

ANALISIS HASIL SAMPING N₂O UNTUK MENURUNKAN KONSENTRASI NH₃-N DENGAN PENAMBAHAN KAPORIT [Ca(OCl)₂]

Oki Liyana Sari^{1*}, Vivin Setiani², Novi Eka Mayangsari³

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

Email: okiliyana.sari32@gmail.com

Abstrak

Gas N₂O (Nitrus Oxide) atau yang biasa dikenal dengan gas bahagia, telah memasuki industri kesehatan selain dipergunakan pada industri automotive. Proses produksi gas N₂O (Nitrus Oxide) juga menghasilkan hasil samping yang berdasarkan analisa laboratorium dengan parameter COD, pH, TDS, TSS, NH₃-N. Pembatasan masalah pada tugas akhir ini adalah bagaimana cara mengolah konsentrasi NH₃-N yang berdampak pada lingkungan jika mempunyai nilai yang melampaui batas pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah (gol II adalah 10 mg/l dan gol I adalah 5 mg/l). Pada kasus ini, kita akan mengolah NH₃-N yang mempunyai nilai mencapai 7156.40 mg/L menggunakan metode pengolahan kimia dengan menambahkan Ca(OCl)₂. Hasil dari reaksi kimia tersebut akan menurunkan konsentrasi NH₃-N sampai 99% setelah melewati proses oksidasi. Untuk mencapai nilai pengolahan yang efisien pada konsumsi Ca(OCl)₂, kita membuat berbagai variasi dosis mulai dari 5gr/L sampai 25gr/L. Pada kesempatan ini kita juga membuat acuan kerja untuk mengolah hasil samping dari N₂O (Nitrus Oxide) untuk dilakukan di PT X.

Kata Kunci : Gas Bahagia, Kaporit, Nitrus Oxide, Nitrogen Sebagai Ammonia (NH₃-N), Hasil Samping

1. PENDAHULUAN

PT X merupakan suatu perusahaan multinasional yang bergerak di bidang perindustrian gas. Produk – produk yang dihasilkan oleh PT X cukup beragam yaitu : oksigen (O₂), argon (Ar), nitrogen (N₂), karbon dioksida (CO₂) dan nitrus okside (N₂O). Pada saat yang sama suatu kegiatan perindustrian yang dijalankan juga tidak terlepas dari hasil samping pengolahan suatu produk atau limbah. Hasil samping itu sendiri memiliki berbagai macam bentuk dan karakteristik sehingga ada yang mampu diolah kembali atau didaur ulang dan ada pula hasil samping yang tidak dapat di daur ulang sehingga harus melewati perlakuan khusus, saat di buang ke lingkungan tidak menimbulkan bahaya bagi lingkungan sekitar kita.

Salah satu produksi di PT X yang menghasilkan hasil samping yaitu produksi N₂O. N₂O ini memiliki nama ilmiah *nitrous okside* atau gas bahagia. Hasil samping N₂O ini terbentuk dari hasil percampuran bahan mentah *Ammonium Nitrate* (NH₄NO₃) dimasukkan ke melter dan pelelehan dikontrol memakai panas. Cairan yang dihasilkan secara otomatis diinjeksikan ke dalam reaktor, yang didalamnya *Ammonium Nitrate* mengalami *thermal decomposisi* menjadi *nitrous oxide* dan uap air. Uap air diembunkan dalam *condenser* dengan pendingin air lawan arah. Aliran gas kemudian menuju ke beberapa step pemurnian kimia dalam satu seri yang terdiri atas 5 menara penyerapan. Menara-menara tersebut berisi *Raschig ring*. Pemurnian diperoleh dalam menara-menara ini dengan mencuci gas dengan menggunakan larutan kimia dengan material konstruksi yang tepat.

