

# **BENEFIT-COST RATIO ANALYSIS DALAM PEMILIHAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK (STUDI KASUS IPAL KALI KRUKUT)**

---

## ***BENEFIT-COST ANALYSIS IN DETERMINING TECHNOLOGICAL SELECTION FOR WASTEWATER TREATMENT PLANT (STUDY CASE IPAL KALI KRUKUT)***

**Arieza Akbary Trieputra<sup>1</sup> dan Idris Maxdoni Kamil<sup>2</sup>**

Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

<sup>1</sup>arieza.akbary@students.itb.ac.id dan <sup>2</sup>maxdoni@ftsl.itb.ac.id

**Abstrak:** Dengan layanan yang masih di bawah 5%, PD PAL JAYA terus melakukan perluasan layanan dengan memperhatikan beberapa faktor untuk mencapai keberlanjutan sistem. Konstruksi IPAL Kali Krukut menjadi bagian dari perluasan layanan tersebut. IPAL Kali Krukut direncanakan mampu mengolah debit 100 L/detik, dengan ketersediaan lahan  $\pm 334,268 \text{ m}^2$ . Pemilihan teknologi yang tepat untuk mengatasi ketersediaan lahan perlu dilakukan, dengan juga mempertimbangkan faktor finansial yang memungkinkan operasi IPAL dapat berlanjut. Penelitian dilakukan dengan tujuan menguji faktor finansial sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi keberlanjutan sistem pengelolaan air limbah. Penelitian dilakukan dengan pengumpulan data sekunder yang berhubungan dengan faktor finansial proyek IPAL Kali Krukut, terutama *capital cost*, *running (operational and maintenance) cost* dan *benefit*, lalu hasil tersebut dianalisis dengan *benefit-cost ratio analysis* yang membandingkan antara biaya yang dikeluarkan dan pemasukan yang didapat dari suatu sistem secara mandiri. Pada penelitian ini, alternatif yang dibandingkan adalah *Membrane Bio Reactor* (MBR) dan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Hasil analisis yang menunjukkan nilai  $<1$  pada alternatif MBR dan nilai  $>1$  pada alternatif MBBR menunjukkan bahwa dengan *benefit* yang didapat dari penjualan *recycled water*, alternatif MBR belum mampu menutup pengeluarannya pada waktu yang ditentukan, sedangkan alternatif MBBR mampu memenuhi pengeluarannya dan memperoleh keuntungan. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan memperoleh keuntungan, maka alternatif MBBR dapat dikategorikan sebagai alternatif yang *sustainable* berdasarkan faktor finansial. Berdasarkan hasil tersebut maka alternatif teknologi MBBR direkomendasikan untuk diterapkan.

**Kata kunci:** *Benefit-cost Ratio Analysis*, IPAL, Krukut, MBR, MBBR

**Abstract:** With service area less than 5%, PD PAL JAYA is encouraging a service expansion while also prioritizing its service system sustainability. The construction of Kali Krukut WWTP is a part of service expansion conducted. Kali Krukut WWTP is designed to treat 100 L/s of wastewater flow, with land availability of  $\pm 334,268 \text{ m}^2$ . An accurate technological selection is necessary to tackle land availability problem, yet consideration of financial factors to sustain operation sustainability is also a necessity. This research is conducted to test financial factors as a factor of WWTPs sustainability. Research is conducted by collecting data related with financial factors of Kali Krukut WWTP project, especially *capital cost*, *running (operational and maintenance) cost*, and *benefit*. These data are then analyzed using *benefit-cost ratio analysis* method which compares costs expended and benefits gained from a system. In this research, comparison is conducted between *Membrane Bio Reactor* (MBR) and *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) system. Tests conducted result in  $<1$  score for MBR system, and  $>1$  score for MBBR system. Test result suggests that *benefit* gained in the system using MBR alternative can't cover expenditures in the designated analysis period, and also suggests that utilization of MBBR alternative can gain profits in the designated analysis period. As MBBR alternative can cover its own expenditures, then it can sustain its own operation. Due to its ability to sustain its own operation, MBBR system implementation is recommended.

