

Perancangan Alat Pengolahan Limbah Cair Tahu

Hasan Hariri

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Pancasila
Jakarta
tigadan@yahoo.co.id

Eka Maulana dan Megara Munandar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas teknik
Universitas Pancasila
Jakarta
Munandar_gara@yahoo.co.id

Abstract— Tahapan proses produksi tahu adalah pencucian, perendaman, penggilingan, pemasakan, penyaringan, pengentalan, pencetakan dan pemotongan. Jumlah limbah cair proses produksi tersebut apabila dibuat secara langsung dapat mencemarkan lingkungan, khususnya terhadap kuantitas dan kualitas air tanah. Ketersediaan tahu untuk masyarakat Indonesia dipenuhi oleh industri kecil menengah. Pelaksanaan proses produksi tahu oleh industri kecil menengah di Indonesia masih mengabaikan dampak pencemaran lingkungan. Pengolahan limbah cair dengan metode anaerob-aerob telah diterapkan dalam bentuk prototipe melalui penggunaan 3 (tiga) median penyaring pada tahap anaerob dan pelarutan gas oksigen pada tahap aerob akan tetapi setelah melalui tahap uji kinerja memiliki kelemahan berupa : ukuran gelembung kecil, instalasi pipa mengalami kebocoran dan terjadi getaran terlalu besar, serta jumlah oksigen yang terlalu sedikit. Kelemahan yang terjadi pada teknologi pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan gas oksigen dapat teratasi dengan melakukan optimasi desain. Optimalisasi teknologi pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan gas oksigen untuk mencapai standar baku mutu limbah cair dilakukan menggunakan metode taguchi. Metode taguchi merupakan metode penerapan pemeriksaan kualitas produk pada tahap desain. Tujuan penelitian ini adalah tercapainya perwujudan teknologi pengolahan limbah cair tahu yang mampu mencapai baku mutu limbah cair industri.

Kata kunci— Metode taguchi, alat pengolah limbah cair tahu, limbah cair tahu.

I. PENDAHULUAN

Tahapan proses produksi tahu adalah pencucian, perendaman, penggilingan, pemasakan, penyaringan, pengentalan, pencetakan dan pemotongan. Tahu bermassa 80 kg dihasilkan dari pengolahan kedelai bermassa 60 kg dengan air bermassa 2.700 kg. Proses produksi tahu tersebut akan menghasilkan 70 kg ampas tahu dan 2.610 kg limbah cair. Jumlah limbah cair proses produksi tersebut apabila dibuat secara langsung dapat mencemarkan lingkungan, khususnya terhadap kuantitas dan kualitas air tanah (Srihartati et al, 2004). Ketersediaan tahu untuk masyarakat Indonesia dipenuhi oleh industri kecil menengah. Pelaksanaan proses produksi tahu oleh industri kecil menengah di Indonesia masih mengabaikan dampak pencemaran lingkungan.

Pengolahan limbah cair dengan metode anaerob-aerob telah diterapkan dalam bentuk prototipe melalui penggunaan 3 (tiga) median penyaring pada tahap anaerob dan pelarutan gas oksigen pada tahap aerob akan tetapi setelah melalui tahap uji kinerja memiliki kelemahan berupa : ukuran gelembung kecil, instalasi pipa mengalami kebocoran dan terjadi getaran terlalu besar, serta jumlah oksigen yang terlalu sedikit. Kinerja

teknologi ini bergantung kepada sparger (pelarut gas), instalasi pipa, dan pompa.

Kelemahan tersebut terbukti dengan tidak tercapainya standar baku mutu limbah cair yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Kelemahan yang terjadi pada teknologi pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan gas oksigen dapat teratasi dengan melakukan optimasi desain. Optimalisasi teknologi pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan gas oksigen untuk mencapai standar baku mutu limbah cair dilakukan menggunakan metode taguchi. Metode taguchi merupakan metode penerapan pemeriksaan kualitas produk pada tahap desain.

