

## PERUBAHAN LINGKUNGAN AIR DAN DAMPAKNYA TERHADAP PRODUKSI LISTRIK DI PLTA CIRATA

Yudi Wahyudiana  
Teknik Mesin, Politeknik TEDC  
Email: yudiwahyudiana1988@gmail.com

### Abstrak

Waduk Cirata merupakan waduk yang terletak di Jawa Barat. Manfaat utama dari waduk tersebut adalah sebagai pembangkit listrik untuk wilayah Jawa, Madura, dan Bali (Jamali). Selain untuk pembangkit listrik, waduk Cirata juga dimanfaatkan untuk budidaya perikanan khususnya budidaya ikan menggunakan sistem keramba jaring apung (KJA), irigasi pertanian, dan pengembangan pariwisata. Akan tetapi, seiring dengan perkembangannya aktivitas-aktivitas tersebut telah melampaui daya dukung waduk yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap pemanfaatan waduk dan lebih jauh lagi gangguan terhadap eksistensi waduk itu sendiri yang disebabkan oleh terganggunya pelestarian sumber daya air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dampak perubahan kondisi lingkungan perairan Waduk Cirata terhadap produksi listrik di PLTA Cirata. Dalam penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data produksi listrik selama lima tahun pada periode 2009-2013, data kualitas yang diwakili oleh indeks korosifitas air menggunakan metode *Langlier index saturation* (LSI). Hubungan antara produksi listrik dengan kondisi lingkungan air dianalisis menggunakan metode regresi linear berganda. Kondisi lingkungan air berpengaruh signifikan terhadap produksi listrik dengan tingkat signifikansi sebesar 99,2%, sedangkan sisanya sebesar 0,8% merupakan kontribusi dari variabel lain yang tidak diteliti. Kuantitas air adalah variabel yang memberikan kontribusi paling dominan terhadap produksi listrik di PLTA Cirata dengan kontribusi yang diberikan sebesar 99,20%,

**Kata Kunci:** kondisi lingkungan air, produksi listrik, *langlier index saturation*

### Abstract

*Waduk Cirata is a dam that is located in West Java. The main benefit of the dam is for generating electricity in West Java, Madura and Bali (Jamali). Besides, Waduk Cirata is also used for fishery activities, especially floating system (Keramba Jaring Apung), irrigation and tourism. However, the activities have exceeded the carrying capacities of the dam which can cause negative effects to the dam and moreover they can affect the existence of the dam due to aquatic biodiversity viewed both quality and quantity.*

*The objective of this research was to analyze the effects the changes of Waduk Cirata in the relation to the production of electricity in Hydro Power Plant (PLTA) Waduk Cirata. In this research, two kinds of data were used, i.e primary data: electricity production for five years (2009-2013) and secondary data: water quality represented by water corosivity index determined by Langlier Index Saturation and water quantity represented by average debit per three month for five years (2009-2013). The relationship between electricity production and the condition of water was analyzed by using multiple linier regression method.*

*The relationship between electricity production and water condition showed a mutual relationship at a level of significance of 99,2 %, while the rest was contributed by other variables of 0,8 %. Water quantity is the most dominant variable contributing to the electricity production in Cirata Hydro Power Plant with contribution of 99,2 %,*

**Keywords:** water condition, production of electricity, *langlier index saturation*

### I. PENDAHULUAN

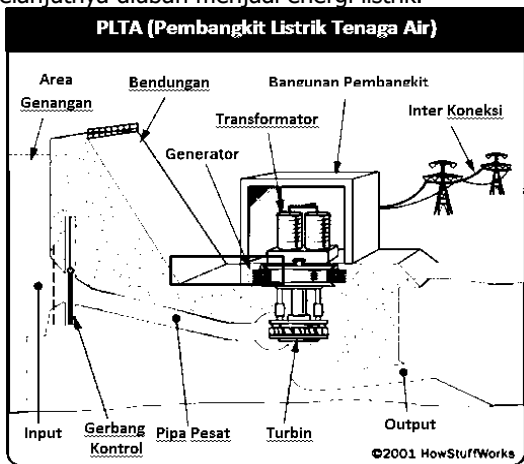
Waduk Cirata memiliki berbagai macam pemanfaatan. Pemanfaatan yang paling potensial adalah pada sektor energi yaitu sebagai pembangkit listrik yang mana sumber utama pembangkitannya tergantung pada kondisi lingkungan air baik kualitas maupun kuantitasnya. Kondisi perairan Waduk Cirata selalu mengalami perubahan dari segi kualitas maupun segi kuantitasnya yang disebabkan oleh berbagai hal. Berbagai Aktivitas yang dapat mempengaruhi kondisi perairan secara umum adalah kegiatan pertanian, perkebunan, dan permukiman (Alabaster dan Lloyd, 1986), sedangkan pada saat ini aktivitas-aktivitas tersebut semakin meningkat intensitasnya terutama di wilayah bagian hulu

DAS Citarum, hal tersebut tentunya akan secara langsung memberikan dampak buruk terhadap kondisi hidrologis waduk Cirata.