**Key words:** *Benefit-cost Ratio Analysis*, WWTP, Krukut, MBR, MBBR

## PENDAHULUAN

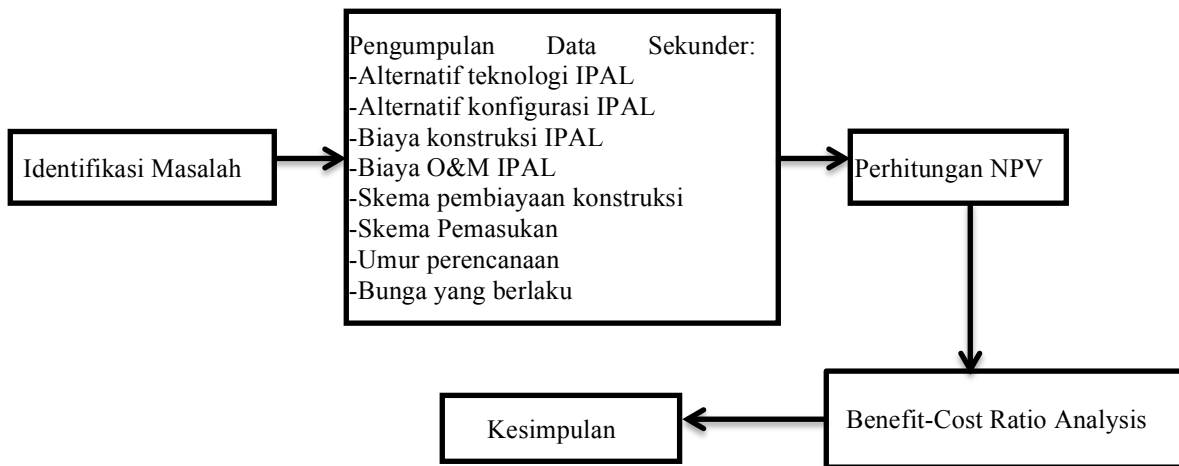
PDPAL Jaya merupakan Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) yang bertanggung jawab dalam pelaksanaan pengolahan air limbah domestik di Provinsi DKI Jakarta. PD PAL Jaya melayani pengolahan Limbah dengan sistem terpusat, komunal, maupun setempat. Dengan layanan yang saat ini masih di bawah 5% [Ratnanigsih, dkk., 2012], PD PAL JAYA terus melakukan perluasan layanan. Dalam perluasan layanan tersebut, perlu disusun strategi pengembangan yang memperhatikan beberapa faktor untuk mencapai keberlanjutan sistem. Beberapa dari faktor tersebut adalah faktor finansial, dan pemilihan teknologi [Ratnanigsih, dkk., 2012].

Sebagai bagian dari perluasan layanan, kini PDPAL telah mengembangkan layanan ke kawasan SCBD dan Senayan. Air limbah dari kedua kawasan tersebut dialirkan menuju Rumah Pompa Krukut untuk dipompakan menuju IPAL Waduk Setiabudi. Pengaliran ini menyebabkan peningkatan beban pengolahan IPAL Waduk Setiabudi. Sebagai langkah untuk mengurangi beban pengolahan pada IPAL Setiabudi, maka Rumah Pompa Krukut harus dikembangkan menjadi IPAL yang terpisah dari IPAL Waduk Setiabudi. Pengurangan beban yang ditargetkan berupa pengurangan debit sebesar 100 L/detik. Dalam pengembangan Rumah Pompa Krukut menjadi IPAL Kali Krukut, terdapat beberapa permasalahan yang harus dihadapi, diantaranya keterbatasan lahan (hanya tersedia  $\pm 334,268 \text{ m}^2$ ), dan debit yang dapat diolah dengan keterbatasan lahan tersebut, Pemilihan teknologi dan konfigurasi yang dapat mengatasi tersebut harus dilakukan dengan tepat, dengan mempertimbangkan faktor finansial untuk memastikan operasional IPAL dapat terus berjalan.

Penelitian dilakukan dengan tujuan menguji faktor finansial sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi keberlanjutan sistem pengelolaan air limbah. Pengujian dilakukan dengan melakukan *benefit-cost ratio analysis* yang membandingkan antara biaya yang dikeluarkan dan pemasukan yang didapat dari suatu instalasi pengolahan secara mandiri. Pada penelitian ini, alternatif yang dibandingkan adalah *Membrane Bio Reactor* (MBR) dan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR).

