dipilih 4 (empat) kriteria teratas yang digunakan sebagai masukan/input metode *Zero-One*. Perangkaan ini dilakukan dengan cara bainstroming dengan pengguna barang/jasa, konsultan (PLN Pusenlis), dan tim pemeliharaan PLTA Singkarak. Dan kriteria dan hasil perangkaannya dapat dilihat pada table 6.

Sesuai dengan analisa yang dilakukan terhadap data kriteria-kriteria didapat urutan rangking prioritas kriteria paling utama yaitu waktu, dilanjut kemudahan pelaksanaan, biaya, mutu, K3, ketersediaan alat, dan dampak lingkungan. Dan 4 (empat) kriteria teratas akan dilakukan pembobotan sebagai inputan metode *Zero-one* dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 6. Rangking kriteria pemilihan metode kerja

No	Kriteria	Jumlah Total	Presentase	Rangking
1	Waktu Pelaksanaan	10	19%	1
2	Potensi Kehilangan Produksi	9	17%	2
3	Biaya	8	15%	3
4	Mutu	8	15%	4
5	K3	7	13%	5
6	Ketersediaan alat	6	11%	6
7	Dampak Lingkungan	6	11%	7
Total		54	100%	

Tabel 7. Kriteria terpilih untuk inputan metode *Zero-one*

No	Kriteria	Bobot %	Keterangan
1	Waktu Pelaksanaan	40	Sangat Tinggi
2	Potensi Kehilangan Produksi	30	Tinggi
3	Biaya	20	Sedang
4	Mutu	10	Rendah

3.3 Analisa Zero-One untuk Setiap Kriteria Pemilihan Metode Kerja

3.3.1 Kriteria Waktu Pelaksanaan (I)

Untuk durasi waktu pelaksanaan masing-masing alternatif metode kerja adalah sebagai berikut: metode pekerjaan *cover damp* dengan *sand bag* sesuai data penawaran berbagai kontraktor adalah 60 hari kalender, metode pekerjaan *cover damp sheet pile* sesuai data penawaran berbagai literature dapat selesai dalam 90 hari kalender, dan metode pekerjaan *underwater construction* sesuai data penawan berbagai kontraktor selama 45 hari kalender.

Dari data tersebut dapat disimpulkan untuk waktu pelaksanaan tercepat adalah metode pekerjaan *underwater construction*, disusul metode pekerjaan *cover damp sand bag* dan yang paling lambat adalah metode pekerjaan *cover damp sheet pile*.

Berdasarkan analisa metode *Zero-one* untuk kriteria waktu pelaksanaan yang ditunjukkan tabel 8 untuk gambaran preferensinya dan tabel 9 untuk penilaian kriterianya, dengan perincian sebagai berikut :

Tabel 8. Preferensi kriteria waktu pelaksanaan

Alternatif	Prefeensi	Keterangan
A	$A > B ; A < C$	Alt A lebih cepat dari B, dan lebih lambat dari Alt C
B	$B < A ; B < C$	Alt B lebih lambat dari Alt A dan Alt C
C	$C > A ; C > B$	Alt C lebih cepat dari Alt A dan Alt B

Tabel 9. Penilaian *Zero-one* kriteria waktu pelaksanaan

Alternatif	A	B	C	Jumlah	Indeks
A	X	1	0	1	1/3
B	0	X	0	0	0/3
C	1	1	X	2	2/3

3.3.1 Kriteria Potensi Kehilangan Produksi (II)

Pada kenyataannya untuk memperbaiki *trash rack* PLTA Singkarak tidak bisa dihindari adanya *stop* beroperasi unit pembangkit, dan hal ini tentu saja mengakibatkan kehilangan potensi untuk membangkitkan energi listrik. Preferensi untuk kriteria ini ditekan oleh lamanya unit pembangkit PLTA Singkarak *stop* beroperasi pada saat pelaksanaan pekerjaan pada masing-masing alternative metode kerja.

Untuk metode pekerjaan *cover damp sand bag* menurut penawaran kontraktor PLTA Singkarak harus Stop Operasi selama 30 hari kalender, untuk metode pekerjaan *cover damp sheet pile* menurut penawaran kontraktor PLTA Singkarak

harus stop operasi 60 hari kalender dan untuk metode pekerjaan *underwater construction* menurut penawaran kontraktor PLTA Singkarak harus stop 7 hari kalender.

