

## **RENCANA PERBAIKAN PROSES PRODUKSI AIR BERSIH DENGAN PENDEKATAN *LIFE CYCLE ASSESMENT (LCA)* DAN *QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)* DI INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM BABAT**

**David Andrian<sup>1)</sup>**

**Desrina Yusi Irawati<sup>2)</sup>**

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Darma Cendika<sup>1,2,3)</sup>

Jl. Ir. H. Soekarno No 201, Surabaya, 60117, Indonesia

Telepon (031) 5946482

E-mail: davidand1784@yahoo.com<sup>1)</sup>

### **ABSTRAK**

*Jumlah penduduk yang semakin meningkat akan meningkatkan jumlah kebutuhan air bersih. Oleh sebab itu pemasok air bersih harus meningkatkan kinerja dalam memproduksi air bersih. Salah satu cara meningkatkan produksi air bersih adalah dengan memperbaiki proses produksi yang dilakukan. Strategi perancangan perbaikan dilakukan dengan metode Quality Function Deployment (QFD). QFD berfungsi untuk menterjemahkan keinginan konsumen yang selanjutnya menjadi dasar strategi perancangan menggunakan House of Quality (HoQ). Penelitian ini bertujuan melakukan pemilihan perbaikan proses produksi air bersih di Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Babat. Atribut Voice of Customer terbagi menjadi dua, yaitu atribut kualitas dan atribut lingkungan. Atribut kualitas diperoleh dari hasil wawancara dengan kepala IPAM dan literatur. Atribut lingkungan diperoleh dari pengolahan dengan Life Cycle Assessment (LCA). Berdasarkan hasil perhitungan HoQ, technical response tertinggi adalah pengolahan kembali air lumpur buangan dan technical response terendah adalah pemisahan ruang penyimpanan bahan kimia terhadap ruang pencampuran bahan kimia serta penggunaan alat pelindung diri. Sehingga IPAM Babat akan melakukan rencana perbaikan berdasarkan technical response tertinggi, pengolahan kembali air lumpur buangan.*

*Kata kunci: Quality Function Deployment (QFD), Life Cycle Assessment, produksi air bersih, Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM)*

### **Pendahuluan**

*Millennium Development Goals* (Tujuan Pembangunan Milenium, atau MDGs) dengan target pencapaian tahun 2015 mengandung delapan tujuan sebagai respon atas permasalahan perkembangan global. MDGs mencanangkan pada 2015 sebanyak 77,2% penduduk Indonesia telah memiliki akses air minum yang layak dan minimal 59,1% penduduk Indonesia di kota dan desa sudah memperoleh pelayanan air bersih (Status Millenium Development Goal Indonesia 2009). Secara nasional, Indonesia telah mencapai target ini, tetapi cakupan ini belum merata dan belum menggambarkan kualitas yang sebenarnya.

Untuk mewujudkan tujuan pembangunan milenium di Kabupaten Lamongan, Pemerintah Daerah ingin memberikan akses air minum berkualitas bagi masyarakat. Kualitas air bersih bermula dari air baku. Keberadaan air baku di Kabupaten Lamongan didominasi oleh air permukaan. Air permukaan di Kabupaten Lamongan sebagian tertampung di waduk-waduk, rawa, embung dan mengalir melalui sungai-sungai. Air permukaan sangat rentan pencemaran apabila kesadaran masyarakat terhadap lingkungan masih kurang. Hal ini berpengaruh pada proses pengolahan air bersih dan kualitas air bersih yang dihasilkan [8].

Selain permasalahan kualitas, pada tahun 2013 sebanyak 72 % warga Lamongan belum menerima pelayanan air bersih. Salah satu cara pemerintah Kabupaten Lamongan mewujudkan pemerataan akses air minum adalah dengan meningkatkan produksi air bersih pada Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) yang sekarang sudah tersedia. Salah satu IPAM yang masih dapat meningkatkan kemampuannya adalah IPAM Babat. Dengan meningkatnya proses produksi air bersih maka akan meningkatkan masalah lingkungan pada daerah tersebut. Menurut F. [9] Proses penggunaan bahan kimia untuk menjernihkan air dan membunuh kuman bakteri akan meninggalkan zat sisa residu dalam air olahan dan air buangan. Penggunaan bahan kimia tersebut berkontribusi kedua terbesar terhadap lingkungan setelah konsumsi energi. Peningkatan

produksi air bersih juga akan meningkatkan jumlah pompa, blower, dan kecepatan distribusi air. Hal ini meningkatkan kebutuhan energi listrik. Analisa siklus pengolahan dan dampak lingkungan dari proses produk dapat menggunakan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA). LCA digunakan untuk mengetahui potensi limbah yang muncul, konsumsi energi yang digunakan serta bahan baku yang dibutuhkan selama proses pengolahan suatu produk [4].