Selesai melewati proses tersebut dilakukan pembersihan yaitu membuang semua bahan kimia yang terdapat didalamnya dengan membuka valve dan mengalirkan dalam satu pipa pembuangan. Dimana kondisi fisik dari hasil samping N_2O yang terbentuk adalah berupa cairan dengan warna keunguan. Selain itu setelah dilakukan uji laboratorium dengan parameter yang telah dipilih diketahui bahwa konsentrasi dari masing – masing parameter sebagai berikut pH : 7,50, Total N(NH_3-N) : 7.156,40 mg/L NH_3-N , TSS : 3.785,00 mg/l, TDS : 22.800,00 mg/l, COD: 18,00 mg/l. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah telah ditetapkan parameter untuk golongan II adalah pH : 6,0 – 9,0, Total N(NH_3-N): 10 mg/l , TSS: 400 mg/l, TDS: 4.000 mg/l, COD: 300 mg/l. Untuk nilai pH dan COD sudah memenuhi persyaratan, namun untuk nilai TDS, TSS, dan Total N(NH_3-N) belum memenuhi persyaratan karena nilainya yang terlampaui tinggi. Maka dari itu diperlukan adanya pengolahan hasil samping N_2O sebelum dibuang ke lingkungan.

Hasil samping N_2O adalah hasil samping yang dalam proses pengolahannya perlu mendapat perlakuan khusus antara lain pengolahan secara fisika, kimia dan biologi. Pengolahan fisika digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan kotoran-kotoran kasar, penyisihan lumpur dan pasir serta mengurangi zat-zat organik yang ada dalam air limbah (Pujiastuti, 2004). Pengolahan kimia adalah pengolahan yang menggunakan zat kimia untuk membantu proses pengolahan selanjutnya. Limbah cair yang diolah biasanya mengandung zat-zat tersuspensi dan koloid yang bersifat stabil sehingga sulit mengendap. Untuk membantu penggumpalan perlu ditambah zat koagulan/flokulan, sehingga dapat mempercepat terbentuknya gumpalan yang cepat mengendap (Pujiastuti, 2004). Pengolahan limbah cair secara biologi secara umum meniru apa yang terjadi secara proses alamiah yang disebut self purification process. Keadaan ini terjadi manakala konsentrasi Oksigen (O_2) terlarut mencapai tingkat kejenuhan (Pujiastuti, 2004).

Pada penelitian ini lebih memfokuskan pengolahan untuk menurunkan konsentrasi dari NH_3-N . Oleh karena itu dilakukan pengolahan secara kimia dengan menambahkan bahan kimia dengan dosis tertentu yang nantinya diharapkan mampu menurunkan konsentrasi NH_3-N . Setelah itu dilakukan tahap pengolahan selanjutnya yaitu proses fisik berupa sedimentasi untuk mengendapkan dan filtrasi untuk menyaring cairan hasil samping N_2O . Setelah melewati tahapan proses pengolahan hasil samping N_2O selanjutnya diharapkan dapat dibuang ke lingkungan dengan kondisi yang lebih ramah lingkungan.

2. METODOLOGI

2.1. Pengertian Industri

UU No. 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian adalah tatanan dan segala kegiatan yang bertalian dengan kegiatan industri. Industri adalah seluruh bentuk kegiatan ekonomi yang mengolah bahan baku dan / atau memanfaatkan sumber daya industri sehingga menghasilkan barang yang mempunyai nilai tambah atau manfaat lebih tinggi, termasuk jasa industri.

2.2 Industri Gas

Industri gas adalah pabrik yang menyangkut aneka jenis gas yang harus diproduksi pabrik-pabrik gas untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat. Gas – gas yang dibutuhkan banyak pihak antara lain karbondioksida, hidrogen, oksigen, asetilena, helium, argon dan neon.