II. TINJAUAN PUSTAKA

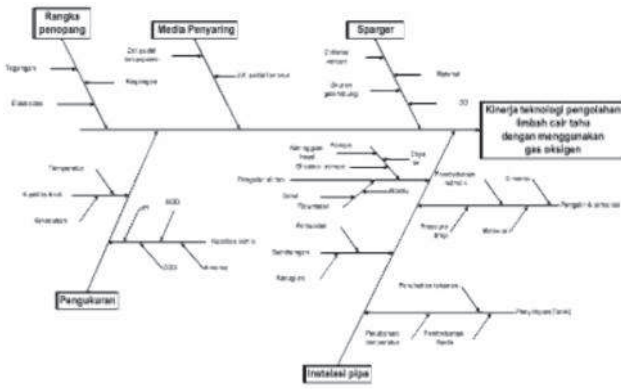
Komponen-komponen yang mempengaruhi kinerja teknologi pengolahan limbah cair tahu dengan gas oksigen adalah sparger, instalasi pipa, pengaturan aliran, alat ukur, media penyaring, dan penompang, dapat dilihat pada gambar 1.

A. Metode Taguchi

Metode taguchi diaplikasikan oleh perusahaan-perusahaan manufaktur Jepang dalam rangka memperbaiki kualitas produk dan proses. Penekanan lebih diutamakan pada rancangan kualitas pada produk dan proses, bukan pada taraf infeksi pada produksi. Di dalam perbaikan kualitas secara esensial taguchi memakai alat-alat statistik, tetapi dia menyederhanakan dengan mengidentifikasi beberapa petunjuk yang kuat untuk layout eksperimen dan menganalisa hasilnya.

Desain eksperimen

Suatu desain eksperimen adalah evaluasi secara serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) terhadap kemampuan untuk mempengaruhi rata-rata variabel hasil gabungan dari karakteristik suatu produk atau proses tertentu. Untuk mencapai hal ini secara efektif dan sesuai secara statistik, level dari faktor kontrol dibuat bervariasi, hasil dari kombinasi pengujian tertentu diamati, dan kumpulan hasil sengkapnya dianalisa untuk menentukan faktor-faktor yang berperan dan tingkatan yang baik, dan apakah peningkatan atau pengurangan tingkatan-tingkatan tersebut akan menghasilkan perbaikan lebih lanjut.



Gambar 1. Komponen yang mempengaruhi kinerja teknologi pengolahan limbah cair tahu

Metode taguchi

Metode taguchi merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode taguchi berupa mencapai sasaran itu dengan menjadikan produk atau proses “tidak sensitif” terhadap berbagai faktor seperti misalnya material, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi-kondisi operasional. Metode taguchi menjadikan produk atau proses bersifat kokoh (robust) terhadap faktor gangguan (noise), karena metode ini disebut juga sebagai perancangan kokoh (robust design).

III. TAHAPAN PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PENGAWETAN TAHU RAMAH LINGKUNGAN

A. Pernyataan Visi dan Misi

Pernyataan visi dan misi adalah hasil dari fase perencanaan yang melalui tahapan identifikasi kebutuhan yang diambil dari data sekunder melalui internet dengan hasil pengawetan tahu masih dilakukan dengan cara tradisional dengan menggunakan formalin, dapat dilihat pada tabel 1.

Terlihat pernyataan misi pada tabel 1 menunjukkan perwujudan teknologi pengawetan tahu dalam bentuk alat penghasil air jenuh O₂. Alat penghasil air jenuh O₂ diharapkan dapat diterapkan di industri tahu mulai dari produsen tahu, koperasi sebagai pengelola UKM tahu, pedagang tahu dan konsumen tahu.

TABLE I. PERNYATAAN MISI ALAT PENGHASIL AIR JENUH O₂

Pernyataan misi : Alat penghasil air jenuh O ₂	
Uraian Produk	• Alat yang mempunyai fungsi menghasilkan air berkandungan O ₂ untuk pengawetan tahu
Sasaran bisnis utama	• Produk dapat diluncurkan pada tahun 2014
Pasar utama	• Produsen pembuat tahu
Pasar kedua	• Pedagang tahu
	• Ibu rumah tangga
Asumsi-asumsi dan Batasan-batasan	• Pengawetan tahu dengan cara baru
	• Daya tahan tahu setelah diawetkan bisa lebih lama
Stakeholder	• Pedagang tahu
	• Produsen tahu
	• Bagian produksi
	• Bagian penjual

