

ANALISIS *TURBIDITY* BERDASARKAN *LEAN* MANUFAKTUR PADA PROSES PENCAMPURAN INSTALASI POMPA AIR BERSIH

Mastiadi Tamjidillah ^{1*}, Herry Irawansyah ¹, Ahmad Najmi Khairi ¹

¹. Program Studi Teknik Mesin FT ULM Banjarbaru, Indonesia

*Corresponding author: mastiadit@ulm.ac.id

Abstrak

Abstrak. Air merupakan kebutuhan utama kehidupan manusia sehingga perlu pengelolaan dan pemanfaatan sumber air yang maksimal. Keberadaan air bersih (*fresh water*) dimanapun baik perkotaan dan pedesaan sangat penting karena banyaknya aktifitas kehidupan masyarakat yang dinamis, untuk memenuhi kebutuhan air bersih tersebut penduduk memerlukan ketersediaan air baku yang cukup yang memenuhi standar kesehatan. Banyak produk air baku yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan oleh perusahaan air bersih terutama tingkat kekeruhan yang tinggi. Dengan menggunakan *lean* manufaktur untuk menghilangkan tujuh non-nilai tambah *waste* tradisional (berlebih, pengolahan, persediaan, transportasi, cacat, menunggu, dan gerak) dalam proses pengolahan air bersih yang sumber air bakunya dari sungai yang asam dan tingkat kekeruhan yang tinggi. Berdasarkan output *lean* manufaktur pada proses pencampuran didapatkan informasi perbaikan pada proses berlebih (*over processing*). Informasi yang didapat dari setiap *waste* dan kondisi air baku menjadi masukan dalam proses pencampuran untuk menurunkan tingkat kekeruhan. Dari analisis kekeruhan dengan *lean* manufaktur pada proses pencampuran air baku, konsentrasi ppm koagulan dan langkah pompa pada instalasi pompa air bersih didapatkan tingkat kekeruhan < 5 NTU yang memenuhi standar kesehatan.

Kata Kunci: air bersih, kekeruhan, *lean*, pengolahan, pencampuran

1. PENDAHULUAN

Keberadaan air bersih (*fresh water*) dimanapun baik perkotaan dan pedesaan sangat penting karena banyaknya aktifitas kehidupan masyarakat yang dinamis, untuk memenuhi kebutuhan air bersih tersebut penduduk memerlukan ketersediaan yang cukup oleh penyedia air bersih yang memenuhi standar kesehatan. Karena tiga per empat bumi adalah air, sama seperti manusia yang 55% - 78% tubuhnya terdiri dari air, dengan demikian air merupakan sumberdaya alam yang sangat strategis dan vital bagi kehidupan manusia dan pembangunan serta keberadaannya tidak digantikan oleh materi lainnya. Air baku merupakan bagian dari sumberdaya alam sekaligus juga sebagai bagian dari ekosistem. Kuantitas dan kualitasnya pada lokasi dan waktu tertentu tergantung dan dipengaruhi oleh berbagai hal, berbagai kepentingan dan tujuan. Air baku untuk air bersih ketersediaannya semakin menurun, sehingga air menjadi barang yang sangat diperlukan dan belum semua orang yang ada peduli akan hal ini. Air merupakan salah satu sumber kehidupan atau sumber daya alam yang amat penting bagi kehidupan, tanpa air makhluk hidup yang ada diatas muka bumi akan mati.

Pemanfaatan air baku dalam pengelolaan pengembangan sistem penyediaan air minum (SPAM), pengelolaan dan penyediaan air bersih (*public water supply*) pada dasarnya memerlukan air yang langsung dapat diminum (*potable water*). Air yang dimaksud harus aman (sehat) dan bagus untuk diminum, tidak berwarna, tidak berbau, dengan rasa yang segar. Air bersih harus mempunyai kualitas baik dengan kriteria secara fisik, kimiawi maupun biologi untuk mencegah timbulnya penyakit. Secara umum persyaratan kualitas air bersih diatur dalam Permenkes No. 82 tahun 2001. Kualitas air menyatakan tingkat kesesuaian air terhadap penggunaan tertentu dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia, mulai dari air untuk memenuhi kebutuhan langsung yaitu air minum, mandi dan cuci.