2.3. Definisi Air Limbah

Air limbah merupakan air bersih yang sudah tercemar kualitasnya sehingga memiliki kandungan yang berbeda dengan air murni. Air limbah terbentuk akibat buangan dari hasil kerja baik industri, agrikultur, maupun air buangan rumah tangga. Tingkat kontaminasi yang terjadi pada air limbah sangat bervariasi untuk setiap buangan dari setiap sumber berbeda dalam kontaminan dan konsentrasinya (Patterson, 1997). Berdasarkan pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 definisi air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan yang dapat menurunkan kualitas lingkungan. Air limbah yang tidak ditampung dan diolah dengan benar dapat mencemarkan lingkungan yang berimbas kepada kesehatan makhluk hidup tidak dapat disepelekan karena memungkinkan terjadi akumulasi pada ekosistem, sehingga kontaminasi yang terjadi akan terus menumpuk dan bertambah kadarnya dalam ekosistem sedikit demi sedikit.

2.4. Parameter Analisa Limbah

Berikut ini beberapa parameter yang dipergunakan pada pengelolaan air limbah:

1. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical Oxygen Demand merupakan analisis terhadap jumlah *oksigen* yang digunakan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada didalam 1 liter sample air dengan menggunakan pengoksidasi KCrO sebagai sumber *oksigen*. Angka COD yang didata merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organis, dimana secara alami dapat dioksidasikan melalui proses microbiologi yang mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air (Alaerts dan Santika, 1987).

2. pH (*Power Hydrogen*)

pH adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa suatu larutan. Ia merupakan juga suatu cara untuk menyatakan konsentrasi ion H⁺. Dalam penyediaan air, pH merupakan satu faktor yang mempengaruhi aktivitas pengolahan yang akan dilakukan (Sutrisno dan Eni, 2006).

3. TSS (Padatan Tersuspensi/*Total Solid Suspended*)

Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel - partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil daripada sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya. Sebagai contoh, air permukaan mengandung tanah liat dalam bentuk suspensi yang dapat 10 tahan sampai berbulan-bulan, kecuali jika keseimbangannya terganggu oleh zat-zat lain sehingga mengakibatkan terjadi penggumpalan, kemudian diikuti dengan pengendapan. Selain mengandung padatan tersuspensi, air buangan juga sering mengandung bahan-bahan yang bersifat koloid, misalnya protein (Fardiaz, 1992).

4. TDS (Padatan Terlarut/*Total Dissolved Solid*)

Padatan terlarut adalah padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil daripada padatan tersuspensi. Padatan ini terdiri senyawa-senyawa anorganik dan organik yang larut air, mineral dan garam-garamnya. Sebagai contoh, air buangan pabrik gula biasanya mengandung berbagai jenis gula yang larut, sedangkan air buangan industri 11 kimia sering mengandung mineral-mineral seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenic (As), cadmium (Cd), Khromium (Cr), Nikel (Ni), Cl₂, serta garam-garam kalsium dan magnesium yang mempengaruhi kesadahan air. Selain itu air buangan juga sering mengandung sabun, deterjen dan surfaktan yang larut air, misalnya pada air buangan rumah tangga dan industri pencucian (Fardiaz, 1992). Total padatan terlarut (*Total Dissolved Solid*) adalah bahan-bahan terlarut (diameter < 10⁻⁶ mm) dan koloid (diameter < 10⁻⁶ mm - < 10⁻³ mm) yang berupa senyawa kimia dan bahan-bahan lain yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter 0,45 µm. TDS termasuk dalam parameter fisik dimana konsentrasi atau jumlahnya dalam air bersih telah ditetapkan dalam Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih. Tingginya TDS merupakan bahan pertimbangan dalam menentukan sesuai atau tidaknya air untuk penggunaan rumah tangga.

a)

uh i syarat : Apabila hasilnya adalah 1.500 mg/l.

Memenuhi

b)

memenuhi syarat : Apabila hasilnya lebih dari 1.500 mg/l.