B. Konsep

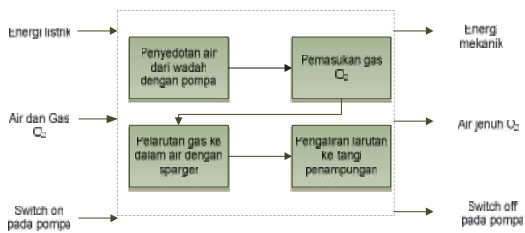
Pengembangan konsep dalam rangka memperoleh konsep yang sesuai dengan karakteristik industri tahu di Indonesia dilakukan melalui beberapa tahapan kegiatan yang meliputi: identifikasi kebutuhan pelanggan, spesifikasi produk, penentuan aliran fungsi/struktur fungsi, kombinasi konsep, seleksi konsep, penilaian konsep, dan pengujian konsep terpilih. Identifikasi kebutuhan diperoleh dari kuisioner kepada produsen tahu, pedagang tahu yang diterjemahkan ke dalam tabel kebutuhan pelanggan. Tabel kebutuhan pelanggan yang diperoleh dari hasil pengolahan data kuisioner menunjukkan hasil pengawetan tahu dan keamanan alat sewaktu penggunaan sebagai kebutuhan yang diprioritaskan oleh pelanggan. Kemudian kebutuhan pelanggan tersebut ditelaah berdasarkan komponen alat yang dapat mengakomodasi kebutuhan pelanggan yang ingin dicapai dan dituangkan dalam metrik-metrik kebutuhan yang memiliki kesamaan dengan House of Quality (HOQ). Metrik kebutuhan menunjukkan komponen alat yang mempengaruhi kinerja alat adalah sparger. Kemudian untuk memperoleh spesifikasi produk dilakukan pemetaan kemampuan produk pesaing yang memiliki kemampuan yang sama dengan alat penghasil air jenuh O₂. yang dituangkan kedalam tabel produk pesaing yang telah dinilai oleh konsumen yang dijadikan narasumber untuk kuisioner. Berdasarkan tabel produk pesaing terlihat kemampuan produk pesaing menunjukkan narasumber lebih memilih pengawetan dengan bantuan teknologi dan aman bagi kesehatan yaitu teknologi pengawetan tahu dengan vacuum chamber. Vacuum chamber merupakan teknologi pengawetan makanan padat dengan mempergunakan campuran 3 jenis gas (O₂, CO₂ dan N₂) akan tetapi teknologi tersebut membutuhkan investasi ratusan juta sehingga tidak cocok untuk diterapkan pada UKM yang memiliki keterbatasan modal, sehingga diperlukan teknologi pengawetan tahu yang aman dan ekonomis. Tahap selanjutnya adalah penetapan nilai untuk parameter penentu spesifikasi produk dengan melakukan perbandingan dengan produk pesaing, dapat dilihat pada tabel 2.

Diagram fungsi untuk teknologi pengawetan tahu menunjukkan urutan prinsip kerja secara garis besar untuk mengawetkan tahu terdiri dari penyedotan fluida dari wadah penampung air oleh pompa, pelarutan gas O₂ dalam air oleh sparger, pengaliran hasil pelarutan ke dalam wadah penyimpanan oleh pompa, pengaliran hasil pelarutan ke kembali ke dalam wadah penampung air yang mengalir berdasarkan perbedaan ketinggian, untuk kemudian disedot kembali oleh pompa dan proses terus berulang sebanyak 5 (lima) kali untuk menghasilkan air jenuh O₂. Diagram fungsi tersebut selanjutnya dihubungkan dengan alternatif tahapan proses pengawetan tahu dengan komponen pengendal dari masing-masing tahapan proses dalam bentuk tabel kombinasi. Dapat dilihat pada tabel 3.