Kualitas air baku menurun karena disebabkan oleh kegiatan rumah tangga, pencemaran tanah, pencemaran air, aktifitas penebangan kayu dan pembukaan lahan perkebunan. Selain penurunan kualitas air baku tersebut, juga menyebabkan kenaikan temperatur, sedimentasi dan kandungan organik, (Ling *et al* 2010a, 2010b) akibat kegiatan pembukaan lahan baru untuk pertanian dan perkebunan di bagian hulu aliran sungai. Pengaruh kegiatan di hulu sungai mengakibatkan kualitas air baku menurun yang akan digunakan sebagai input proses pengolahan menjadi air bersih. Sehingga dibutuhkan proses pengolahan yang sesuai dengan kondisi tersebut untuk mendapatkan kualitas air bersih yang baik, Schelker (2012).

Untuk mendukung kualitas air bersih diperlukan metode *lean* yang dilakukan secara terus menerus untuk menghilangkan *waste* dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) dengan mengurangi hal-hal yang tidak perlu dalam desain produk (barang atau jasa) agar dapat memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*)

sehingga tepat pada tempat yang tepat, pada waktu yang tepat dalam jumlah yang tepat untuk mencapai aliran kerja yang sempurna selain meminimasi *waste* dan menjadi fleksibel (mudah berubah) prosesnya.

Salah satu proses penting dalam pendekatan *lean* adalah identifikasi aktivitas-aktivitas mana yang memberikan nilai tambah dan mana yang tidak memberikan nilai tambah. Aktivitas-aktivitas *Lean Thinking* didefinisikan sebagai berikut, Gaspersz, V. (2007):

1. *Value added* adalah aktivitas yang memberikan nilai terhadap produk dan pelanggan sehingga aktivitas ini harus selalu ditingkatkan.
2. *Necessary non value added* adalah aktivitas yang masih diperlukan dalam proses produksi seperti inspeksi dan pemindahan tetapi tidak memberikan nilai terhadap produk.
3. *Non value added* adalah aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk dan harus diminimasi atau dihilangkan dari dalam proses produksi.

Berbagai penelitian tentang *lean* manufaktur pada proses produksi air bersih sering dilakukan untuk meminimasi *waste* (Gomes & Bayo, 2009) yang terdapat dalam proses pencampuran penggunaan tawas atau PAC (*poly aluminium chloride*) sebagai bahan pencampur untuk menjernihkan air mengalami perkembangan, PAC sering digunakan untuk air baku dari sungai, namun demikian untuk air baku dari sungai perlu di pertimbangkan kandungan/komposisi yang berpengaruh pada desain parameter proses pencampuran untuk menurunkan tingkat kekeruhan agar menghasilkan kualitas air minum sesuai standar kesehatan.

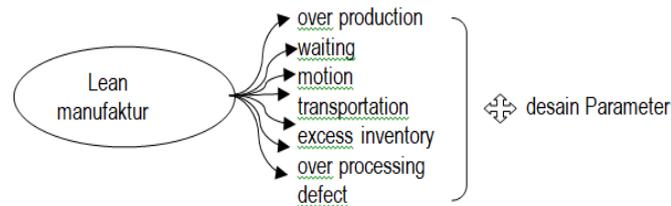
Proses spesifik WTP ini adalah *water supply* dari sungai yang kekeruhan (*turbidity*) nya sangat tinggi diatas 5 NTU (*nephelometric turbidity unit*), sehingga diperlukan proses penambahan koagulan yang sesuai untuk menurunkan sesuai standar air bersih, (Vegneswaran dan Visvanathan, 1995). Secara konvensional penambahan variasi koagulan dengan metode *jar test* dilakukan pada proses penurunan *turbidity*, (Wang dan Smith, 1994). Untuk mengetahui estimasi dosis koagulan juga dilakukan dengan menggunakan metode *genetic algorithm* dan *artificial neural network* untuk mencari pendekatan antara parameter kualitas air dengan dosis koagulan yang lebih efisien dan ekonomis, Baxter *et al* (2010).