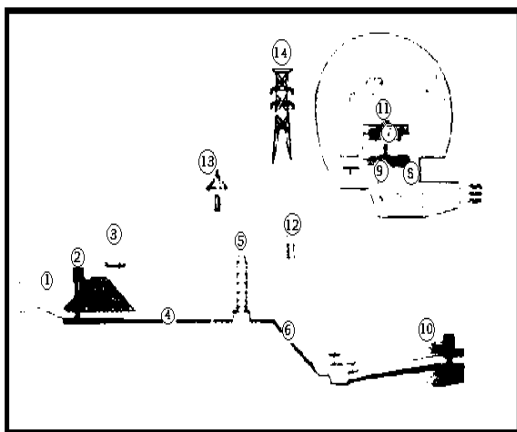
Pengaruh perubahan kondisi lingkungan perairan waduk memberikan pengaruh yang berbeda terhadap parameter-parameter hidrologi di suatu DAS (Li, dkk, 2009). Namun, akan memberikan pengaruh pada kondisi perairan waduk dan semua aktivitas didalamnya termasuk kegiatan produksi listrik. Tidak hanya itu perubahan kualitas dan kuantitas perairan akan memberikan dampak kerugian secara ekonomi bagi perusahaan pembangkit listrik itu sendiri akibat kenaikan biaya pemeliharaan lingkungan, pemeliharaan peralatan hidromekanikal, dan kehilangan kesempatan produksi listrik PLTA.

**II. LANDASAN TEORI**

PLTA adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan air sebagai energi primernya. Gambaran umum PLTA dimuat dalam Gambar 1 dan proses produksi listrik dimuat dalam Gambar 2. Pada dasarnya energi air yang dimanfaatkan tersebut adalah energi potensial, yaitu energi yang berdasarkan pada perbedaan ketinggian. Energi potensial tersebut akan timbul jika air mengalir dari tempat yang tinggi menuju ke tempat yang lebih rendah. Energi aliran air tersebut dapat dimanfaatkan untuk memutar turbin air yang dihubungkan dengan sebuah generator listrik. Putaran generator tersebut selanjutnya diubah menjadi energi listrik.



**Gambar 1.** Potongan PLTA



**Gambar 2.** Proses Produksi PLTA Cirata

Dalam proses produksi energi listrik, PLTA Cirata memanfaatkan air sebagai energi primer dari sungai Citarum yang memiliki debit air cukup besar dan ditampung di waduk (1), kemudian dialirkan melalui pintu air (water intake) (2), sedangkan pengaturan air dilakukan dari pusat pengendalian bendungan (*dam control center*) (3), selanjutnya masuk kedalam terowongan tekan (*headrace tunnel*) (4). Sebelum memasuki pipa pesat (*penstock*) (5), air melewati tangki pendatar (*surge tank*) (6) yang berfungsi sebagai pengaman pipa pesat apabila terjadi tekanan

mendadak atau tekanan kejut saat katup utama (*inlet valve*) (7) ditutup seketika. Setelah katup utama dibuka, air masuk kedalam rumah siput (*spiral case*) (8). Air yang bergerak deras memutar turbin (9), dan keluar melalui pipa lepas (*tail race*) (10), selanjutnya dibuang ke saluran pembuangan. Poros turbin yang berputar tersebut berputar menggerakkan generator (11) sehingga menghasilkan energi listrik dengan tegangan 16,5 kV disalurkan ke trafo utama (*main transformer*) (12), selanjutnya ke gardu induk (GI) (13) dan disalurkan ke sistem interkoneksi Jawa-Madura-Bali 500 kV (14). Faktor utama yang mempengaruhi produksi energi listrik PLTA dalam mencapai kapasitas daya optimal adalah ketersediaan sumberdaya air baik dalam kuantitas maupun kualitas. Kuantitas (debit dan volume) air waduk yang mencukupi setiap saat sangat diperlukan untuk mengoperasikan alat-alat produksi listrik. Kualitas air juga sangat menentukan produksi dari alat-alat produksi energi listrik PLTA. Penurunan kualitas air pada tingkat tertentu akan menyebabkan gangguan-gangguan pada peralatan produksi, sebagai contoh peningkatan korosifitas air akan membuat intensitas perbaikan pada peralatan produksi semakin meningkat sehingga kehilangan kesempatan berproduksi (pada saat pemeliharaan) akan semakin meningkat pula.

Ketersediaan sumberdaya air baik kualitas maupun kuantitas tersebut sangatlah tergantung pada kondisi ekosistem DAS wilayah hulu dan kondisi ekosistem waduk yang berfungsi sebagai penampungan (*reservoir*) air, dimana wilayah hulu merupakan wilayah konservasi produsen atau *supplier* ketersediaan sumberdaya air tersebut.

Terjadinya krisis ketersediaan sumberdaya air baik segi kualitas maupun kuantitas, disebabkan oleh pengelolaan DAS yang tidak tepat. Arsyad (2000), pagiola, dkk (2022), Asdak (2004) dalam Tampubolon (2007) menyatakan bahwa kondisi air merupakan parameter kunci dalam menilai keberhasilan pengelolaan DAS yang dicirikan oleh beberapa faktor yaitu:

1. Kuantitas air. Pada umumnya kuantitas air sangat berkaitan dengan jumlah curah hujan dan kondisi penutup dan tata guna lahan. Semakin tinggi perbandingan antara luas lahan tertutup, vegetasi dengan total luas lahan, maka tingkat ketersediaan air akan semakin besar, demikian sebaliknya. Kondisi ini dapat dilihat pada besarnya air limpasan permukaan dan debit air sungai.
2. Kualitas air. Kondisi kualitas air dalam DAS sangat dipengaruhi oleh penutup lahan, limbah domestik, limbah industri, kegiatan pertanian (pola tanam, pemupukan, dan pestisida). Kualitas air ini dapat dilihat dari kondisi kualitas air limpasan, air sungai, air yang berada pada *reservoir* waduk, dan sumur.