Berdasarkan analisa metode *Zero-one* untuk kriteria waktu pelaksanaan yang ditunjukkan tabel 10 untuk gambaran preferensinya dan tabel 11 untuk penilaian kriterianya, dengan perincian sebagai berikut :

Tabel 10. Preferensi kriteria potensi kehilangan produksi

Alternatif	Prefeensi	Keterangan
A	$A > B ; A < C$	Alt A lebih sedikit dari B, dan lebih banyak dari Alt C
B	$B < A ; B < C$	Alt B lebih banyak dari Alt A dan Alt C
C	$C > A ; C > B$	Alt C lebih sedikit dari Alt A dan Alt B

Tabel 11. Penilaian *Zero-one* kriteria potensi kehilangan produksi

Alternatif	A	B	C	Jumlah	Indeks
A	X	1	0	1	1/3
B	0	X	0	0	0/3
C	1	1	X	2	2/3

3.3.2 Kriteria Biaya (III)

PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Bukittinggi akan mengeluarkan biaya untuk proses pengadaan dari *trash rack* baru. Berdasarkan analisa metode *Zero-one* untuk kriteria biaya yang ditunjukkan tabel 12 untuk gambaran preferensinya dan tabel 13 untuk penilaian kriterianya, dengan perincian sebagai berikut :

Tabel 12. Preferensi kriteria biaya

Alternatif	Prefeensi	Keterangan
A	$A > B ; A > C$	Alt A lebih murah dari B dan Alt C
B	$B < A ; B > C$	Alt B lebih murah dari Alt C dan lebih mahal dari Alt A
C	$C < A ; C < B$	Alt C lebih mahal dari Alt A dan Alt B

Tabel 13. Penilaian *Zero-one* kriteria biaya

Alternatif	A	B	C	Jumlah	Indeks
A	X	1	1	2	2/3
B	0	X	1	1	1/3
C	0	0	X	0	0/3

3.3.3 Kriteria Mutu (IV)

Untuk kriteria mutu metode pekerjaan *cover damp sand bag* dan *sheet pile* memiliki kesamaan *output* mutu pekerjaan yang dihasilkan, sedangkan untuk metode pekerjaan *underwater construction* memiliki mutu pekerjaan dibawah kedua metode pekerjaan sebelumnya. Hal ini di karenakan metode pekerjaan *underwater construction* memiliki kelemahan disisi pengawasan pekerjaan yang berada di bawah air.

Berdasarkan analisa metode *Zero-one* untuk kriteria mutu yang ditunjukkan tabel 14 untuk gambaran preferensinya dan tabel 15 untuk penilaian kriterianya, dengan perincian sebagai berikut :

Tabel 14. Preferensi kriteria mutu

Alternatif	Prefeensi	Keterangan
A	$A = B ; A > C$	Alt A dan B sama, Alt A lebih baik dari Alt C
B	$B = A ; B > C$	Alt B dan A sama, Alt A lebih baik dari Alt C
C	$C < A ; C < B$	Alt C kurang dari dari Alt A dan Alt B

Tabel 15. Penilaian *Zero-one* kriteria mutu

Alternatif	A	B	C	Jumlah	Indeks
A	X	0,5	1	1,5	1,5/3
B	0,5	X	1	1,5	1,5/3
C	0	0	X	0	0/3

3.3.4 Penilaian Akhir Dengan Pembobotan

Setelah dilakukan analisa dengan metode *Zero-One* untuk setiap kriteria (preferensi dan penilaian) tahapan selanjutnya adalah penilaian akhir dengan memasukkan nilai indek dari seluruh kriteria kedalam matrik pembobotan sesuai contoh tabel 5. Adapun hasil penilaian akhir adalah sebagai berikut:

Tabel 16. Penilaian Akhir dengan Pembobotan

No	Alternatif	Kriteria				Total Bobot (%)
		I	II	III	IV	
		40	30	20	10	
1	A	1/3 13,33	1/3 10,00	2/3 13,33	1,5/3 5	41,67
2	B	0/3 0	0/3 0	1/3 7	1,5/3 5	11,67
3	C	2/3 26,67	2/3 20,00	0/3 0	0/2 0	46,67