Tidak

5. Nitrogen

Nitrogen merupakan salah satu unsur penting bagi pertumbuhan organisme dan proses pembentukan *protoplasma*, serta merupakan salah satu unsur utama pembentukan protein. Di perairan *nitrogen* biasanya ditemukan dalam bentuk *ammonia*, *ammonium*, *nitrit* dan *nitrat* serta beberapa senyawa *nitrogen organik* lainnya. Pada umumnya *nitrogen* diabsorpsi oleh *fitoplankton* dalam bentuk *nitrat* (NO₃ – N) dan *ammonia* (NH₃ – N). *Fitoplankton* lebih banyak menyerap NH₃ – N dibandingkan dengan NO₃ – N karena lebih banyak dijumpai diperairan baik dalam kondisi *aerobik* maupun *anaerobik*. Senyawa-senyawa nitrogen ini sangat dipengaruhi oleh kandungan *oksigen* dalam air, pada saat kandungan *oksigen* rendah *nitrogen* berubah menjadi *amoniak* (NH₃) dan saat kandungan *oksigen* tinggi *nitrogen* berubah menjadi *nitrat* (NO₃) (Arumz, 2012).

6. NH₃ (*Ammonia*)

Ammonia (NH₃) merupakan senyawa *alkali* yang berupa gas tidak berwarna dan dapat larut didalam air. Pada kadar di bawah 1 ppm dapat di deteksi adanya bau yang menyengat (plog; Niland dan Quinland, 1996). *Ammonia* berasal dari *reduksi* zat organik (HOCNS) secara *microbiologis* (Hammer, 1996).

Kadar NH₃ yng tinggi di dalam air selalu menunjukkan adanya pencemaran. Dari segi estetika, NH₃ mempunyai rasa kurang enak dan bau sangat menyengat, sehingga kadar NH₃ harus rendah, pada air minum kadar NH₃ harus 0 dan pada air permukaan harus dibawah 0,5 mg/l N (Alaerts dan Santika, 1987)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

- **Pengolahan Hasil Samping N₂O di PT X**

PT X adalah perusahaan yang memproduksi di bidang gas dimana salah satu gas yang dihasilkan adalah gas N₂O. Dalam produksinya N₂O memiliki hasil samping berupa cairan yang memerlukan pengolahan. PT X sudah melakukan pengolahan untuk hasil samping N₂O namun sangatlah sederhana. Pengolahan sederhana yang PT X lakukan adalah pengolahan secara fisika yang berupa sedimentasi. PT X memiliki 2 bak penampungan yang salah satunya terhubung langsung dengan pipa pembuangan sedangkan bak yang lain merupakan bak pemisah antara lumpur dan air. Berdasarkan pengolahan tersebut belum ada metode lanjutan untuk pengolahan hasil samping ini. Hasil samping yang telah melewati pengolahan fisik yaitu sedimentasi menghasilkan air yang terpisah dengan lumpur langsung dibuang ke lingkungan sekitar area bak penampungan tanpa mempertimbangkan zat – zat lainnya yang terlarut dalam air hasil sedimentasi tersebut.

. **Tabel 4.1** Hasil Analisis Karakteristik Hasil Samping N₂O

No	Parameter	Satuan	Hasil analisa	Metode analisa
1	Ph	-	7,50	pH meter
2	Total N	mg/L NH ₃ -N	7.156,40	kjeldahl
3	TSS	mg/L	3.785,00	gravimetri
4	TDS	mg/L	22.800,00	gravimetri
5	COD	mg/L O ₂	18,00	refluks

- **Pengolahan Kimia NH₃-N di PT X**

Metode yang digunakan untuk mengurangi konsentrasi NH₃-N adalah dengan metode kimia yaitu penambahan kaporit dengan dosis tertentu. Ca(OCl)₂ yang dikenal dengan nama kaporit merupakan senyawa yang banyak digunakan oleh PDAM dalam pengolahan air minum karena senyawa ini dapat membunuh bakteri atau mikroorganisme. Sebagai *oksidator*, kaporit digunakan untuk menghilangkan bau dan rasa pada pengolahan air bersih. Untuk mengoksidasi Fe(II) dan Mn(II) yang banyak terkandung dalam air tanah menjadi Fe(III) dan Mn(III) (Aziz et al, 2013). Dalam proses tersebut tidak hanya dilakukan penambahan bahan kimia yang berfungsi sebagai bahan yang mampu mengurangi konsentrasi NH₃-N dilakukan pula proses pengadukan. Tujuan adanya proses pengadukan agar kaporit yang ditambahkan mudah tercampur dan larut dalam cairan sampel (hasil samping N₂O).