2. METODE

Pendekatan penelitian yang dipakai adalah kombinasi penelitian deskriptif, survey, kuisisioner dan desain eksperimen desain parameter pada proses pencampuran PAC (*poly aluminium chloride*) cair pada proses *mixing* antara PAC, air baku dan *stroke pump* (pompa dosing). Semua tahapan proses pengolahan air bersih diidentifikasi dan diketahui nilai *waste* nya, dan hubungan antara *waste* dengan analisis PLS. Demikian juga dengan konsep model integrasi *lean* manufaktur dan desain parameter yang diusulkan untuk mendapatkan proses *mixing* yang optimum untuk menurunkan tingkat kekeruhan. Bahan penelitian yang digunakan adalah air baku dari sungai sebelum proses *mixing* dan air bersih setelah proses pencampuran, air baku diambil untuk mengetahui parameter fisika berupa warna, kekeruhan dan zat padat terlarut dan parameter kimia seperti pH, daya hantar listrik, Fe dan Mn. Demikian sebaliknya air bersih setelah proses pencampuran juga diketahui parameter fisika dan kimia untuk mengetahui nilai penurunan *turbidity*.

Proses manufaktur dan pengolahan air minum harus memperhatikan input air baku yang spesifik, karena aliran sungai mempunyai kandungan dan komposisi yang akan berpengaruh terhadap kualitas air bersih, air baku tersebut dipengaruhi oleh cuaca/musim, dengan melihat input bahan baku yang spesifik dan *waste* yang mana yang paling dominan dalam proses pencampuran akan dapat diketahui setting apa yang sesuai dengan kondisi tersebut. Dengan referensi *brainstorming* proses pencampuran di dapatkan informasi faktor yang berpengaruh dalam *lean* manufaktur yang digunakan untuk verifikasi integrasi model *lean* manufaktur yang diusulkan untuk proses pencampuran dengan parameter sesuai standar.

Tahap awal dilaksanakan untuk merancang kuisisioner pada bagian produksi, sehingga informasi yang berhubungan yang diperlukan untuk persoalan yang diteliti dapat dikumpulkan. Dengan kata lain informasi kuisisioner akan memberikan data untuk desain eksperimen sehingga terjadilah integrasi keduanya. Dengan mengkombinasikan *lean* manufaktur dan model struktur akan didapatkan solusi pengembangan konseptual struktur model berbasis *lean* produk air bersih untuk minimasi *waste* dapat dilihat pada gambar 1 di bawah.



Gambar 1. Lean Manufaktur Proses Air Bersih

Dengan mengintegrasikan *lean* manufaktur berupa *output waste* yang paling berpengaruh terhadap proses *mixing* pada WTP, maka diperlukan desain parameter yang sesuai untuk menurunkan tingkat kekeruhan dengan variasi penambahan koagulan. Sifat koagulan yang bermuatan positif tersebut digunakan untuk menarik partikel koloid yang bermuatan negatif membentuk flok yang akan mengendap ke dasar saluran. Dengan menggunakan integrasi model *lean* manufaktur dan desain parameter antara air baku (*water supply*), PAC dan *stroke pump* pada proses pencampuran (*mixing*) akan memberikan informasi perbaikan kepada industri air bersih mengenai meminimasi pemborosan (*waste*) yang ramah lingkungan (*green*) dari desain parameter yang dapat meningkatkan kualitas, kuantitas dan kontinuitasnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