Berdasar hasil penilaian akhir sesuai tabel 16 maka didapat bahwa alternatif C (metode pekerjaan *underwater construction*) merupakan alternatif terbaik sebagai metode pekerjaan perbaikan *trash rack* PLTA Singkarak dengan nilai akhir 46,67%. Alternatif A (metode pekerjaan *cover damp sand bag*) merupakan alternative kedua terbaik dengan penilaian akhir 41,67% dan yang terakhir adalah alternatif B (metode pekerjaan *cover damp sheet pile*) dengan penilaian akhir 11,67%.

3.4 Rencana Kerja Pelaksanaan Perbaikan Trash Rack

Metode kerja terpilih adalah metode kerja *underwater construction* untuk pelaksanaan pekerjaan perbaikan *trash rack* PLTA Singkarak. Rencana kerja yang akan dilaksanakan adalah pembuatan *trash rack*, *Support Beam* (Girder) tetap dilakukan pabrikan di *workshop*, termasuk melakukan penormalan sistem mekanik – hidrolik dan elektrikal *Rack Cleaning Machine*. Hal yang utama dan spesifik adalah cara pemasangan, penyetelan, pengetesan dengan menggunakan metode *under water construction* yaitu pemasangan *support beam* dan seluruh segmen *screen* dilaksanakan dalam kondisi air tetap tidak dikeringkan (*underwater*) di lokasi intake PLTA Singkarak.

Tahapan pelaksanaan pemasangan dengan metode ini adalah sebagai berikut :

a. Pemeriksaan Bawah Air (Observasi Awal).

Pemeriksaan ini dilakukan oleh contractor yakni pemeriksaan secara keseluruhan mulai dari batas permukaan air (*splash zone*) sampai dengan elevasi terdalam (Dasar Pintu Air / lokasi kerja).

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mendapatkan hasil berupa photo dan video kondisi terakhir atas struktur lokasi kerja tersebut antara lain akan tetapi tidak terbatas hanya pada pemeriksaan ;

- Kerusakan Bangunan Pintu Air.
- Kerusakan *Reel* Saringan Intake.
- Kondisi dinding Concrete.

b. Pekerjaan Konstruksi Bawah Air.

Pekerjaan Bawah Air dilakukan oleh Kontraktor Penyelaman/Tim Penyelam yaitu ;

- Pemasangan Gondola (*Launching & Recovery Diver System*)

Pemasangan Gondola (*LARS*) dilakukan untuk mempermudah proses turun dan naiknya penyelam dari permukaan ke daerah lokasi pekerjaan dibawah air sampai dengan batas dasar pintu air.

- Pengukuran dan Pembuatan Mal pada Dinding Beton

Pengukuran dan pemberian tanda permanent pada dinding Beton dilakukan untuk daerah yang akan dibuat lubang atau di bobok dengan ukuran 1 x 1 meter yang akan *Support Beam* pada kedua sisi (kanan & kiri) dinding Beton pintu air.

- Pembobokan Dinding Beton (2 sisi)

Pembobokan Dinding Beton pada kedua sisi pintu air dilakukan dengan pengeboran dan pemecahan *concrete*/dinding beton sesuai dengan batas-batas daerah yang telah di beri tanda permanen dengan ukuran kedalaman pembobokan sisi pertama (1 x 1 x 0.5 m) dan ukuran kedalaman pembobokan sisi kedua (1x1x1m).