Metode pengadukan bahan kimia kaporit dengan menggunakan jar test. Pada proses penggunaan jar test, cairan sampel dimasukkan kedalam gelas beaker 1 L sebanyak 5 gelas beaker kemudian 5 gelas beaker yang sudah siap dipasang pada jar test. Setelah gelas beaker terpasang pada jar test proses selanjutnya penambahan kaporit yang sudah terlebih dahulu ditimbang dengan dosis yang berbeda - beda.

Tabel 4.2 variabel dosis kaporit yang dicampurkan

No	1	2	3	4	5
Dosis kaporit(gr)	5	10	15	20	25

- **Keefektifan Penurunan Nilai Konsentrasi NH₃- N**

Proses pengolahan cairan sampel (cairan hasil samping N_2O) dengan menambahkan bahan kimia berupa kaporit dengan dosis yang telah disesuaikan. Terjadi penurunan konsentrasi NH_3-N yang cukup besar dan dari hasil penurunan tersebut dapat dituliskan dalam bentuk persen. Penulisan bentuk persen berfungsi mempermudah pembaca untuk melihat seberapa besar keefektifan dari metode yang telah dilaksanakan. Hasil ini menunjukkan bahwa pengolahan hasil samping N_2O dengan metode kimia yaitu penambahan kaporit guna menurunkan nilai konsentrasi NH_3-N dinilai cukup efektif. Efektifitas tersebut dibuktikan dengan dosis kaporit yang dipakai relatif rendah yaitu 5gr/L. Data diatas menunjukkan masing – masing dosis kaporit memberi nilai penuruna konsentrasi NH_3-N yang berbeda – beda tergantung dari besar kecilnya dosis. Percobaan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semakin besar dosis kaporit yang ditambahkan ke cairan sampel semakin banyak pula endapan yang dihasilkan. namun turunnya nilai konsentrasi NH_3-N bukan karena endapan tersebut. Penyebab turunnya nilai konsentrasi NH_3-N telah diberikan penjelasan yang terdapat pada sub bab 4.1.3 tentang reaksi yang terjadi antara kaporit yang dibubuhkan untuk menurunkan nilai konsentrasi NH_3-N dengan cairan sampel. Besarnya nilai penurunan konsentrasi NH_3-N yang dihasilkan oleh masing – masing dosis kaporit yang dibubuhkan dapat dilihat pada sub bab 4.2.