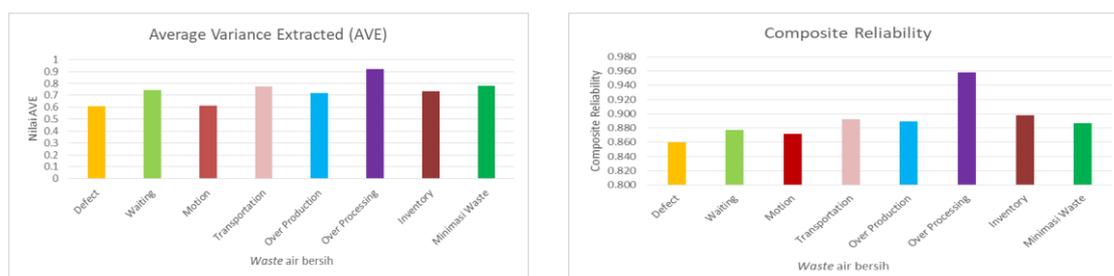
3.1 Pengujian validitas antar *waste*

Perbaikan kualitas air bersih dimulai dari input air baku, namun yang paling spesifik adalah pada proses pencampuran, dengan penambahan % ppm koagulan yang sesuai untuk mendapatkan model optimum proses pencampuran. Untuk melihat nilai validitas yang seharusnya berkorelasi dapat melihat nilai AVE (*average variance extracted*) nilai minimum yang dianjurkan adalah 0,5. Pada tabel 1 di bawah terlihat nilai semua variabel di atas 0,5 sehingga validitasnya telah memenuhi untuk mengetahui korelasinya. Hasil pengujian menunjukkan nilai korelasi antar skor item x dengan skor variabel (*seven waste*) mempunyai nilai secara rata-rata melebihi nilai minimum 0,5 sehingga semua variabel adalah valid.

Tabel 1. Nilai AVE (*Average Variance Extracted*) antar *waste*

<i>Seven waste</i>	<i>Average Variance Extracted (AVE)</i>	Validitas
<i>Defect</i>	0.607	Valid
<i>Waiting</i>	0.745	Valid
<i>Motion</i>	0.612	Valid
<i>Transportation</i>	0.774	Valid
<i>Over Production</i>	0.728	Valid
<i>Over Processing</i>	0.920	Valid
<i>Inventory</i>	0.736	Valid
<i>Minimize Waste</i>	0.781	Valid

Pada gambar 2a dan 2b di bawah terlihat perbandingan nilai rerata persentase skor varian (AVE) dan perbandingan nilai *composite* untuk semua variabel menunjukkan perbandingan antara *waste*. Perbandingan tersebut memperlihatkan semua nilai di atas 0,5.



(a)

(b)

Gambar 2. Perbandingan nilai AVE (a) dan Perbandingan nilai *composite* (b)

Nilai perbandingan AVE (*Average Variance Extracted*) dan keandalan komposit terlihat *waste over processing* lebih besar yang menyebabkan penambahan proses berupa desain eksperimen pada proses pencampuran. Penambahan proses tersebut direkomendasikan dengan *setting* parameter, (Abu Hassan, 2009) dan (Roussy et al, 2005) memerlukan waktu, bahan dan proses ulang. *Setting* parameter yang dilakukan adalah pada proses pencampuran yang terdiri dari % PAC, % debit air baku dan *stroke* pompa pada instalasi pengolahan air bersih.