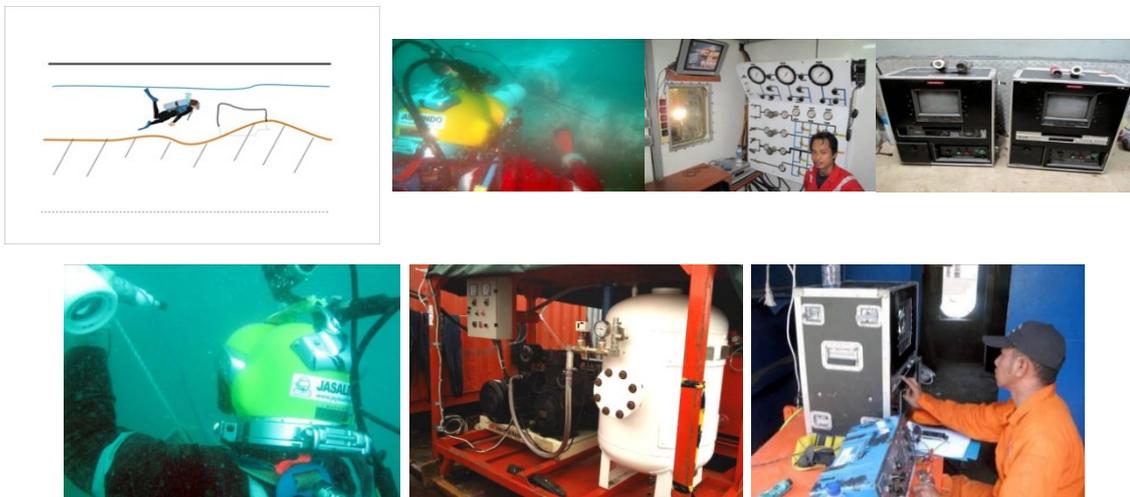
- Pemasangan *Support Beam*

Pemasangan *Support Beam* dilakukan dengan menggunakan *mobile crane*, yang diarahkan oleh penyelam di bawah air.

Salah satu sisi *Support Beam* diarahkan masuk ke salah satu sisi lubang dengan dimensi pembobokan terdalam (1 x 1 x 1 m), selanjutnya ujung sisi suport beam yang lain akan di arahkan ke posisi sisi dinding yang lain, kemudian dilakukan pemasangan *Lifting bag* dan *Chain Block* untuk menggantung *support beam* sebelum *crane*

dilepas. Dilanjutkan dengan menurunkan dan pemasangan 2 *section intake screen* pada bagian ujung sisi kanan dan kiri *support beam* guna menentukan posisi kemiringan dari *support beam* tersebut.

- Pemasangan *Bekasting & Rubberseal* (2 sisi)
Sebelum dilakukan pemasangan *Bekasting & Rubberseal* lubang-lubang yang akan digrouting dibersihkan terlebih dahulu dari sisa-sisa material pembobokan dengan menggunakan angin bertekanan. Pemasangan *Bekasting & Rubberseal* dilakukan dengan menggunakan sistem *dynabolt* pada kedua sisi dinding sebelum dilakukan pengecoran/grouting di kedua sisi dinding guna mencegah tumpahan dari material grouting.
- Pengecoran/*Grouting* Dinding Beton
Pengecoran/*Grouting* dinding beton dilakukan dengan penginjeksian material grouting ke dalam lubang yang telah dipasang *Bekasting dan Rubberseal* hingga material *grouting* menutup penuh di dalam lubang. Penyelam melakukan penyambungan selang dari pompa *grouting* ke saluran pemasukan yang terdapat di bekasting dan selang pembuangan air untuk mengetahui penuh atau tidaknya volume material *grouting*.
- Melepas *Bekasting dan Rubberseal* (2 sisi)
Proses melepas *Bekasting dan Rubberseal* dilakukan setelah material *grouting* dinyatakan kering sesuai dengan syarat-syarat pengujian yang merujuk pada ASTM-C109.
- Pemasangan *Trash Rack*
Pemasangan *trash rack* dilakukan dengan menggunakan *crane* yang di arahkan oleh penyelam di bawah air hingga menuju ke posisi pada tempat kedudukannya, setelah itu diikat dengan dipasang mur/baut sampai semua *section screen* terpasang.
- Pemeriksaan Bawah Air (Survey Akhir)
Pemeriksaan bawah air (survey) dilakukan kembali dengan mengambil gambar baik menggunakan foto – rekaman video sebagai laporan untuk memastikan bahwa semua baut-baut pada *trash rack* sudah terpasang pada posisinya.