- **SOP Proses Pengolahan NH_3-N di PT X**

Sebelum melakukan proses pengolahan sampel terdapat hal – hal yang perlu diperhatikan demi keamanan dan keselamatan selama proses pengolahan. Sehingga dibuatlah acuan kerja untuk proses pengolahan sampel (hasil samping N_2O) yang dilakukan di PT X . Proses pengolahan sampel di PT X menggunakan 2 tahapan. Tahapan pertama yaitu proses penyimpanan atau penampungan sedang tahapan akhir adalah proses pengolahan. Proses penampungan berfungsi untuk menyimpan sampel karena proses pengolahan tidak dilakukan setiap hari. Proses penampungan berfungsi agar sampel tidak terbuang kelingkungan sebelum diolah. Tahap akhir adalah tahap pengolahan sampel (hasil samping N_2O) dengan metode yang telah ditetapkan. Setelah sampel melewati proses pengolahan maka sampel dapat dibuang kelingkungan dengan nilai konsentrasi NH_3-N yang sesuai baku mutu yang telah ditetapkan. Form acuan kerja proses pengolahan NH_3-N di PT X dapat dilihat diLampiran 3.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Setelah proses pengolahan cairan sampel (cairan hasil samping N_2O) dengan menambahkan bahan kimia diketahui keefektifan penurunan nilai konsentrasi NH_3-N yaitu dengan diperolehnya nilai persentase masing – masing adalah 99,92%, 99,95%, 99,96%, 99,96%, 99,97% dan dari data tersebut diperoleh presentase rata – ratanya adalah sebesar 99,95%. Hasil ini menunjukkan bahwa pengolah hasil samping N_2O dengan metode kimia yaitu penambahan kaporit guna menurunkan nilai konsentrasi NH_3-N dinilai cukup efektif.
2. Dosis kaporit yang digunakan bervariasi yaitu 5gr/L, 10gr/L, 15gr/L, 20gr/L dan 25gr/L. Dari kelima dosis tersebut dosis yang efektif untuk menurunkan nilai konsentrasi NH_3-N yaitu 25 gr/L. Karena mampu menurunkan konsentrasi menjadi 1,86 mg/L. Namun bila di tinjau ulang dosis 5 gr/L sudah cukup, karena dosis tersebut sudah mampu menurunkan konsentrasi NH_3-N menjadi 5,51 mg/L, nilai tersebut sudah memenuhi baku mutu golongan II.
3. Bukan hanya memperhatikan penurunan nilai konsentrasi NH_3-N . Prosedur pengolahan sampel (hasil samping N_2O) untuk PT X juga perlu diperhatikan. Oleh karena itu di buatlah acuan kerja proses pengolahan yang berlandaskan pada peraturan – peraturan yang telah ditetapkan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adli. 2012. *Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode Presipitasi Dan Adsorpsi Untuk Penurunan Kadar Logam Berat*. Depok. Univ. Indonesia.
- Alaerts. G, Santika. S.S. 1987. *Metoda Penelitian Air. Usaha Nasional*. Surabaya.
- Aminullah. 2015. *Keefektifan Dosis Kaporit [Ca(Ocl)₂] Dalam Menurunkan Kadar Amoniak (NH₃) Pada Limbah Cair Rumah Sakit Pku Muhammadiyah Surakarta*, Surakarta, Univ. Muhammadiyah Surakarta
- Aziz etal . 2013. *Pengaruh Penambahan Tawas Al₂(So₄)₃ Dan Kaporit Ca(Ocl)₂ Terhadap Karakteristik Fisik Dan Kimia Air Sungai Lambidaro*.Palembang. Univ.Sriwijaya.
- Depnakertrans. 2007. *Himpunan Peraturan Perundang-undangan Ketenaga*

kerjaan. Jakarta.

Droste. 1975. *Theory And Practice Of Water And Waste Water Treatment*. John Wiley & Sons.Inc.New York

Effendi. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolah Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan*. Penerbit: Kanisius. Yogyakarta.

Fardiaz. 1992. *Mikrobiologi Pangan I*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Hendrawati etal. 2007. Analisis Kadar Fosfat Dan N-Nitrogen (Amonia, Nitrat, Nitrit) Pada Tambak Air Payau Akibat Rembesan Lumpur Lapindo Di Sidoarjo, Jawa Timur. Jakarta. Univ.Islam Negri Syarif Hidayatullah

Hartono. 2006. Pengolahan Limbah Industri Pembersih Rumah Tangga Secara Koagulasi. Skripsi S1 Kimia Program Sarjana Univ. Indonesia.

Patterson. 1977. *Carbonate Precipitation For Heavy Metals Pollutans*. Chicago. USA.Illinois Institute Of Technology.

Kiely. 1987. *Environmental Engineering*. The McGraw-Hill Companies. London

Lin. 2001. *Water And Wastewater Calculattion Manual*. The McGraw-Hill.USA.