## METODOLOGI

Penelitian ini diawali dengan tahap identifikasi masalah melalui studi pusaka dari berbagai literatur, jurnal, dan laporan-laporan penelitian terkait, maupun melalui informasi-informasi yang sudah ada. Penelitian lalu dilanjutkan dengan pengumpulan data sekunder berupa alternatif teknologi, biaya konstruksi, biaya operasional dan perawatan (O&M) dan skema pembiayaan IPAL. Data mengenai biaya dan skema pembiayaan lalu dianalisis dengan *benefit-cost ratio analysis* dalam *nett present value* (NPV) dan ditarik kesimpulan dari hasil analisis tersebut. Adapun dalam penelitian ini, digunakan tahap-tahap seperti diagram alir pada **Gambar 1** berikut ini.



**Gambar 1.** Diagram alir metode penelitian

### **Pengumpulan Data Sekunder**

Pengumpulan data sekunder yang dilakukan berupa data mengenai alternatif konfigurasi dan teknologi IPAL yang diajukan, biaya konstruksi setiap alternatif IPAL, biaya operasional dan perawatan setiap alternatif IPAL, skema pembiayaan konstruksi IPAL, skema pemasukan, umur perencanaan, serta bunga yang berlaku pada setiap biaya dan pemasukan. Data-data tersebut diperlukan untuk mengetahui besarnya total biaya, pemasukan, serta pengaruh perubahan nilai uang pada biaya dan pemasukan.

### ***Benefit-Cost Ratio Analysis***

*Benefit-cost ratio analysis* merupakan metode untuk membandingkan manfaat (*benefit*) dan dana yang dibutuhkan (*cost*). Metode ini dapat digunakan untuk menentukan keputusan dalam memilih beberapa alternatif, termasuk perlu layak atau tidaknya memilih investasi yang lebih besar dengan pemasukan lebih besar (analisis *incremental*). Metode ini juga dapat diterapkan pada proyek dengan jangka waktu akhir yang tidak ditentukan, serta memiliki kemampuan analisis *incremental* yang baik. Faktor-faktor dalam metode analisis ini menjadikan *benefit-cost ratio analysis* sering digunakan pada analisis untuk pemilihan opsi di bidang infrastruktur.

Pada nilai bunga yang sesuai, suatu alternatif dianggap memiliki keuntungan bila nilai penerimaan (*benefit*) lebih besar dari nilai pengeluarannya (*cost*).

$$P \text{ benefit} - P \text{ cost} \geq 0 \quad (\text{i})$$

Kondisi ini dapat pula dijabarkan dalam bentuk *ratio*.

$$\text{Benefit} - \text{cost Ratio} = \frac{P \text{ benefit}}{P \text{ cost}} \geq 1 \quad (\text{ii})$$

Perbedaan nilai *benefit-cost ratio* dapat menjadi metode untuk membandingkan beberapa alternatif dengan petunjuk perbandingan pada **Tabel 1** berikut.

**Tabel 1.** Kriteria pemilihan alternatif berdasarkan situasi pada *Benefit-Cost Ratio Analysis* [Newnan, dkk., 2004]

Situasi	Deskripsi	Kriteria
Input tetap	Nilai input/benefit sama pada seluruh alternatif	Maksimalkan nilai B/C (pilih nilai output terkecil)
Output tetap	Nilai output/cost sama pada seluruh alternatif	Maksimalkan nilai B/C (pilih nilai input terbesar)
Input dan Output tidak tetap	Seluruh alternatif memiliki nilai input dan output yang berbeda	Lakukan perhitungan $\Delta B/\Delta C$ ; bila nilai $\geq 1$ pilih opsi dengan nilai output terbesar. Pada $\Delta B/\Delta C < 1$ pilih opsi dengan nilai output lebih kecil.

Nilai dapat berubah seiring dengan waktu akibat pengaruh inflasi. Perubahan ini akan mengakibatkan ketidak-akuratan analisis pendanaan yang dilakukan. Untuk mengatasi permasalahan ini, pada analisis *Benefit-Cost Ratio* digunakan *Nett Present Value*, yaitu nilai uang pada saat proyek dimulai. Perhitungan ini dapat berubah bergantung pada transaksi yang terjadi, yaitu transaksi yang bersifat annual (terjadi pada setiap jangka waktu tertentu, umumnya tahun/periode nilai bunga). Nilai NPV untuk setiap transaksi dan transaksi annual dihitung dengan rumus:

$$NPV = F(1 + i)^{-n} \quad (\text{iii})$$

$$NPV = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (\text{iv})$$

*NPV* pada rumus berarti nilai pada saat ini. *F* adalah nilai transaksi di masa mendatang. *A* adalah nilai transaksi annual yang terjadi pada setiap periode pembungaan. *i* merupakan nilai bunga efektif pada perhitungan dalam desimal. *n* adalah jangka waktu periode pembungaan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Skema Pendanaan, Bunga yang Berlaku, dan Manfaat