Gambar 5. Gambar metode kerja *under water* (Sumber: PLN)

4. Kesimpulan

Kerusakan *trash rack* intake Malalo PLTA Singkarak mengakibatkan terganggunya operasi pembangkitan listrik PLTA Singkarak dan mengakibatkan defisit energi pada sistem pembangkitan Sumatera Bagian Tengah. Untuk melakukan perbaikan *trash rack* ini dilakukan evaluasi terhadap 3 (tiga) alternatif metode pekerjaan: metode pekerjaan *cover damp* dengan *sand bag*, metode pekerjaan *cover damp* dengan *sheet pile* dan metode pekerjaan *underwater construction*. Setelah dilakukan analisa pemilihan metode kerja dengan metode Zero-One dan pembobotan dimana kriteria utama yang dinilai adalah waktu pelaksanaan, potensi kehilangan produksi, biaya dan mutu, maka didapatkan metode pekerjaan *underwater construction* merupakan alternatif terbaik untuk metode pekerjaan dalam pelaksanaan perbaikan *trash rack* PLTA Singkarak. Dengan menggunakan metode pekerjaan *underwater construction* pekerjaan perbaikan *trash rack* tidak mengganggu operasional pembangkit PLTA Singkarak terlalu lama, sehingga factor utama waktu pelaksanaan dan potensi kehilangan produksi akibat *stop* Pembangkit dapat dipenuhi dengan baik dengan tetap memperhatikan mutu pekerjaan dan biaya. Detail rencana pelaksanaan pekerjaan perbaikan dengan metode *underwater construction* diberikan sebagai acuan umum bagaimana proses perbaikan *trash rack* intake Malalo PLTA Singkarak dilaksanakan.

Daftar Pustaka.

- [1] Zarfl, C., Lumsdon, A.E., Berlekamp, J., Tydecks, L., Tockner, K., 2014, “*A global boom in hydropower dam construction,*” *Aquat. Sci.*, 77(1): 161–170.
- [2] Falvey, H.T., dan Weldon, J.H., 2001, “*Case Study: Dillon Dam Trashrack Damage,*” *J. Hydraul. Eng.*, 128(2): 144–150.
- [3] Isawati, I., Hartono, W., Sugiyarto, S., 2017, “*Analisis Value Engineering Dengan Metode Paired Comparison Pada Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Komputer Kampus 3 Universitas,*” *Matriks Tek.*, 5(1): 83–89.
- [4] Listiono, A., 2011, “*perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id,*”.
- [5] Yuni, N.K.S.E., Suardika, N., 2020, “*Pemilihan Alternatif Metode Kerja dengan Menentukan Urutan Prioritas Kriteria Fungsi pada Pekerjaan Struktur,*” *J. Tek. Media Pengemb. Ilmu dan Apl. Tek.*, 18(2): 81.
- [6] Liu, C., Ding, J., dan Guo, Y., 2012 “*Analysis of cofferdam and sand-filling subgrade’s slippage of Binhai Avenue,*” *Adv. Mater. Res.*, 368–373: 2056–2059.
- [7] Hande Gerkus-Harris, M.A., Bosecker, T., 2020, “*Design, Construction, and Monitoring of a Hybrid Cofferdam,*” *Geo-Congress 2020 GSP 318* Downloaded, 318(1975): 189–198.
- [8] Ashis, M., 2015, “*Application of geotextiles in Coastal Protection and Coastal Engineering Works: An overview,*” *Int. Res. J. Environ. Sci. Int. Sci. Congr. Assoc.*, 4(4): 96.
- [9] Xue, R., Bie, S., Guo, L., dan Zhang, P., 2019, “*Stability Analysis for Cofferdams of Pile Wall Frame Structures,*” *KSCE J. Civ. Eng.*, 23(9): 4010–4021.
- [10] Won, D., Jang, I.-S., dan Shin, C., 2016, “*Investigation on Construction Process and Efficiency of Underwater Construction Equipment for Rubble Mound Leveling works,*” *J. Korea Acad. Coop. Soc.*, 17(5): 372–378.
- [11] Plakhin, A., Semenets, I., Kokovikhin, A., dan Dolzhenko, R., “*Improving the quality management of an enterprise in the field of underwater construction,*” *MATEC Web Conf.*, 178.
- [12] Buyanov, v.M., 1967, “*Toward Automated Underwater Construction,*” *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11): 951–952.