3. Perbandingan debit maksimum dan debit minimum. Kondisi ini mencirikan kemampuan DAS menyimpan air (saat musim hujan) dan mengalirkannya terus menerus (kontinuitas) walaupun musim kemarau dengan fluktuasi debit yang kecil. Kemampuan lahan menyimpan air sangat tergantung pada kondisi dan distribusi penutup lahan serta tanah.

Pengelolaan DAS memerlukan pembiayaan yang sangat besar dan dibutuhkan waktu yang relatif lama. Keterbatasan pemerintah dalam pembiayaan pengelolaan DAS merupakan faktor yang dominan dalam upaya menekan laju degradasi kualitas lingkungan khususnya ketersediaan sumberdaya air baik dalam kualitas maupun kuantitasnya (Tampubolon, 2007).

### III. METODE PENELITIAN

Berdasarkan tujuan penelitian dan kerangka pemikiran yang telah ditetapkan, penulis menentukan desain (metode) penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif, untuk mengetahui adanya hubungan antara perubahan kondisi lingkungan air Waduk Cirata terhadap produksi energi listrik di Waduk Cirata.

Variabel data yang digunakan berupa data kualitas air, kuantitas air, produksi energi listrik pembangkit listrik tenaga air Waduk Cirata, dan. Kualitas air dinyatakan dengan nilai *Langelier Saturation Indeks* (LSI) yang menunjukkan tingkat korosifitas air dengan menganalisis parameter utama dari air yang dijadikan tolak ukur untuk mengetahui nilai LSI. Parameter utama tersebut yaitu pH, TDS, HCO<sub>3</sub>, Ca<sup>2+</sup>, dan temperatur. Kuantitas air mendeskripsikan ketersediaan sumber daya air di waduk dan diwakili oleh debit air. Sementara produksi listrik dideskripsikan sebagai rasio output (jumlah energi yang dihasilkan oleh PLTA) dan input (desain maksimal energi yang dapat dihasilkan oleh PLTA).

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan data lapangan dan dari hasil pengolahan data analisa laboratorium yang dilakukan oleh BPWC terhadap sampel air Waduk Cirata selama lima tahun terakhir. Peneliti memilih lima parameter kimia dan fisika dari air baku yang merupakan parameter utama untuk mengetahui indeks korosifitas. Untuk mengidentifikasi korosifitas air terhadap logam yang dipakai untuk hidromekanik di PLTA cirata, digunakan indeks Langelier.

Konsentrasi total padatan terlarut (TDS), alkalinitas, ion agresif seperti Cl<sup>-</sup> dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, pH dan temperatur merupakan lima parameter utama dari air baku untuk kalkulasi indeks derajat kejenuhan Langelier (LSI). Indeks tersebut digunakan untuk memprediksi kualitas air yang berhubungan dengan kecenderungan bersifat korosif atau pembentukan kerak pada unit pembangkit PLTA Cirata. Untuk menghitung nilai indeks kejenuhan Langelier (LSI) digunakan

*software calculator online Lenntech* ([www.lenntech.com](http://www.lenntech.com)). Semakin negative nilai LSI, mengindikasikan bahwa air semakin bersifat korosif.

Analisis yang dilakukan pada data kuantitas air dilakukan dengan cara menganalisis dinamika perubahan debit air sebagai parameter kuantitas air.

Hubungan kualitas dan kuantitas air dengan produksi listrik, dianalisis dengan metode regresi linear berganda menggunakan *Software IBM SPSS Statistic 19*. Pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain dapat diketahui dengan analisis regresi. Tujuannya untuk mengukur besarnya pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat dan memprediksi variabel terikat dengan variabel bebas. Gujarati (2006) mendefinisikan analisis regresi sebagai kajian terhadap hubungan satu variabel yang disebut sebagai variabel yang diterangkan (*the explained variable*) dengan satu atau dua variabel yang menerangkan (*the explanatory*). Variabel pertama disebut variabel terikat dan variabel kedua disebut variabel bebas. Jika variabel bebas lebih dari satu, maka analisis regresi disebut analisis regresi berganda. Dalam penelitian ingin diketahui kontribusi atau pengaruh variabel X terhadap variabel Y. Persamaan regresi berganda merupakan persamaan regresi dengan jumlah variable dependen (k) ≥ 2. Persamaan dalam bentuk umum dimuat dalam persamaan 1.

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_k X_k + c \dots\dots\dots(1)$$

Untuk mengetahui bentuk pengaruh dari kedua aspek yaitu kualitas dan kuantitas air terhadap produksi listrik di PLTA Cirata, digunakan analisis regresi linear berganda pada kedua aspek tersebut. Persamaan berikut merupakan model yang akan digunakan untuk mengetahui pengaruh kualitas dan kuantitas air terhadap produksi listrik.

Model untuk pengaruh kualitas dan kuantitas air terhadap produksi listrik PLTA, dimuat dalam persamaan.

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + e \dots\dots\dots(2)$$

- dengan :
- b<sub>0</sub>** : nilai konstanta
  - b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, ...** : koefisien regresi (i=1,2,...)
  - Y** : produksi listrik PLTA Cirata
  - X<sub>1</sub>** : kualitas air ( nilai indeks Langelier (LSI) )
  - X<sub>2</sub>** : kuantitas air ( debit air m<sup>3</sup>/det)

Berdasarkan kajian teoritis dan empiris maka di tetapkan hipotesis penelitian sebagai berikut :

1. Kualitas dan kuantitas air berpengaruh signifikan secara simultan terhadap Produksi listrik PLTA

2. Kualitas dan kuantitas air berpengaruh signifikan secara parsial terhadap Produksi listrik PLTA

Kuantitas air berpengaruh dominan terhadap produksi listrik PLTA.