Kriteria kualitas untuk memproduksi suatu produk dapat dilakukan dengan menggunakan metode QFD [7]. Dalam metode QFD digunakan alat yaitu *House of Quality* (HoQ) yang berfungsi merancang perbaikan berdasarkan atribut *Voice of Customer* (VoC) [6]. Oleh sebab itu dalam penelitian ini akan dilakukan pemilihan perbaikan yang dapat memperbaiki proses produksi air bersih di IPAM berdasarkan aspek kualitas dan aspek lingkungan. Aspek lingkungan diperoleh dengan menggunakan metode LCA. Sehingga pemilihan perbaikan menjadi salah satu cara menjawab permasalahan kualitas dan lingkungan yang dihadapi dalam proses produksi air bersih di IPAM.

### **Metodologi Penelitian**

Secara garis besar penelitian ini dilakukan melalui 4 tahap, yaitu tahap pendahuluan, pengumpulan data, pengolahan data, dan analisa hasil.

- Tahap pendahuluan  
Tahap pendahuluan dimulai dari identifikasi awal dengan melakukan studi literatur terkait proses produksi air bersih pada IPAM, QFD, dan LCA. Setelah itu dilakukan penentuan rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian dilanjutkan dengan identifikasi data yang dibutuhkan dan penentuan objek penelitian. Objek penelitian pada penelitian ini adalah IPAM Babat, PDAM Lamongan.
- Tahap pengumpulan data  
Data yang diperlukan pada penelitian ini adalah data untuk pengolahan LCA dan data untuk QFD. Jenis data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Untuk mendapatkan atribut kualitas proses pengolahan air bersih dilakukan dengan studi literatur dan diskusi bersama ahli. Untuk atribut aspek lingkungan diperoleh dari pengolahan LCA menggunakan *software* SimaPro. Data yang diinput pada *software* SimaPro adalah data tentang jumlah penggunaan air baku, bahan kimia, serta energi listrik selama proses produksi air bersih berlangsung selama 1 tahun, yaitu tahun 2017.
- Tahap pengolahan data  
Tahapan pengolahan data pada penelitian ini adalah penentuan atribut VoC, penyebaran kuesioner, pembangunan HoQ, dan merumuskan perbaikan proses produksi air bersih. Atribut yang digunakan pada penelitian ini adalah atribut aspek lingkungan dan atribut aspek kualitas.  
Penentuan atribut aspek kualitas diperoleh dari studi literatur terkait proses pengolahan air bersih yang ideal dan selanjutnya didiskusikan dengan ahli, kepala produksi IPAM Babat. Penentuan atribut aspek lingkungan diperoleh dari hasil keluaran metode LCA melalui *software* SimaPro. Tujuan metode LCA adalah untuk mengetahui dampak lingkungan yang dihasilkan oleh proses produksi air bersih yang memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan dan melakukan alokasi emisi yang dihasilkan. Data yang diperlukan dalam pengolahan LCA adalah data jumlah air baku, bahan kimia, penggunaan alat beserta energi yang diperlukan, aliran proses produksi, dan jumlah air bersih yang dihasilkan. Data yang diperlukan dalam penghitungan LCA secara keseluruhan merupakan data sekunder yang diperoleh dari IPAM Babat. Setelah didapatkan kriteria aspek dampak dari proses produksi kemudian dilakukan penentuan aspek dampak yang harus diatasi. Penentuan aspek dampak tertinggi yang dipilih sebagai atribut aspek lingkungan, sehingga dapat ditentukan atribut lingkungan yang perlu untuk diperbaiki.