TABLE II. SPESIFIKASI PRODUK

No Metrik	Kebutuhan	Metrik	Kepentingan	Satuan	Nilai Marginal	Nilai Ideal
1	1	Durasi pembuatan air jenuh O ₂	3	Mnt		
2	2,17	Daya pompa	2	L/mnt	50	35
3	3,5	Dimensi Alat	3	mm		
4	5,18	Waktu perawatan	3	Periode	1	1
5	18	Pengantian tabung gas	2	Mnt	10	5
6	4	Jumlah komponen	1	Buah	8	>10
7	8,13	Kemampuan pipa menahan tekanan	5	Bar		
8	7,9	Kemampuan rangka menahan beban	5	N	3000	2943
9	10,13	Kemampuan tempat pengawetan tahu menahan	4	Bar		
10	11	Kemampuan tempat pengawetan tahu menahan	4	°C		
11	7,12	Kemampuan regulator menahan tekanan	5	Bar		
12	13	kemampuan flow meter mengalirkan O ₂	5	mg/L		70
13	3,14	Kemudahan operator menggunakan flow meter	3	Subj	-	-
14	6	Umur pakai pipa	3	Thn	5	>5
15	6	Umur pakai sparger	3	Thn	5	>5
16	6	Umur pakai tempat pengawetan tahu	3	Thn	5	>5
17	6	Umur pakai meja	3	Thn	5	>5
18	6	Umur pakai pompa	3	Thn	5	>5
19	15	Kemampuan sparger menahan tekanan	5	Bar		
20	13,16	Kemampuan sparger mencampur O ₂	5	mg/L		70
21	13	Daya tahan tahu setelah diawetkan	5	Hari	>5	>7
22	13	Rasa tahu	5	Subj	-	-
23	13	Bau tahu	5	Subj	-	-

Spesifikasi produk pada tabel 2 dituangkan ke dalam diagram fungsi untuk membuat alternatif konsep.



Gambar 2. Diagram fungsi untuk teknologi pengawetan tahu

Kombinasi konsep pada tabel 3 menunjukkan 4(empat) alternatif konsep teknologi pengawetan tahu yaitu secara berurut pengawetan tahu dengan menggunakan sparger skala kecil dan menengah, pengawetan tahu dengan MAP, pengawetan tahu dengan larutan buatan tangan (larutan ekstrak herbal/formalin). Ke empat konsep tersebut dipilih dengan menggunakan matrik seleksi konsep dengan hasil seleksi menunjukkan konsep 2 terpilih.

TABLE III. KOMBINASI KONSEP

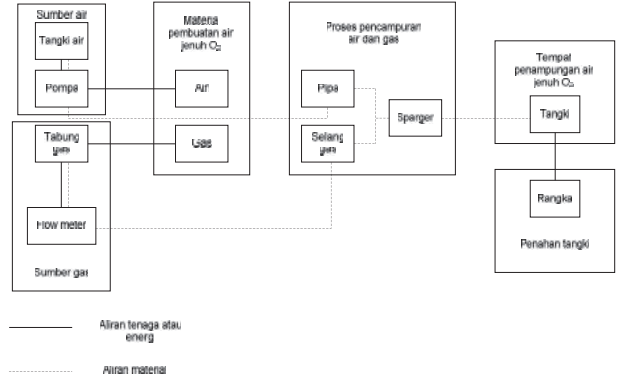
Metode pengawetan tahu	Proses pelarutan gas dalam air	Menerapkan metode pengawetan pada tahu	Pengalir air jenuh	Tempat penampungan
Perendaman tahu dengan air jenuh O ₂	Sparger (blanketing)	Air jenuh O ₂ + tahu	Pipa	Kaleng blek Tangki
Perendaman tahu dengan campuran 3 gas	Vacuum Chamber (blanketing)	Campuran 3 gas + tahu	Saluran beton permanen	Chamber machine
Perendaman dengan larutan ekstrak herbal	Perendaman manual	Larutan ekstrak herbal + tahu		Ember kecil
Perendaman dengan formalin		Formalin + tahu		
Keterangan:				
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> ➡ Kombinasi 1 ➡ Kombinasi 2 ➡ Kombinasi 3 </div>				

Penilaian rinci hanya dilakukan untuk konsep 1,2 dan 3 dengan menggunakan pembobotan nilai berdasarkan kriteria dari teknologi yang diprediksi mempengaruhi kinerja dari teknologi.

Hasil penilaian konsep menunjukkan konsep 2 sebagai konsep unggulan yaitu teknologi pengawetan tahu berdasarkan metode pelarutan gas O₂ dalam air atau dapat disebut sebagai alat penghasil air jenuh O₂ yang akan dikembangkan untuk fase perancangan dan pengembangan produk berikutnya.