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

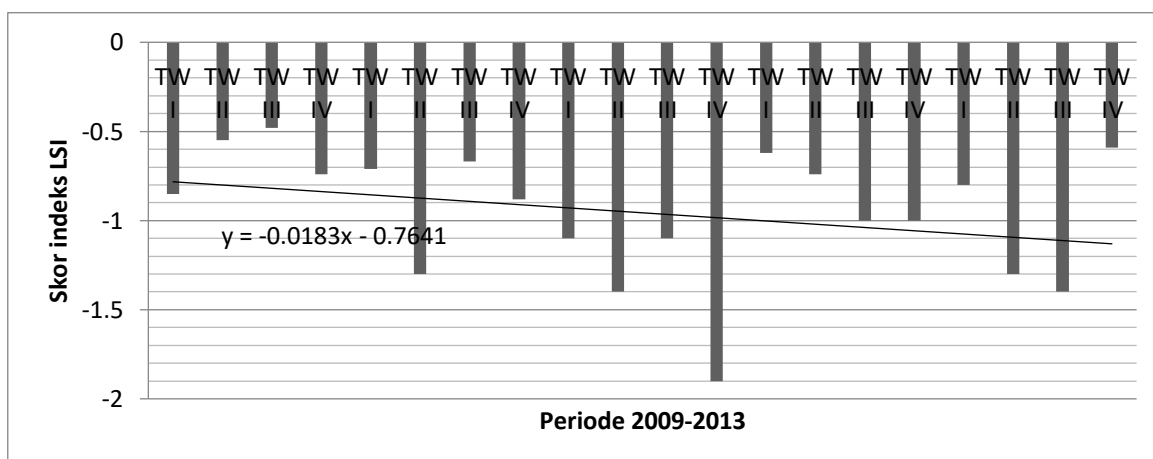
**Trend Kualitas Air Periode 2009-2013**

Variabel kualitas air yang berpengaruh terhadap produksi listrik adalah indeks korosifitas air yang dinyatakan oleh indeks *Langelier* (LSI). Nilai indeks tersebut sangat berpengaruh

terhadap tinggi rendahnya laju korosi pada peralatan hidromekanikal PLTA. Semakin tinggi laju korosi pada peralatan hidromekanikal PLTA, semakin tinggi pula biaya perawatan dan semakin rendah produksi listrik PLTA, demikian pula sebaliknya. Semakin rendah laju korosi, biaya perawatan terhadap peralatan hidromekanikal PLTA semakin rendah dan produksi listrik akan meningkat. Tabel 1 merupakan nilai indeks *Langelier* (LSI) hasil perhitungan.

**Tabel 1.** Indeks Kejenuhan *Langelier* (LSI) Area *Intake* Waduk Cirata Periode 2009-2013

Tahun	Triwulan	Ph	TDS Mg/l	HCO <sup>3</sup> Mg/l	Ca <sup>2+</sup> Mg/l	Temperatur (°C)	<i>Langelier</i> Saturation Indeks (LSI)
2009	I	7,47	87,67	74,80	18,4	27,10	-0,85
	II	7,83	75,00	68,33	16	28,80	-0,55
	III	7,99	75,33	84,02	10,93	28,00	-0,48
	IV	7,62	67,63	90,49	12,54	28,70	-0,74
2010	I	7,63	148,33	88,64	14,13	30,06	-0,71
	II	7,27	106	65,55	11,20	28,76	-1,3
	III	7,83	111,66	60,94	14,66	28,36	-0,67
	IV	7,72	104	62,78	11,47	28	-0,88
2011	I	7,4	107,87	77,75	12	27,7	-1,1
	II	7,42	110,44	38,43	12,03	28,23	-1,4
	III	7,51	103,88	46,97	14,40	28,73	-1,1
	IV	6,63	110,66	64,76	14,40	28,33	-1,9
2012	I	7,72	136,27	75,44	17,08	27,66	-0,62
	II	7,54	129,14	77,96	18,68	29,16	-0,74
	III	7,41	127,53	68,64	14,67	28,60	-1,0
	IV	7,20	135,46	92,57	15,18	29,10	-1,0
2013	I	7,42	111,24	102,48	16,19	28,66	-0,80
	II	6,82	119	87,27	21,21	29,93	-1,3
	III	7,05	104,58	46,36	22,21	29,10	-1,4
	IV	7,32	115,33	94,18	35,20	29,20	-0,59



**Gambar 3.** Grafik *Trend* Tingkat Korosifitas Air di Area *Intake* Waduk Cirata Periode 2009-2013

Pada Gambar 3 terlihat bahwa nilai LSI air di area intake dari periode 2009-2010 adalah negatif (< 0), yang menunjukkan bahwa air untuk Pembangkit PLTA (intake) kecenderungan merusak logam (korosif). Hal ini mengindikasikan air di wilayah tersebut memberikan kontribusi terhadap percepatan korosi pada peralatan hidromekanik. Selama lima tahun terakhir tersebut nilai Indeks LSI terendah (korosifitas tinggi) terjadi pada tahun 2011 triwulan IV dengan nilai indeks sebesar -1,9. Bila diasumsikan perubahan nilai indeks LSI berdasarkan persamaan  $trendline$  nilai LSI  $y$  (nilai LSI) =  $0,183 X_{(tahun)} - 0,7641$ , maka proyeksi peningkatan nilai indeks LSI lima tahun berikutnya (tahun 2018) sebesar -1,484.