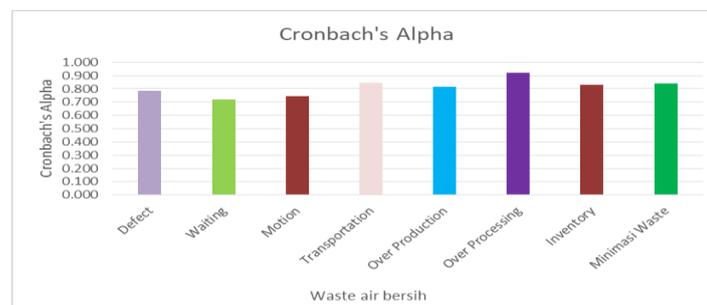
3.2. Pengujian Reliabilitas

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa reliabel suatu variabel dengan angka *Cronbach's Alpha* atau *composite reliability* yang mengukur sesungguhnya. Nilai yang disarankan adalah diatas 0,7. Pada tabel 2 di bawah terlihat nilai semua variabel melebihi 0,7.

Tabel 2. Nilai *composite reliability waste*

Waste (<i>pemborosan</i>)	<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>Composite Reliability</i>	<i>Reliability</i>
<i>Defect</i>	0.786	0.860	Reliabel
<i>Waiting</i>	0.721	0.877	Reliabel
<i>Motion</i>	0.746	0.872	Reliabel
<i>Transportation</i>	0.846	0.892	Reliabel
<i>Over Production</i>	0.816	0.889	Reliabel
<i>Over Processing</i>	0.919	0.958	Reliabel
<i>Inventory</i>	0.828	0.898	Reliabel
<i>Minimize Waste</i>	0.841	0.887	Reliabel

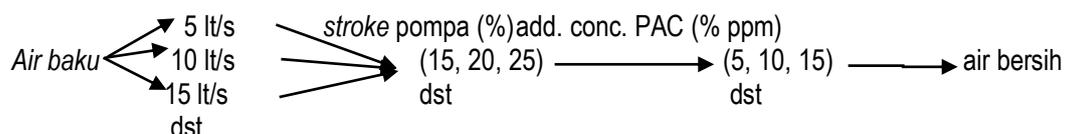
Untuk memperkuat anggapan reliabilitas dapat kita gunakan angka *Cronbach's Alpha* di atas 0,6 (Hair et al, 2006). Semua nilai telah melebihi 0,6 berarti tingkat reliabilitasnya sudah baik. Perbandingan nilai *Cronbach's Alpha* untuk semua variabel terlihat pada gambar 3 di bawah:



Gambar 3. Perbandingan nilai *Cronbach's Alpha* pada waste

3.3 Desain Parameter Metode Taguchi

Perencanaan eksperimen metode Taguchi dilakukan sebagai bagian dari informasi dan rekomendasi yang didapat dari nilai *over processing* dari model struktural pada proses pengolahan untuk mengoptimalkan *setting* parameter proses pencampuran. Untuk perbaikan kualitas air bersih, karakteristik kinerja dan nilai parameter produk diidentifikasi dengan menggunakan parameter optimum dari proses, (Koohestanian et al, 2008) dan (Chen et al, 2000). Desain parameter secara berurutan pada proses pencampuran air bersih dapat dilihat pada gambar 4 di bawah.



Gambar 4. Desain pada proses pencampuran

Pada gambar 4 di atas dan tabel 3 di bawah menggambarkan parameter proses pencampuran (*mixing*) antara % ppm PAC, air baku (lt/s) dan % *stroke* pompa. Level dan faktor dilakukan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan kondisi penelitian. Perubahan variasi % konsentrasi PAC dengan orthogonal array pada proses pencampuran digunakan untuk melihat perubahan penurunan parameter kekeruhan setiap levelnya.