Skema pendanaan yang digunakan pada pendanaan proyek pembangunan IPAL Kali Krukut adalah "*Matching-grant*" yang berarti proyek dibiayai 50% oleh pemerintah pusat, dan 50% dibiayai oleh pemerintah daerah [JICA, 2013]. Sedangkan operasional dari IPAL Kali Krukut menjadi tanggungan pengelola IPAL, yaitu PD PAL JAYA [JICA, 2013]. Dikarenakan dana yang berasal dari pemerintah, maka suku bunga yang berlaku adalah suku bunga Bank Indonesia sebesar 6,5% [Bank Indonesia, 2013].

*Benefit* (manfaat) yang dihitung pada penelitian merupakan manfaat yang berasal dari IPAL secara mandiri, yaitu dari hasil penjualan *recycled water* yang diproduksi IPAL. Nilai

manfaat yang diasumsikan adalah Rp 10.000,00 dengan 60% produksi terjual [JICA,2012]. Hasil perhitungan manfaat tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut ini.

**Tabel 2** Rincian perhitungan manfaat

Harga Jual	Rp 10.000,00 [JICA, 2012]
Volume Jual Bulanan*	155.520 m <sup>3</sup>
Penjualan Bulanan	Rp 1.555.200.000,00
Penjualan Tahunan	Rp 18.662.400.000,00

\*Volume jual bulanan = 60% x volume terolah harian x 30 hari/bulan

### **Mebrane Bio Reactor**

MBR merupakan instalasi pengolahan yang terdiri dari reaktor dengan biomassa yang tersuspensi namun dengan pemisahan padatan menggunakan membran *microfiltration* (MF, 0,07-1,3 mikron), atau *Ultrafiltration* (UF, 0,01-0,1 mikron). Prinsip kerja unit membran tidak jauh berbeda dengan unit filtrasi lainnya, namun dengan ukuran pori yang lebih kecil. Ukuran pori yang kecil mengakibatkan air mampu lolos melewati membrane, sedangkan padatan dengan ukuran partikel/flok lebih besar dari pori filter akan tertahan. Pada ukuran pori yang kecil dan kandungan padatan yang tinggi, keberadaan padatan akan menghambat masuknya air melalui membran, sehingga diaplikasikan perbedaan tekanan. Padatan yang tertahan dan menempel pada membran akan menghambat proses filtrasi, sehingga pada umumnya akan dibersihkan (*scouring*) secara berkala dan bila fluks filtrasi telah mencapai tingkat tertentu dilakukan pembersihan dengan zat kimia. MBR mampu mengolah air limbah domestik dengan efisiensi pengolahan BOD lebih dari 95% [Atasoy, dkk., 2007].

Biaya yang diperlukan dalam pengolahan dengan teknologi MBR dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut.

**Tabel 3** Rincian biaya pengolahan dengan MBR[JICA. 2012]

Jenis biaya		Biaya			
<i>Capital Cost</i>		Rp 66.000.000,00			
Operational cost	Periode	Cost	Cost total	Volume/bulan**	Total biaya
<i>Electricity*</i>	/bulan	Rp 1.400,00/m <sup>3</sup>	Rp 4.300,00/bulan. m <sup>3</sup>	259.200m <sup>3</sup>	Rp 1.114.560.000,00 per bulan
<i>Sludge</i>	/bulan	Rp 400,00/m <sup>3</sup>			
<i>Repair</i>	/bulan	Rp 600,00/m <sup>3</sup>			
<i>Operator</i>	/bulan	Rp 300,00/m <sup>3</sup>			
<i>Membrane/Media</i>	/bulan	Rp 1.400,00/m <sup>3</sup>			

\*[Krezminski, dkk., 2011][Pellegerin, dkk., 2012]

\*\*Volume bulanan = debit harian x 30 hari/bulan

### **Moving Bed Biofilm Reactor**

MBBR menggunakan media pertumbuhan mikroba berupa plastic (umumnya *polyethylene*) dengan diameter efektif berkisar 7 sampai 22 mm. Pada zona pertumbuhan tersuspensi, diterapkan *complete mix reactor*. Umumnya *mixing* dilakukan dengan aerasi, namun dapat pula dilakukan pengadukan dengan pengakdukan mekanis. MBBR tidak menerapkan sistem *return sludge flow*, sehingga tidak terkategori sistem lumpur aktif. Penerapan sistem

*attached growth* mengakibatkan produksi lumpur yang minimal. MBBR mampu mengolah air limbah domestik dengan efisiensi pengolahan BOD lebih dari 90% [Ravichandran, *et al.* 2012].