Pembuatan kuesioner untuk mengetahui tingkat kepentingan, kepuasan dan *goal* dari para konsumen yang nantinya akan dijadikan dasar dalam pembangunan HoQ. Kuesioner diisi oleh kepala IPAM Babat. Hasil kuesioner menjadi masukan *planning matrix* pada HoQ. Pada ruang *planning matrix* terdapat kolom *importance to customer*, *current satisfaction performance*, *goal*, *improvement ratio*, *raw weight*, dan *normallized raw weight*.

Pembangunan HoQ dimulai dengan mengisi ruang VoC. Atribut VoC diisi berdasarkan atribut aspek kualitas dan atribut aspek lingkungan. Ruang kedua bagian HoQ adalah ruang *planning matrix*. Ruang ketiga adalah ruang *technical response*, yang diperoleh dari hasil literatur dan diskusi dengan kepala IPAM Babat. Ruang keempat dan kelima adalah *relationship matrix* dan *technical correlation*. Penentuan nilai pada *relationship matrix* dan *technical correlation* diisi oleh kepala IPAM Babat. Ruang terakhir dari HoQ yang perlu diisi adalah *technical matrix*. Pada ruang *technical matrix* diperoleh nilai persentase kontribusi masing-masing *technical response* berdasarkan nilai *relationship matrix* dan *normalized raw weight*. Dari hasil perhitungan pada *technical matrix* dapat diketahui prioritas respon teknis dalam perancangan perbaikan produksi pada IPAM Babat.

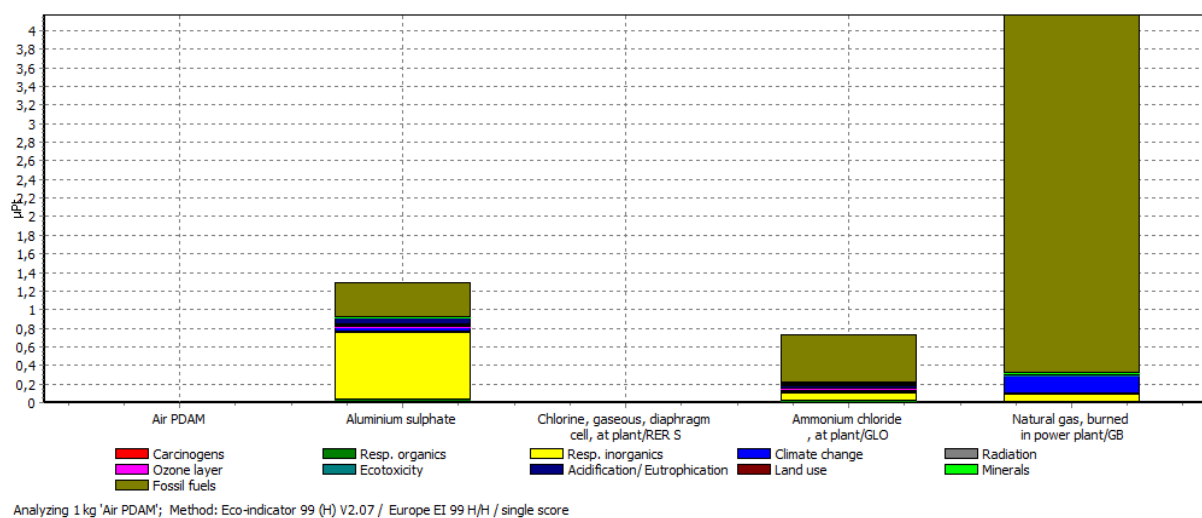
- Tahap Analisa

Setelah diperoleh hasil pengolahan data pada HoQ, maka tahap selanjutnya adalah menganalisis dan menarik kesimpulan.