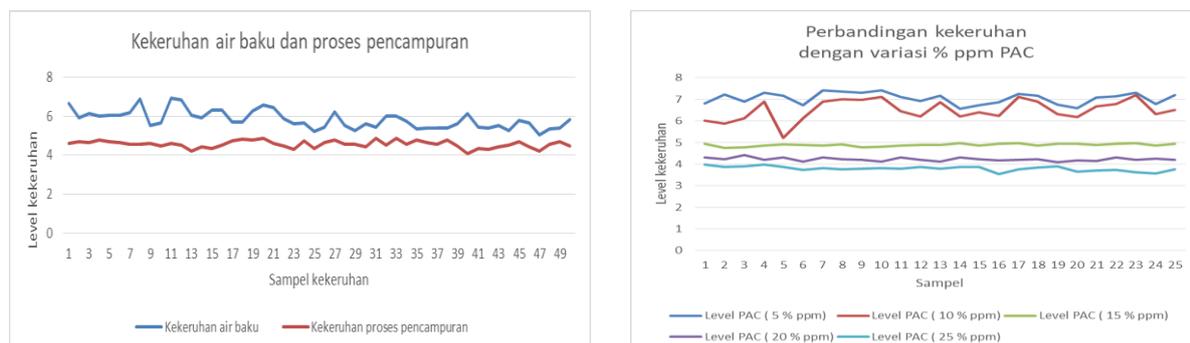
Tabel 3. *Process mixing L9 orthogonal matrix*

PAC (% ppm)	water supply (lt/s)	stroke pump (%)
5	5	15
5	5	15
5	5	15
10	10	20
10	10	20
10	10	20
15	15	25
15	15	25
15	15	25

Dengan melihat output *lean manufaktur over processing* paling tinggi nilai AVE (tabel 1) yang mempengaruhi proses *mixing* untuk menurunkan kekeruhan dengan penambahan variasi koagulan dengan *setting* parameter *low level* (5-10 ppm), *medium level* (11-15 ppm) dan *high level* (16-20 ppm).

3.4 Kekeruhan air baku dan proses pencampuran

Pada proses pencampuran yang dilakukan terlihat pada gambar 5a dan 5b di bawah terlihat nilai kekeruhan *water supply* diatas 5 NTU (*nephelometric turbidity unit*) yang merupakan standar nilai untuk air bersih. Dengan level concentration medium (11 sampai 15 ppm) terlihat penurunan nilai kekeruhan di range 4 – 5 NTU pada pH 7,1. Nilai kekeruhan *water supply* mempresentasikan sebaran nilai kekeruhan dengan sistem *range* yang lebih rinci posisi nilai kekeruhan tersebut pada setiap perubahan konsentrasi PAC.



Gambar 5. Level kekeruhan air baku dan proses pencampuran (a)
Level kekeruhan % ppm PAC pada proses pencampuran (b)

3.5 Optimum proses *mixing*

Variasi kekeruhan *water supply* dipengaruhi oleh kondisi *downstream* sungai, sedangkan penurunan kekeruhan pada proses *mixing* akibat *setting* parameter koagulan, semakin tinggi ppm koagulan maka kekeruhan akan berkurang sampai mencapai *concentration level* yang optimum pada level medium pada kondisi *water supply* 5-7 NTU. Dengan melihat fluktuasi kekeruhan *water supply* dapat di prediksi model proses *mixing* pada level medium 14 dan 15 ppm koagulan. Model optimasi tersebut bisa menurun dan meningkat secara fluktuatif setiap perubahan range kekeruhan 2 point.

Optimum proses *mixing* = 15% ppm PAC + 15 lt/det + 15 % *stroke* pompa

Posisi medium level terlihat nilai kekeruhan proses *mixing* 4,8 NTU dan 4,9 NTU, nilai tersebut mendekati standar kesehatan yaitu 5 NTU.