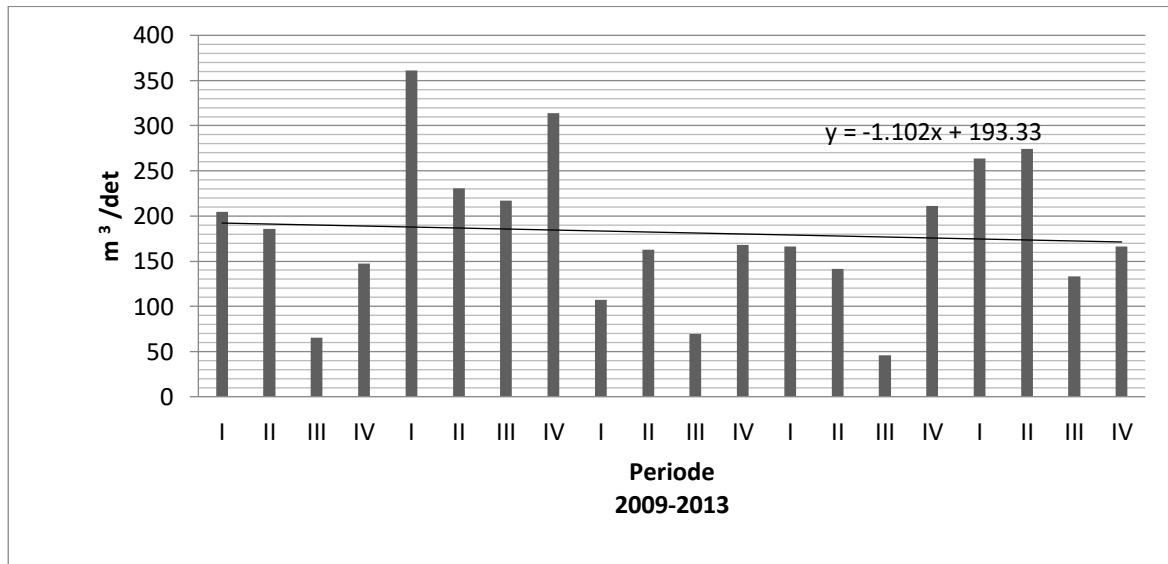
Besar kecilnya nilai dari indeks LSI dipengaruhi oleh beberapa parameter kimia dan fisika air, parameter tersebut adalah pH, temperatur,  $HCO_3$ , TDS, dan  $Ca^{2+}$ . Karena kelima parameter tersebut merupakan parameter utama untuk mengetahui skor indeks korosifitas air.

**Trend Kuantitas Air Periode 2009-2013**

Berdasarkan data hasil pemantauan aliran air yang masuk ke waduk Cirata dari outflow saguling

dan berbagai aliran sungai, seperti sungai Cikundul, Cisokan, Cibalagung, dan Cimeta yang dilakukan oleh Badan Pengelola Waduk Cirata (BPWC), diperoleh data debit rata-rata per triwulan selama lima tahun periode 2009-2013.

Berdasarkan Gambar 4.9, dapat dijelaskan bahwa debit rata-rata per triwulan yang masuk ke Waduk Cirata sangat fluktuatif. Dari Gambar 4 terlihat bahwa kondisi debit air yang tinggi terjadi sepanjang tahun 2010 dimana rata rata pertriwulannya mencapai 280,705 m<sup>3</sup>/det, jumlah ini jauh lebih tinggi dibandingkan tahun sebelum dan sesudahnya. Hal tersebut diperkirakan terjadi karena jumlah curah hujan yang terjadi disekitar waduk cirata ditahun tersebut memang cukup tinggi. Tetapi, Garis trend ( $trendline$ ) pada Gambar 4.9 menunjukkan bahwa kecenderungan ( $trend$ ) debit rata-rata yang masuk ke Waduk Cirata cenderung menurun dari tahun ke tahunnya. Proyeksi penurunan per tahunnya sebesar  $y_{(debit)} = -1,102x_{(tahun)} + 193,3$ . Jika kondisi ini terus berlanjut, bukan tidak mungkin untuk 45 tahun kedepan waduk Cirata akan kehilangan sumber daya air nya dari segi kuantitas.



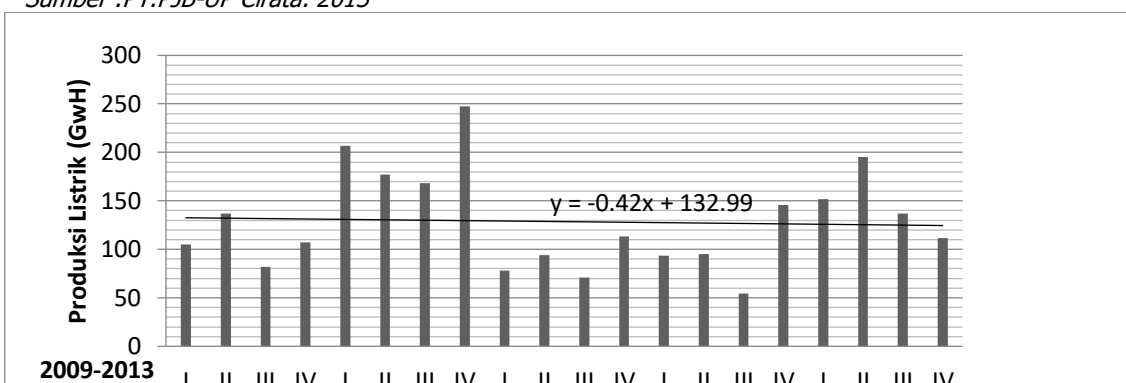
**Gambar 4.** Trend Debit Rata-rata per Triwulan Waduk Cirata Periode 2009-2013