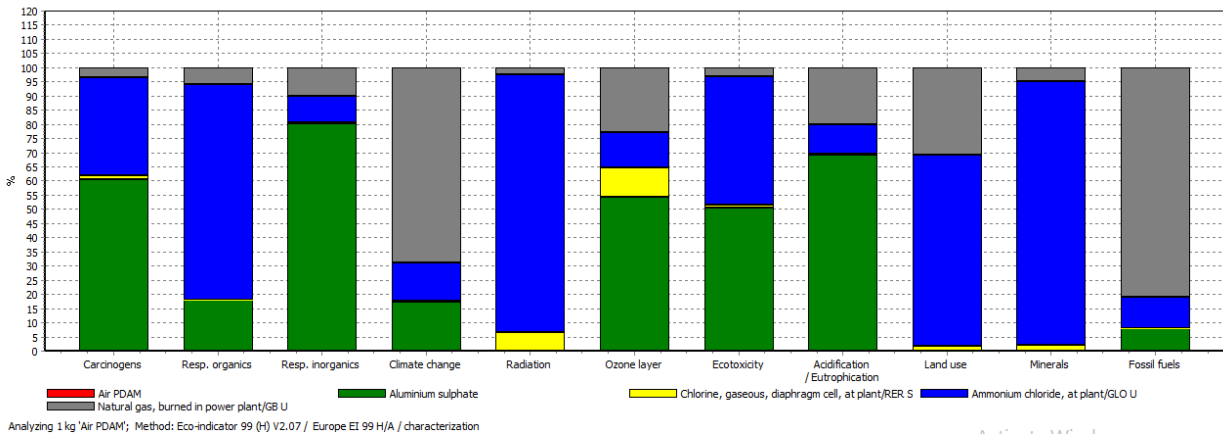
### Hasil Dan Pembahasan

Pada proses pengolahan air bersih dibutuhkan air baku, bahan kimia, alat dan fasilitas yang mendukung. Air baku yang digunakan berasal dari air sungai Bengawan Solo. Dalam proses produksi air, dibutuhkan bahan kimia yang berfungsi membunuh kuman dan proses pengendapan. Bahan kimia yang digunakan IPAM Babat adalah aluminium sulfat, polimer, dan gas klorin. Selain bahan kimia, proses produksi air membutuhkan peralatan, yaitu pompa air baku (*intake* dan sumur), pompa proses alum, *blower* proses polimer, dan *blower water treatment plant*. Semua data penggunaan air baku, bahan kimia dan energi listrik pada proses produksi air IPAM Babat menjadi *input* pengolahan data di SimaPro.

Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2 tentang *characterization* dampak, kerugian dampak lingkungan yang paling tinggi adalah kerugian akibat sumber energi gas (*fossil fuels*) karena penggunaan bahan bakar fosil dan dampak lingkungan terendah adalah *ozone layer*. Selanjutnya kategori dampak lingkungan tertinggi yaitu penggunaan bahan bakar fosil menjadi *input* atribut *voice of customer* aspek lingkungan pada pembangunan HoQ.



Gambar 1. Distribusi dampak dari proses produksi air bersih di IPAM Babat



Gambar 2. Kontribusi masing-masing *input* proses produksi air bersih di IPAM Babat pada kategori lingkungan

Selanjutnya untuk mendapatkan rencana perbaikan, dilakukan pembangunan HoQ. Tahapan pembangunan HoQ sebagai berikut:

- *Voice of Customer*  
Atribut *VoC* terdiri dari 2 aspek yaitu aspek kualitas dan aspek lingkungan. Atribut aspek lingkungan yang terpilih dari hasil LCA adalah dampak tertinggi yaitu penggunaan bahan bakar fosil (*fossil fuels*). Sedangkan aspek kualitas merupakan hasil wawancara dengan kepala IPAM Babat. Terpilih 5 atribut aspek kualitas.
- *Importance Customer*  
Nilai *importance customer* diperoleh dari rata-rata nilai kepentingan hasil kuesioner, dengan penilaian skala 1-5. Tingkat kepentingan yang memiliki nilai tertinggi adalah jumlah air bersih, penyimpanan lumpur buangan, dan gangguan pernapasan inorganik.
- *Current Satisfaction Performance*  
*Current satisfaction performance* adalah tingkat perasaan kepuasan dari konsumen terhadap proses produksi yang telah berjalan selama ini. Penilaian tingkat kepentingan diisi oleh kepala IPAM Babat. Tingkat kepuasan konsumen tertinggi terhadap proses produksi di IPAM Babat adalah warna air bersih
- *Goal*  
*Goal* menggambarkan tingkat perbaikan yang akan dilakukan oleh perusahaan. Nilai *goal* tertinggi yaitu atribut warna air bersih dan jumlah air bersih.
- *Improvement Ratio*  
Atribut jumlah lumpur buangan memiliki nilai *improvement ratio* tertinggi. Pada atribut jumlah air lumpur buangan nilai dari *goal* yang ingin dicapai sebesar 5, artinya tingkat kepuasan yang dirasakan oleh konsumen masih sangat rendah
- *Raw Weight*  
Nilai *raw weight* tertinggi adalah jumlah air lumpur buangan dengan nilai sebesar 10. Atribut yang memiliki *raw weight* terkecil adalah warna air bersih dengan nilai 5.
- *Normalized Raw Weight*  
*Normalized raw weight* merupakan persentase dari *raw weight*, hasil bagi antara *raw weight* masing-masing atribut dengan total *raw weight*.
- *Technical Response*  
Penentuan *technical response* dilakukan berdasarkan studi literatur dan diskusi bersama kepala IPAM Babat. Terpilih 14 *technical response* yang sesuai dengan kondisi IPAM Babat.
- *Relationship Matrix*  
Penentuan hubungan antara *VoC* dan *technical response* menggunakan 3 jenis nilai hubungan yaitu nilai 9 jika hubungan kuat, 3 jika memiliki hubungan sedang, 1 jika memiliki hubungan rendah, dan 0 jika tidak memiliki hubungan. Berdasarkan hasil penilaian