Biaya yang diperlukan dalam pengolahan dengan teknologi MBBR dapat dilihat pada **Tabel 4** berikut.

**Tabel 4** Rincian biaya pada pengolahan dengan MBBR [PT Kanta Karya Utama. 2012]

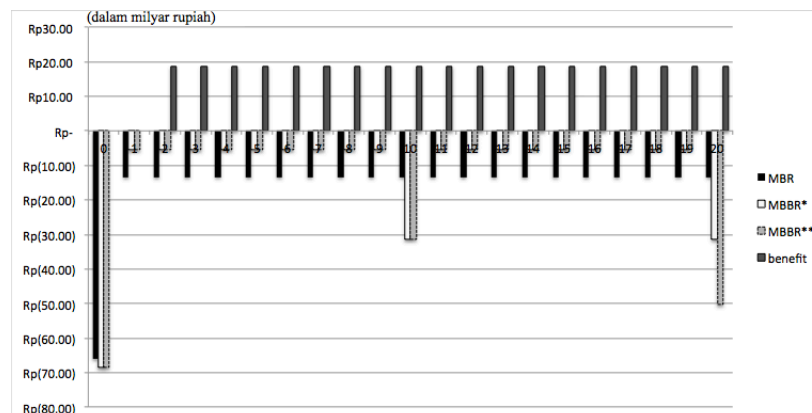
Jenis biaya	Total
Capital cost	Rp 67.792.741.000,00
Running cost (bulanan)	Rp 460.351.960,00
Periodic tahunan	Rp 67.600.000,00
Periodic 10 tahunan	Rp 25.801.666.000,00
Periodic 20 tahunan	Rp 18.881.832.687,00

Yang dimaksud dengan *running cost* merupakan biaya operasional dan perawatan bulanan, mencakup biaya listrik, gaji pegawai, dan perawatan. Biaya periodik adalah biaya penggantian komponen secara periodik, di antaranya pasir silika (2 tahunan), karbon aktif (4 bulan), oli dan fan belt blower (6 bulan), dan solar (tahunan). Biaya periodik 10 tahunan meliputi peremajaan unit pompa dan penggantian media filter, sementara biaya periodik 20 tahunan meliputi peremajaan perpipaan.

Pada analisis akan dilakukan dua kali analisis pada alternatif MBBR. Analisis pertama dilakukan tanpa menghitung biaya periodik pada tahun ke 20 dengan asumsi IPAL akan berhenti beroperasi dan diganti dengan IPAL baru. Analisis kedua dilakukan dengan menghitung biaya periodik tahun ke 20, dengan asumsi pengoperasian IPAL akan dilanjutkan.

### Cashflow dan NPV

Dalam membandingkan biaya dan manfaat, diagram *cashflow* umum digunakan karena dapat menampilkan pemasukan/pengeluaran pada periode waktu tertentu. *Cashflow* dari manfaat dan biaya dari kedua alternatif IPAL dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut



\*Tidak memperhitungkan *periodic cost* tahun ke 20

\*\*Memperhitungkan *periodic cost* tahun ke 20

**Gambar 2** cashflow manfaat dan biaya berdasarkan alternatif pengeluaran

Berdasarkan *cashflow* tersebut, dilakukan perhitungan NPV dengan bunga 6,5%. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 5** berikut.

**Tabel 5** Nilai NPV *benefit* dan *cost*

Nilai NPV <i>benefit</i>	Rp 188.108.409.371,49
Nilai NPV <i>cost</i> MBR	Rp 214.484.009.251,45
Nilai NPV <i>cost</i> MBBR*	Rp 87.874.634.847,93
Nilai NPV <i>cost</i> MBBR**	Rp 100.555.679.017,11

\*Tidak memperhitungkan *periodic cost* tahun ke 20

\*\*Memperhitungkan *periodic cost* tahun ke 20

### ***Benefit-cost Ratio Analysis***

Berdasarkan hasil perhitungan nilai NPV yang telah dilakukan, *benefit-cost ratio analysis* dapat dilakukan. Analisis dilakukan dengan membagi nilai benefit dengan ketiga alternatif biaya dari kedua alternatif teknologi. Hasil perhitungan ini dapat dilihat pada **Tabel 6** berikut.