**Trend Produksi Listrik Periode 2009-2013**

**Tabel 2.** Data Produksi per Triwulan PLTA Cirata Periode 2009-2013

Produksi Per Triwulan PLATA Cirata (GwH) 2009-20103					
Tahun					
Triwulan	2009	2010	2011	2012	2013
I	105,01	206,89	77,86	93,22	151,90
II	136,85	177,33	94,12	94,88	195,40
III	81,72	168,49	70,72	54,41	137,09
IV	107,00	247,63	113,33	145,84	111,88

Sumber :PT.PJB-UP Cirata. 2013



**Gambar 5.** Trend Produksi Listrik Periode 2009-2013.

Pada grafik *Trend* produksi listrik diatas menunjukkan bahwa produksi listrik dari tahun 2009-2013 berfluktuatif. Sementara itu produksi listrik tertinggi terjadi pada tahun 2010 dengan rata-rata produksi per bulan mencapai 200,8 Gwh. Hal tersebut disebabkan oleh kuantitas air di waduk Cirata tahun 2010 sangat melimpah, karena sepanjang tahun 2010 curah hujan disekitar waduk Cirata dan hulu sungai-sungai yang menjadi input air ke waduk Cirata sangat tinggi. Meskipun berfluktuatif, *trendline* yang terdapat pada Gambar 5 menunjukkan kecenderungan (*trend*) yang menurun tiap tahunnya sebesar  $y = -0,42x + 132,9$ .

**Pengaruh Kualitas dan Kuantitas Air terhadap Produktivitas Listrik**

Penurunan status lingkungan dari status baik ke status buruk sangat berdampak pada perubahan kualitas dan kuantitas air. Penurunan kualitas dan kuantitas air ini, khususnya di area

yang dipergunakan untuk kegiatan produksi listrik disebabkan oleh manajemen pengelolaan air yang kurang baik. Kualitas dan kuantitas air yang kurang baik tersebut berdampak pada produktivitas listrik karena kualitas dan kuantitas air berpengaruh terhadap peralatan produksi dan operasional produksi di PLTA.

Pengaruh kualitas dan kuantitas terhadap produktivitas listrik dianalisis dengan menggunakan metode regresi linear berganda. Parameter kualitas air diwakili oleh total nilai indeks Langelier (LSI), nilai ini menunjukkan tingkat korosifitas air yang berpengaruh terhadap hidromekanikal PLTA, sedangkan parameter kuantitas air diwakili oleh debit yang masuk ke *Intake* turbin.

Data produksi listrik, kualitas air, dan kuantitas listrik yang akan dianalisis dengan metode regresi linear berganda disajikan pada Table 3.

**Tabel 3.** Data Input Analisis Regresi Linear Berganda

Tahun	Triwulan	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y
2009	I	-0,85	153,03	105,01
	II	-0,55	184,86	136,85
	III	-0,48	113,73	81,72
	IV	-0,74	157,63	107,00

<b>2010</b>	I	-0,71	290,39	206,89
	II	-1,3	238,45	177,33
	III	-0,67	229,54	168,49
	IV	-0,88	352,25	247,63
<b>2011</b>	I	-1,1	117,25	77,86
	II	-1,4	130,34	94,12
	III	-1,1	101,14	70,72
	IV	-1,9	167,83	113,33
<b>2012</b>	I	-0,62	133,79	93,22
	II	-0,74	132,67	94,88
	III	-1,0	76,74	54,41
	IV	-1,0	213,38	145,84
<b>2013</b>	I	-0,80	219,18	151,90
	II	-1,3	263,51	195,40
	III	-1,4	187,75	137,09
	IV	-0,59	165,91	111,88

Y = Produksi Listrik, X<sub>1</sub> = Kualitas Air (Indeks Kejenuhan Langelier), X<sub>2</sub> = Kuantitas Air (Debit rata-rata)

hasil produksi akan menurun sebesar 0,648 Gwh.

- c. Nilai variabel kuantitas air (X<sub>2</sub>) memiliki nilai koefisien regresi sebesar 0,727, artinya ketika kuantitas air meningkat sebesar 1 m<sup>3</sup>/det sementara kualitas air konstan, maka hasil produksi akan meningkat sebesar 0,727 Gwh.

**Persamaan Regresi Linier Berganda**

Analisis regresi linier berganda dimaksudkan untuk meramalkan bagaimana keadaan variabel dependen, bila dua variabel bebas atau lebih sebagai prediktor dinaikan atau diturunkan. Dari pengolahan data yang telah dilakukan, diperoleh hasil seperti yang dimuat dalam Tabel 4.