C. Perancangan Tingkat Sistem

Perancangan tingkat sistem untuk alat penghasil air jenuh O₂ dilakukan dengan membuat arsitektur produk dan desain industrinya. Arsitektur produk berisikan elemen-elemen fungsional yang terdiri dari beberapa kumpulan komponen yang disebut dengan Chunk, dari alat berdasarkan tahapan proses pengawetan tahu pada diagram fungsi (Gambar 3).



Gambar 3. Chunk dari alat penghasil air jenuh O₂

Chunk dari alat penghasil air jenuh O₂ terdiri dari 6(enam) sebagai berikut:

Sumber air, kelompok komponen yang berfungsi sebagai bak penampungan air sebagai material dasar.

Sumber gas, kelompok komponen yang berfungsi sebagai penyuplai dan pengatur inputan gas O₂.

Materi pembuatan air jenuh O₂, kelompok komponen yang berfungsi sebagai lokasi tercampurnya air dengan gas.

Proses pecampuran material pembuatan air jenuh O₂, kelompok komponen yang berfungsi sebagai alat pelarut gas dalam air. Komponen yang dipergunakan pada proses pencampuran ini adalah instalasi pipa, instalasi gas, dan sparger.

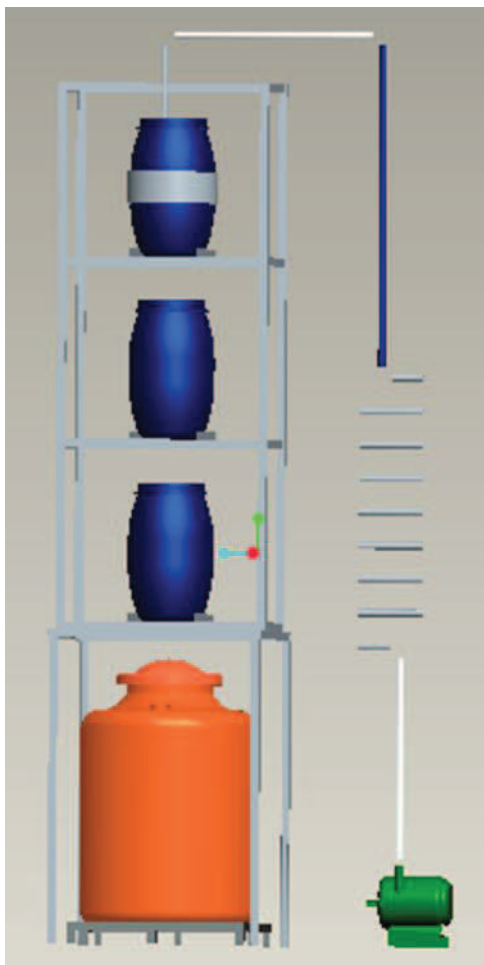
Penampungan, kelompok komponen yang berfungsi sebagai wadah penyimpanan air jenuh O₂.

Rangka, kelompok komponen yang berfungsi sebagai pondasi bagi wadah dan bak penampungan sehingga ketika air dan gas O₂ diputar mampu menahan beban wadah, air dan gas.

Setelah arsitektur produk terbentuk selanjutnya dilakukan pembuatan desain industri dengan kembali dilakukan penyebaran kuestioner untuk membuat tabel desain industri alat penghasil air jenuh O₂ yang dinilai kriteria ergonomis dan estetikanya oleh narasumber. Desain industri alat penghasil air jenuh O₂ menunjukkan keamanan saat pengoperasian teknologi, hasil pengawetan tahu dan kemudahan dalam perakitan menjadi perhatian konsumen. Sehingga dalam rancangan rinci harus diutamakan ketiga kriteria tersebut.

D. Perancangan Rinci

Keluaran dari perancangan rinci adalah rancangan dari alat penghasil air jenuh O₂ dan estimasi rincian biaya produksi dan perakitan. Konsep 2 yang telah terpilih melalui matrik penilaian dibuat rancangannya sebagai berikut:



Gambar 4. Rancangan Alat Penghasil Air Jenuh O₂

Faktor-faktor yang diamati terbagi atas faktor kontrol dan faktor gangguan. Dalam metode taguchi keduanya perlu diidentifikasi dengan jelas sebab pengaruh antar kedua faktor tersebut berbeda.