oleh kepala IPAM Babat, terdapat 20 hubungan yang kuat antara VoC dan *technical response*, 3 hubungan sedang, dan 3 hubungan lemah.

- *Technical Matrix*

Dalam ruang *technical matrix* dihitung kontribusi dari masing-masing *technical response*. Dari hasil nilai kontribusi dapat ditentukan prioritas dari *technical response*. Hasil perhitungan lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil *Technical Matrix*

Kode Atribut	<i>Technical Response</i> (TR <sub>i</sub> )	% Kontribusi	Prioritas
TR1	Penggunaan sistem aerator	5,827	8
TR2	<i>Dewatering</i> mekanik	10,82	2
TR3	Pengolahan kembali air buangan	14,73	1
TR4	Penyediaan pompa cadangan	3,996	12
TR5	Perawatan pompa dan blower	4	11
TR6	Pemisahan ruang penyimpanan bahan kimia dan ruang pencampuran bahan kimia.	0	14
TR7	Pemanfaatan gaya gravitasi	10,2	7
TR8	Penggunaan pelindung diri	0	13
TR9	Pengaturan kecepatan aliran air pada intake 0,6-1,5 m/s	10,24	3
TR10	Pembuatan tanggul bak lumpur	4,99	9
TR11	Penambahan kaporit	4,44	10
TR12	Penambahan tekanan	10,24	4
TR13	Perbaikan intake	10,24	5
TR14	Perbaikan & pemanfaatan kembali IPA yang telah ada	10,24	6

Dengan menggunakan prinsip Pareto maka persentase kontribusi yang memiliki nilai 80% akan dijadikan prioritas perbaikan utama. *Technical response* yang terpilih adalah pengolahan kembali air lumpur buangan.

IPAM Babat menimbulkan lumpur (*sludge*) yang volume hariannya relatif besar yaitu sekitar 7.000.000 kg per hari. Jumlah lumpur ini tergantung pada debit air yang diolah, jumlah pemakaian bahan kimia, dan konsentrasi kekeruhan air baku. Makin besar debitnya dan makin tinggi konsentrasi padatnya, baik padatan kasar (*coarse solid*), padatan tersuspensi (*suspended solid*) maupun koloid, makin besar juga volume lumpur yang dihasilkan [2]. Jumlah pemakaian bahan kimia untuk penanganan kekeruhan tergantung pada tingkat kekeruhan, dengan meningkatnya pemakaian bahan kimia hal ini mengindikasikan adanya peningkatan produksi lumpur. Lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan air di IPAM berasal dari unit filtrasi dan umumnya berwarna cokelat pekat atau terkadang coklat kehijauan dan lumpur tersebut bersifat diskrit maupun flok. Lumpur dari filtrasi ini memanfaatkan *Sludge Drying Bed* kemudian dibuang ke tanah sebagai bahan urugan atau dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan batako [3] dan sebagai tanah urug untuk pertanian [1].