**Tabel 4.** Persamaan Regresi Linier Berganda

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-3,912	4,153		-,942	,359
	Kualitas	-,648	2,992	-,005	-,217	,831
	Kuantitas	,727	,016	,996	46,497	,000

a. Dependent Variable: Hasil Produksi

Dari Tabel 4. diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$Y = -3,912 - 0,648X_1 + 0,727X_2$$

Dari hasil persamaan regresi linier berganda tersebut masing-masing variabel dapat diinterpretasikan sebagai berikut:

- a. Jika nilai X<sub>1</sub> (Kualitas air) dan X<sub>2</sub> (Kuantitas air) = 0, maka diperoleh Y = -3,912. Meskipun demikian, nilai konstanta yang negatif tidak akan menjadi masalah selama X<sub>1</sub> dan X<sub>2</sub> tidak mungkin sama dengan 0. Pada umumnya nilai konstanta yang negatif bukan menjadi alasan untuk menyimpulkan bahwa persamaannya salah (Rietveld dan Sunaryanto, 1994).
- b. Nilai variabel kualitasair(X<sub>1</sub>) yang di wakili oleh indeks korosifitas air (LSI) memiliki nilai koefisien regresi sebesar -0,648 artinya ketika sifat korosifitas air meningkat sebesar satu, sementara kuantitas air konstan, maka

**Analisis Koefisien Determinasi**

Analisis koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) digunakan untuk melihat berapa besar pengaruh dari variabel independen terhadap variabel dependen dalam bentuk persentase. Analisis koefisien determinasi yang disajikan dalam penelitian ini terdiri dari analisis koefisien determinasi simultan dan analisis koefisien determinasi parsial. Dengan menggunakan SPSS, diperoleh koefisien determinasi seperti pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Koefisien Determinasi Simultan

Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	RSquare	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,996 <sup>a</sup>	,992	,991	4,71495

a. Predictors: (Constant), Kuantitas, Kualitas

b. Dependent Variable: Hasil Produksi

Berdasarkan Tabel 5, diperoleh informasi bahwa nilai koefisien korelasi atau (R) yang diperoleh sebesar 0,996. Dengan demikian nilai koefisien determinasi adalah 0,992 x 100% = 99,2 %.

Berdasarkan hasil perhitungan di atas terlihat bahwa nilai koefisien determinasi simultan yang diperoleh antara kualitas dan kuantitas air terhadap hasil produksi sebesar 99,2%, sedangkan sisanya sebesar 0,8% merupakan kontribusi dari variabel lain yang tidak diteliti. Sedangkan untuk melihat besarnya kontribusi pengaruh yang diberikan oleh masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat dapat

dilihat dengan cara mengalikan nilai beta dengan nilai *zero order* pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Koefisien Determinasi Parsial

		Coefficients <sup>a</sup>	
Model		Standardized Coefficients	Correlations
		Beta	Zero-order
1	Kualitas	-,005	-,011
	Kuantitas	,996	,996

a. Dependent Variable: Hasil Produksi

Berdasarkan output di atas dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Pengaruh  $X_1$  terhadap  $Y = (-0,005) \times (-0,011) = 0,0001$  atau 0,01%

Pengaruh  $X_2$  terhadap  $Y = 0,996 \times 0,996 = 0,9920$  atau 99,20%

Dari hasil perhitungan di atas, didapat bahwa dari kedua variabel bebas yang diuji, kuantitas air ( $X_2$ ) memberikan kontribusi yang paling dominan terhadap hasil produksi ( $Y$ ) dengan kontribusi yang diberikan sebesar 99,20%, sedangkan 0,01% lainnya diberikan oleh kualitas air ( $X_1$ ).

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh kondisi lingkungan air terhadap produktivitas listrik, dapat diambil simpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh kondisi lingkungan air, baik kualitas maupun kuantitas berpengaruh signifikan terhadap produktivitas listrik sebesar 99,2%, sedangkan sisanya sebesar 0,8% merupakan kontribusi dari variabel lain yang tidak diteliti. Setiap peningkatan satu indeks korosifitas air ( $X_1$ ) akan menurunkan 0,648 Gwh produksi listrik ( $Y$ ), dan setiap peningkatan satu  $m^3/det$  debit air ( $X_2$ ) akan meningkatkan 0,727 Gwh produksi listrik ( $Y$ ).
2. Kuantitas air adalah variabel yang memberikan kontribusi paling dominan terhadap produktivitas listrik di PLTA Cirata dengan kontribusi yang diberikan sebesar 99,20%, sedangkan 0,01% lainnya dipengaruhi oleh kualitas air. Meskipun kualitas air sangat kecil pengaruhnya terhadap produktivitas listrik, namun kualitas air memberikan pengaruh secara tidak langsung terhadap jumlah perbaikan pada hidromekanikal listrik, hal tersebut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap produktivitas listrik di PLTA Cirata.
3. Perubahan karakteristik lingkungan air menimbulkan kerugian secara ekonomi bagi PLTA Cirata sebagai pengguna air dengan

marginal biaya sebesar Rp. 7.237.973.512,00 per tahun dengan rincian Rp. 451.605.000,00 biaya kehilangan produksi per tahun dengan rata-rata kehilangan produksi sebesar 595.000 KWh per tahun per unit pembangkit dan Rp. 6.786.368.512,00 untuk biaya pemeliharaan unit pembangkit per tahun.