**Tabel 6** Hasil perhitungan *benefit-cost ratio analysis*

Benefit/Cost MBR	0,88
Benefit/Cost MBBR*	2,14
Benefit/Cost MBBR**	1,87

\*Tidak memperhitungkan *periodic cost* tahun ke 20

\*\*Memperhitungkan *periodic cost* tahun ke 20

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai benefit/cost MBR berada pada nilai <1, yang berarti pengolahan dengan teknologi ini belum dapat mencapai titik *turnover*. Nilai benefit/cost MBBR berada pada nilai >1, yang berarti pengolahan telah melewati titik *turnover* dan mengalami keuntungan. Nilai benefit/cost yang >1 pada kedua variasi uji dengan MBBR mengindikasikan bahwa pengolahan telah mencapai keuntungan, dan tidak mengalami kerugian terlepas pengolahan akan dihentikan atau dilanjutkan pada tahun ke 20.

## **KESIMPULAN**

Hasil yang menunjukkan nilai <1 pada alternatif MBR dan nilai >1 pada alternatif MBBR menunjukkan bahwa dengan benefit yang didapat dari penjualan *recycled* water, alternatif MBR belum mampu menutup pengeluarannya pada waktu yang ditentukan, sedangkan alternatif MBBR mampu memenuhi pengeluarannya dan memperoleh keuntungan. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan memperoleh keuntungan, maka alternatif MBBR dapat dikategorikan sebagai alternatif yang *sustainable* berdasarkan faktor finansial.

Berdasarkan hasil tersebut, maka teknologi pengolahan MBBR menjadi alternatif yang direkomendasikan untuk diaplikasikan pada proyek IPAL Kali Krukut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atasoy, E., Murat, S., Baban, A., Tiris, M., (2007). Membrane Bioreactor (MBR) Treatment of Segregated Household Wastewater for Reuse, WILEY-VCH Verlag, Clean Journal 2007, 35(5) p 465-472, <http://dx.doi.org/10.1002/clen.200720006> [tanggal akses: 31 Juli 2013]
- Bank Indonesia, (2013), <http://www.bi.go.id/web/id/Moneter/BI+Rate/Data+BI+Rate/> [tanggal akses: 28 Juli 2013]
- Davis, M. L., (2010). Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice, McGraw Hills, Inc., Singapore.
- JICA (Japan International Corporation Agency), (2013). The Preparatory Survey on DKI Jakarta Sewerage Development Project Draft Final Report, Japan International Corporation Agency, Jakarta.
- JICA (Japan International Corporation Agency), Kubota, (2012). Proposal for Krukut Pumping Station Wastewater Treatment Plant, Japan International Corporation Agency, Jakarta
- Krzeminski, P., Van Lier, J., Vaan Der Graaf, J., (2011). Investigations into Energy Efficient Full-scale Membrane Bioreactors (MBRs), TU Delft, Delft.
- Newnan, D. G., Eschenbach, T. G., Lavelle, J. P., (2004). Engineering Economic Analysis, Oxford University Press, New York.
- Pellegerin, M., Kinnear, D. J., (2012). Membrane Bioreactor Energy Consumption: Helping Utilities Understand And Manage Cost Savings, Florida Water Journal, Florida.
- PT. Kanta Karya Utama, (2012) Final Report Detail Engineering Design (DED) Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Krukut, PD PAL JAYA, Jakarta
- Ratnaningsih, E. S., Notodarmojo, S., Soewondo, P., Effendi, A. J., Otok, B. W., (2012). Infrastructure Development Strategy for Sustainable Wastewater System Using SEM Method, (Case Study Setiabudi and Tebet Districts, South Jakarta), Procedia Environmental Sciences, Volume 17, 2013, Pages 685-692.
- Ravichandran, M., Amarnath, J, (2012). Performance Evaluation of Moving Bed Bio-Film Reactor Technology for Treatment of Domestic Waste Water in Industrial Area at MEPZ (Madras Exports Processing Zone), Tambaram, Chennai, India, Elixir Publishers, Elixir Pollution 53 11741-11744, [http://www.elixirpublishers.com/articles/1358925239\\_53%20\(2012\)%2011741-11744.pdf](http://www.elixirpublishers.com/articles/1358925239_53%20(2012)%2011741-11744.pdf) [tanggal akses: 31 Juli 2013]