TABLE I. faktor kontrol yang berpengaruh pada perancangan limbah cair tahu

No	Faktor Kontrol
1	Bil Reynold yg Komprosibel
2	Suhu air / tekanan
3	Diameter pipa
4	Diameter venturi
5	Kecepatan aliran fluida
6	Kecepatan oksigen
7	Kecepatan Pompa

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini maka dapat di simpulkan :

1. Limbah cair tahu memiliki suhu 37-45 0C, kekeruhan 535-585 FTU, warna, 2.225-2.250 Pt. Co, amonia 23,3-23,5 mg/l, BOD₅ 6000-8000 mg/l dan COD 7.500-14.000 mg/l yang ada untuk saat in Sementara Kepmen LH No. 51/MENLH/10/1995 menetapkan limbah cair industri yang diperbolehkan Mengurangi nilai amonia menjadi 1-5 mg/l, BOD 50-150 mg.l dan COD 100-300 mg/l.

2. Dilakukannya proses secara berkali-kali pada gambar 4 agar nilai dari amonia, BOD, dan COD berkurang. Serta dilakukan pendesaianan tambahan untuk mendapatkan hasil yang optimal agar bisa mendapatkan air limbah yang sesuai dengan peraturan pemerintah.
3. Pengambungan / pencampuran antara limbah cair dengan oksigen, supaya bisa mendapatkan hasil limbah cair menjadi air yang dapat dibuang langsung kedalam sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alia Damayanti, Joni Hermawan, dan Ali Masduqi. (2004), Analisis Resiko Lingkungan dari Pengolahan Limbah Pabrik Tahu dengan Kayu Api(Pistia Stratiotes L.), Jurnal Purifikasi Vol.5, No.4, Hal. 151-156.
- [2] Ahmad Adrianto (2003), Penentuan Parameter Kinetika Proses Biodegradasi Anaerob Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit, Jurnal Natur Indonesia 6(1), Hal. 45-48.
- [3] Antara Nyoman Semadi (1996), Kinerja Sistem Lumpur Aktif pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu, Majalah Ilmiah Teknologi Pertanian Vol.2 No.1, Edisi 33.
- [4] Bower, John S., Sparger and Surface Gas Transfer for Cell Culture Bioreactors. Schering-Plough Research Institute.
- [5] Gede Eka Lesmana, Setiyono, and Yohanes Dewanto. (2011), Purification Process of Tofu Waste Water Factory, International Seminar on Chemical Engineering Soehadi Reksowardojo, ISBN No. 978-979-98300-1-2.
- [6] Jiang-Rong Li, and Yun-Hwa P Hsieh. (2004), Traditional Chinese Fodd Technology and Cuisine, Asian Pasific J Clin Nutr, Pg. 147-155.
- [7] Kaswinarni, Fibria. (2007), Kajian Teknik Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu, Tesis Pasca Sarjana Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro.
- [8] Kulkarni, A.V, Swarnendu, S., Roy, J.B.Joshi. (2007), Pressure and flow distribution in pipe and ring spargers: Experimental measurements and CFD Simulation, Chemical Engineering Journal 133, Pg. 173-186, diakses dari www.elsevier.com/locate/cej
- [9] Martial et all, Pengolahan Limbah Cair Pati Secara Aerob Menggunakan Mikroba Degra Simba, www.undip.ac.id, diakses pada tanggal 21 Februari 2012.
- [10] Srihartati, Takiyah Salim, dan Sukirno. (2004), Teknologi Penanganan Limbah Tahu Cair, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses, ISSN: 1411-4216.
- [11] Tuhu Agung R dan Hanry Sutan Winata. (2010), Pengolahan Air Limbah Industri Tahu dengan Menggunakan Teknologi Plasma, Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol2. No.2.
- [12] Webster, R.C, General Principles of Sparging, Food Industry Service Airco Sparging Equipment.
- [13] Wina at all. (2012), Teknologi Pengolahan Limbah Cair Tahu, draft jurnal PETRA online, Universitas PETRA, Surabaya.
- [14] Zhou, H dan Smith, D.W. (2002), Advance Technologies in Water and Wastewater Treatment, Journal Environment Engineering Science Vol.1, Hal. 247-264. NRC Research Paper.
- [15] Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.3 Tahun 1995, Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kawasan Industri.
- [16] Soejanto Irawan, (2009) desain eksperimen dengan metode taguchi, graha ilmu, yogyakarta.