### Saran

1. Mengingat besarnya kerugian ekonomi yang diterima oleh pengguna air dalam hal ini PLTA Cirata sebagai akibat perubahan karakteristik lingkungan air baik yang berada di area genangan waduk maupun di sepanjang daerah aliran sungai-sungai yang mengalir ke waduk Cirata, upaya-upaya konservasi ekosistem wilayah hulu, daerah sepanjang aliran sungai dan area genangan perlu ditingkatkan dengan melibatkan semua *stakeholder* (pemerintah, masyarakat, PLTA, PDAM dan industri) yang mempunyai kepentingan terhadap penggunaan air tersebut.
2. Untuk tujuan upaya-upaya peningkatan tersebut diperlukan penelitian lanjutan tentang karakteristik perubahan penutup lahan wilayah hulu dan daerah sepanjang aliran sungai-sungai yang mengalir ke waduk Cirata sehingga faktor yang mempengaruhi perubahan kondisi lingkungan air dapat diketahui secara holistik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adrionita. 2011. *Analisis Debit Sungai dengan Model SWAT pada berbagai penggunaan lahan di DAS Citarum Hulu Jawa Barat*. Thesis. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Alabaster, J . S., and Lloyd, R. 1980. *Water Quality Criteria for Freshwater Fish*. Butterworths, London.
- Asdak, Chay. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Asteriyadi, dan Adikesuma, T. (2007). *Perencanaan Teknis Awal PLTA –Mini ( Studi Kasus Sungai Mongango Dengan Data Debit Sintetis Pada Lokasi Desa Buata Kecamatan Atinggola Kabupaten Gorontalo, Propinsi Gorontalo)*. Institut Teknologi Bandung,
- Badan Pengelolaan Waduk Cirata (BPWC). 2012. *Master Plan Pengelolaan Waduk Cirata*.
- Brahmana. Moelyo, M. Rahayu, S. 1993. *"Eutrofikasi Waduk Saguling"*. Puslitbang Pengairan. Bandung.
- D.W. Connel, and G.J. Miller. 1984. *Chemistry and Ecotoxicology of Pollution*. penerjemah. Yanti Koestoer. *Kimia dan Ekotoksikologi*

- Pencemaran. 1995. Universitas Indonesia Perss. Jakarta.
- Dandekar, M.M. dan Sharma, K.N. 1991. *Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Universitas Indonesia (UI-Press). Jakarta.
- E. W. J. van Hunnik and E. L. J. A. Hendriksen. 1996. *The formation of protective FeCO<sub>3</sub> corrosion product layers. Corrosion/96, Paper no. 6. NACE International. Houston, Texas.*
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius, Yogyakarta.
- Gujarati, D. 2003. *Ekonometrika Terapan. Alih bahasa oleh Sumarno Zain. Erlangga. Jakarta.*
- Harvey, A. 2006. *Micro Hidro Design Manual A Guide to Small-Scale Water Power Schemes*, Intermediate Technologies Publications. Warwickshire.
- Hasbullah. 2009. *Konversi Energi Air*. UPI Press. Bandung.
- Hasibuan, A. S. 2005. *Pengembangan Kebijakan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Bagian Hulu Untuk Efektivitas Waduk :Studi Kasus DAS Citarum Hulu Terhadap Efektivitas Waduk Saguling di Provinsi Jawa Barat.* (Disertasi). Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Heria Budi Handayani. 2009. *Analisis Dampak Kualitas Air Terhadap Produktivitas Keramba Jaring Apung di Waduk Cirata.* (Tesis) Bandung : Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran Bandung.
- Kenchington, R.A. and Huson. B.E.T. 1984. *Coral Reef Management Handbook*. Unesco Regional Officer for Science and Technology for South-East Asia. Jakarta.
- Li, Z. Liu, W. Zhang, X. Zheng, F. 2009. *Impacts of Land Use Change and Climate Variability on Hidrology in an Agricultural Catchment on the Loess Plateau of China.* Journal of Hydrology 377: 35-42.
- Kermani, M.B and Smith, L.M. 1997. *CO<sub>2</sub> Corrosion control in oil and gas production*. The Institutes of Materials. London.
- Machbub, B. Fulazzaky, M.A. Brahmana, S. Dan Yusuf, I.A. 2003. *"Eutrophication of Lakes and Reservoir and Its Restoration in Indonesia"*. Jurnal Litbang Pengairan 17:50.
- P. Lehmusluoto, dkk. 1995. *National Inventory of The Major Lakes and Reservoirs in Indonesia*. General Limnology. Painatuskeskus Oy, Helsinki. 1-69
- Patty, O. F. (1995). *Tenaga Air*. Erlangga. Jakarta.
- Peraturan Daerah Jawa Barat No. 39 Tahun 2000 Tentang Peruntukan Air dan Baku Mutu Air Pada Sungai Citarum dan Anak-Anak sungainya di Jawa Barat.
- Peraturan Pemerintah Nomor 37 tahun 2010 tentang Bendungan.
- PT. PLN. 2013. *Target PLN Bangun Pembangkit Listrik 13 Ribu MW dari Energi Terbarukan*. Jakarta.
- Rietveld, Piet dan Lasmono Tri Sunaryanto. 1994. *87 Masalah Pokok dalam Regeresi Berganda*. Andi Offset.Yogyakarta.
- Straskraba,M. and Tundisi, J.G. 1999. *Guidelines of Lake Management Volume 9: Lake Environment Committee Foundation. Shiga, Japan.*
- Sukimin, S. 2004. *Pengelolaan Waduk Kaskade Sungai Citarum: Tinjauan Aspek Ekologi Perairan. Seminar Pengelolaan Waduk dan Danau, 13 Oktober 2004. Bandung.*
- Supardi, R. 1987. *Korosi*. Tarsito, Bandung.
- Tampubolon, R. 2007. *Pengaruh Kualitas Lingkungan terhadap Biaya Eksternalitas Pengguna Air Citarum.* (Disertasi). Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Undang Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air.