4. SIMPULAN

Pengaruh *over processing* mengakibatkan desain parameter pada proses pencampuran antara % PAC, % debit air baku dan *stroke* pompa pada instalasi pengolahan air bersih. Desain parameter diperlukan untuk mendapatkan proses pencampuran yang optimum untuk menentukan level yang sesuai dengan standar kualitas air bersih. Pada proses pencampuran parameter kualitas air bersih yang dipengaruhi kekeruhan (*turbidity*) pada saluran *intake* dilakukan pengukuran terhadap angka kekeruhan, namun khusus untuk sumber air dari sungai yang spesifik terintrusi air rawa dan asam, maka faktor kekeruhan menjadi yang paling berpengaruh untuk desain parameter model yang optimum untuk mendapatkan kualitas air sesuai standar. Penurunan level kekeruhan pada proses *mixing* karena perubahan pada *setting* parameter, semakin tinggi ppm koagulan maka kekeruhan akan berkurang sampai mencapai *concentration level* yang optimum.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih peneliti sampaikan kepada Universitas Lambung Mangkurat dan LPPM melalui program dosen wajib meneliti tahun 2020 atas dukungan dana penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abu Hassan, M. A., Li, T.P. and Noor, Z.Z., (2009). Coagulation and flocculation treatment of wastewater in textile industry using chitosan. *J. Chem. Nat. Resource. Eng.*, Vol. 43, pp 43-53.
- Baxter, C.W., S.J. Stanley, Q. Zhang, D.W. Smith., (2010). *Developing Artificial Neural Network Prpcess Models: A Guide for Drinking Water Utilities*. (Department of Civil and Environmental Engineering. University of Alberta).
- Chen, X., Chen, G. and Yue, P. L. (2000). Separation of Pollutants from Restaurant Wastewater by Electrocoagulation. *Sep. Purf. Technol.*, Vpl. 19, pp. 65-76.
- Dai, J., Qi, J., Chi, J., Chen, S., Yang, J., Ju, L., et al. (2010). Integrated water resource security evaluation of Beijing based on GRA and TOPSIS. *Frontiers of Earth Science in China*, 4(3), 357–362.
- Doukas, H., Karakosta, C., & Psarras, J. (2010). Computing with words to assess the sustainability of renewable energy options. *Expert Systems with Applications*, 37, 5491–5497
- Gaspersz, V. (2007). *Lean six sigma for manufacturing and service industries*. Jakarta Indonesia: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Gomez-Lopez, M. D., Bayo, J., Garcia-Cascales, M. S., & Angosto, J. M. (2009). Decision support in disinfection technologies for treated wastewater reuse. *Journal of Cleaner Production*, 17, 1504–1511.
- Hair, Joseph F., (2006). "Successful Strategies for Teaching Multivariate Statistics". ICOTS, Kennesaw State University, United States.
- Koohestanian, A., Hosseini, M. and Abbasian, Z. (2008). The Separation Method for Removing of Colloidal Particles from Raw Water. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, Vol. 4, pp. 266-273.
- Ling, T.Y., Michelle, C.M., Lee, N., Norhadi, I. & Justin, J.J.E. (2010a). Impacts of aquaculture and domestic wastewater on the water quality of Santubong River, Malaysia. *Journal of Environmental Science and Engineering* 4(4): 11-16.
- Ling, T.Y., Siew, T.F. & Lee, N. (2010b). Quantifying pollutants from household wastewater in Kuching, Malaysia. *World Applied Sciences Journal* 8(4): 449-456.
- Md. Pauzi Abdullah, Lim Fang Yee, Sadia Ata, Abass Abdullah, Basar Ishak, Khairul Nidzam Zainal Abidin, (2009). The studi of interrelationship between raw water quality parameters, chlorine demand and the formation of disinfektan by products. *Physics and Chemistry og the Earth*, p 806-811.
- Roussy. (2005). Treatment of ink-containing waste water by coagulation/flocculation using biopolymers. *Journal of Water SA* 3: 375378.
- Schelker, J., Eklöf, K., Bishop, K. & Laudon, H. (2012). Effects of forestry operations on dissolved organic carbon concentrations and export in boreal first-order streams. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 117(1): 1-12.
- Vegneswaran S and C Visvanathan. (1995). *Water Treatment Process* (simple option CRC Press New York.
- Wang, Y. P.; Smith, R. (1994). Wastewater Minimization. *Chem. Eng. Sci.*, vol.49, n. 981.