Secara geologis, lumpur adalah campuran air dan partikel endapan lumpur dan tanah liat. Lumpur yang banyak mengandung padatan diperoleh dari hasil proses pemisahan padat-cair dari limbah yang sering disebut dengan *sludge* atau lumpur encer. Didalam *sludge* tersebut sebagian besar mengandung air dan hanya beberapa persen berupa zat padat. Umumnya persentase kandungan air tersebut dapat mencapai 95-99% (Y. F. Muhammad, 2010). Tingginya kandungan air yang terdapat pada lumpur memungkinkan untuk dimanfaatkan kembali sebagai air baku proses untuk menghasilkan air bersih. Hal ini bertujuan untuk mengurangi volume lumpur yang

pada akhirnya dapat mengurangi kebutuhan lahan sebagai tempat pembuangan akhir lumpur, menambah jumlah air baku dengan jarak pengambilan air baku lebih dekat sehingga dapat mengurangi jumlah energi listrik dan menambah jumlah output air bersih, dan penggunaan air baku lebih bersih karena sebelumnya dilakukan pengendapan terlebih dahulu sehingga mengurangi jumlah bahan kimia untuk penjernihan.

### **Kesimpulan**

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

- 1) Berdasarkan hasil QFD dengan menggunakan HoQ dihasilkan 6 atribut VoC yang terdiri dari 1 atribut aspek lingkungan dan 5 atribut aspek kualitas dan 14 *technical response* untuk proses produksi air bersih yang digunakan sebagai dasar perbaikan proses produksi.
- 2) Hasil HoQ pada ruang *technical matrix* menunjukkan respon teknis yang memiliki prioritas tertinggi untuk ditindaklanjuti adalah pengolahan kembali air lumpur buangan. Hal ini dimaksudkan untuk air lumpur buangan dimanfaatkan kembali sebagai air baku pada proses produksi air bersih.

### **Ucapan Terimakasih**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada IPAM Babat, PDAM Lamongan yang telah mengizinkan untuk melakukan penelitian dan bersedia memberikan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Dan juga penulis berterimakasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas bantuan dana yang telah diberikan.

### **Daftar Pustaka**

- [1] Andriati, D., 1989, “Studi Pemanfaatan Langsung Lumpur dari Instalasi Penjernihan Air Minum Ngagel II Untuk Tanah Pertanian dan Tanah Urug”, *Tugas Akhir*, Program Studi Teknik Penyehatan FTSP-ITS, Surabaya.
- [2] Mary, S dan Azikin, 2002, “Penanganan Lumpur Instalasi Pengolahan Air Somba Opu”, *Science & Tecnology*, Universitas Hasanuddin, Vol. 5, No. 2: 1-11.
- [3] Maulanie E. & Nurjati C., 2002, “Pengendalian Banjir lewat Pemanfaatan Limbah Lumpur IPAM Yang Dibuang Langsung Ke Sungai”, *Prosiding Seminar Nasional Insentif Ekonomi dan Teknologi dalam Pembangunan Berkelanjutan*, Puslit KLH ITS, Surabaya.
- [4] M.J., Thorn., 2009, “Life-Cycle Assessment as a Sustainability Management Tool: Strengths, Weaknesses, and Other Considerations”, *Journal Environmental Quality Management*, vol. 20, no. 3, pp. 1-10.
- [5] Muhammad, Y. F., 2010, *Unsur Hara Makro dan Mikro*. Jakarta
- [6] Ravald, A. dan Gronroos, C., 1996, “The Value Concept And Relationship Marketing”, *European Journal of Marketing*, vol. 30, no. 2, pp. 19-30.
- [7] Reilly, Norman B., 1999, *The Team Based Product Development Guidebook*, ASQ Quality Press, Milwaukee Wisconsin.
- [8] Suparno, 2014, *Kajian Kesadaran Masyarakat Lamongan Terhadap Air Bersih, Pembuangan Sampah Ke Sungai Dan Penyebab Pencemaran Air*. Lamongan: Kantor Penelitian Dan Pengembangan Daerah Kabupaten Lamongan.
- [9] Vince, F., Aoustin, E., Breant, F., Marechal, F., 2008, “LCA Tool For The Environmental Evaluation of Potable Water Production”, *Journal Desalination*, vol. 220, no.1-3, pp. 37 -56.