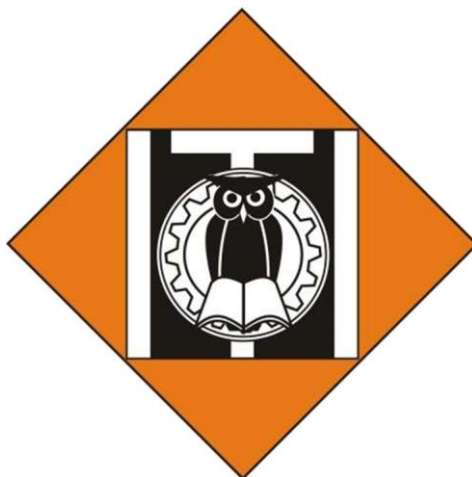


LAPORAN PENGABDIAN MASYARAKAT



EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI VAKSIN

Disusun oleh:

Ketua: Dr. Ir. Enjarlis., MT., IPM

Anggota:

Ir. Satrio Kuntolaksono, ST, M.Sc.Eng., Ph.D., IPP

Karna Wijaya (1141820023)

Shabri Huda (1141820046)


**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**


Februari 2023

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Evaluasi Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Vaksin
Jenis PkM : Lingkungan dan Produk Hayati
Ketua PkM : Dr. Ir. Enjarlis., MT., IPM
NIDN : 0308086404
Jabatan fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Teknik Kimia
HP dan Email : 081381234418 dan en.jarlis@iti.ac.id
Anggota Mahasiswa I : Karna Wijaya
NRP : 1141820023
Mahasiswa II : Shabri Huda
NRP : 1141820046
Intitusi Sumber Dana : PT Vaksindo Satwa Nusantara
Biaya Penelitian : 75 juta

Kota Tangerang Selatan, 10 Februari 2023

Ketua Program Studi Teknik Kimia

(Dr. Ir. Wahyudin., MSc., IPM)

Ketua Tim

(Dr. Ir. Enjarlis., MT., IPM)

Menyetujui

Kepala Pusat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat


Prof. Dr. Ir. Joelianingsih., MT., IPM)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga laporan Pengabdian kepada Masyarakat dengan judul ***“Evaluasi Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Vaksin”*** dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada direktur PT Vaksindo Satwa Nusantara yang memberi kesempatan dan biaya kegiatan ini, sehingga kegiatan pengabdian dapat berlangsung dengan baik. Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan laporan penelitian ini masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Serpong, 10 Februari 2023



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS KHUSUS	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Manfaat.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sumber Limbah	5
2.2 Tangki Penyimpanan	7
2.2.1 Klasifikasi Tangki Penyimpan.....	8
2.2.2 Tangki Atmosferik dan Tekanan Rendah	8
2.3 Prosedur Desain Tangki	12
2.3.1 Pemilihan Desain Tangki.....	12
2.3.2 Penentuan Dimensi Tangki Atmosferik.....	13
2.3.3 Pengenalan Pembagian Tinggi Tangki	13
2.3.4 Proses Desain Tangki	14
2.4 <i>Killing Tank System</i>	18
2.5 Unit Pengolahan Air Limbah pada <i>Killing Tank System</i>	19
2.5.1 <i>Collecting Tank</i>	19
2.5.2 <i>Cooling Tank</i>	19
2.5.3 <i>Emulsion Collecting Tank</i>	20
2.5.4 <i>Killing Tank</i>	20
2.5.5 <i>Coalescer Plate</i> atau <i>Oil Skimmer</i>	20
2.6 Parameter Release Re-design <i>Killing Tank System</i>	21
2.6.1 Virus Avian Influenza	21
2.6.2 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	22

2.6.3 <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	22
2.6.4 <i>Biological Oxygen Demand (BOD)</i>	23
2.6.5 pH	23
2.6.6 BJ (Berat Jenis).....	24
2.6.7 Suhu	24
2.7 <i>Advanced Oxidation Process (AOP)</i>	24
2.7.1 Ozonasi	25
2.7.2 H ₂ O ₂ (Hidrogen Peroksida).....	26
2.7.3 O ₃ /H ₂ O ₂	26
BAB III PEMECAHAN MASALAH	27
3.1 Metodologi	27
3.1.1 Pengambilan Sampel Uji	27
3.1.2 Inaktivasi <i>Avian Influenza</i> menggunakan AOP berbasis ozon	28
3.1.3 Inokulasi Sampel Pada Telur	28
3.1.4 Ekstraksi <i>RNA</i> menggunakan <i>Viral Nucleic Acid</i>	28
3.1.5 <i>Mixing</i> RT-PCR	29
3.1.6 Parameter Uji Pendukung dan Metode Pengujian	30
3.2 Data Pengamatan	31
3.3 Perhitungan.....	32
3.3.1 <i>Generator Ozon</i>	32
3.3.2 <i>Design Killing Tank</i>	32
3.3.3 <i>Design H₂O₂ Tank</i>	39
3.3.4 Desain Sistem Pengaduk.....	45
3.3.5 Perancangan <i>Nozzle</i>	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	52
4.1 Hasil	52
4.1.1 Analisis Ekonomi.....	52
4.1.2 Spesifikasi Alat	56
4.2 Pembahasan	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	63

DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bentuk Tangki	7
Gambar 2. 2 <i>Fixed Roof Tank</i>	9
Gambar 2. 3 <i>External Floating Roof Tank</i>	10
Gambar 2. 4 <i>Internal Floating Roof Tank</i>	11
Gambar 2. 5 <i>Domed External Floating Roof Tank</i>	12
Gambar 2. 6 Pembagian Tinggi Tangki	14
Gambar 2. 7 <i>Process Flow Diagram Killing Tank System</i> pada HMI.....	18
Gambar 2. 8 <i>Killing Tank System</i> dan <i>Coalescer Plate</i> untuk Pemisahan Minyak	19
Gambar 2. 9 <i>Collecting Tank, Cooling Tank, Emulsion Collecting Tank</i>	19
Gambar 2. 10 Mekanisme Kerja <i>Coalescer Plate</i>	20
Gambar 2. 11 Metode AOP dan Kombinasinya.....	24
Gambar 3. 1 <i>Re-design Killing Tank</i>	32
Gambar 3. 2 <i>Killing Tank dengan Baffle</i>	33
Gambar 3. 3 <i>Head Tangki Berdasarkan Brownell and Young</i>	37
Gambar 3. 4 <i>H₂O₂ Tank</i>	39
Gambar 3. 5 <i>Head Tangki Berdasarkan Brownell and Young</i>	43
Gambar 3. 6 <i>Flat Blade Turbine Agitator with Disk Having Six Blade</i>	45
Gambar 3. 7 Grafik Hubungan antara N'Re dan Np (<i>Geankoplis</i>)	47
Gambar 3. 8 <i>Nozzle</i>	48
Gambar 4. 1 Pra-rancangan <i>Re-Design Killing Tank System</i>	52
Gambar 4. 2 <i>Boiler</i>	53
Gambar 4. 3 <i>Killing Tank</i>	56
Gambar 4. 4 <i>Ozone Generator</i>	57
Gambar 4. 5 Tangki H ₂ O ₂	58
Gambar 4. 6 <i>Dosing Pump</i>	59
Gambar 4. 7 Area <i>Re-Design</i> pada <i>Killing Tank System</i>	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sumber Limbah di PT Vaksindo Satwa Nusantara.....	5
Tabel 2. 2 Karakteristik Limbah Cair AIH5/AIH9 Sebelum dan Setelah <i>Re-design Killing Tank System</i>	6
Tabel 2. 3 Tabel <i>Flash Point</i> dan Diameter Tangki.....	13
Tabel 2. 4 Diameter dan tinggi tangki dari tabel standar API 650.....	16
Tabel 2. 5 Diameter dan <i>Minimum Thickness Tank</i>	18
Tabel 3. 1 Matriks Pencampuran <i>Reagen, Primer Probe</i> dan Sampel Uji	29
Tabel 3. 2 Program RT-PCR.....	30
Tabel 3. 3 <i>Cut Off</i> Masing-Masing metode (AIH5 & AIH9).....	30
Tabel 3. 4 <i>Standard Baku Mutu Air Limbah Farmasi</i>	30
Tabel 3. 5 Parameter Uji Pendukung dan Metode Pengujian	30
Tabel 3. 6 Hasil Inaktivasi Limbah Vaksin <i>Avian Influenza</i> terhadap Kombinasi H ₂ O ₂ 2% dan Ozonasi	31
Tabel 3. 7 Data Sebelum dan Setelah Perlakuan dengan Variabel H ₂ O ₂ 2 % + O ₃ 20 menit pada <i>Killing Tank</i>	31
Tabel 4. 1 Perbandingan Biaya Ekonomi.....	55
Tabel 4. 2 Rincian Biaya Investasi.....	55
Tabel 4. 3 Hasil Uji Parameter Pendukung (pH, Berat Jenis, Suhu, TSS, COD, BOD)	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Manajemen energi adalah kegiatan terpadu untuk mengendalikan konsumsi energi agar tercapai pemanfaatan energi yang efektif dan efisien untuk menghasilkan keluaran yang maksimal melalui tindakan teknis secara terstruktur dan ekonomis untuk meminimalisasi konsumsi bahan baku dan bahan pendukung (Riadi, 2019).

Air limbah yang belum terolah mengandung banyak bahan berbahaya yang perlu dioksidasi agar tidak menimbulkan kerugian bagi masyarakat. Tercemarnya suatu perairan dapat diketahui dengan pemeriksaan parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*). Semakin tinggi kandungan BOD dan COD maka mengindikasikan bahwa pencemaran pada suatu perairan sangat tinggi (Sugiharto, 2014).

PT Vaksindo Satwa Nusantara merupakan unit JAPFA *Group* yang bergerak dibidang farmasi hewan yang berfokus pada pembuatan vaksin inaktif (ND, IB, AIH5, AIH9, Coryza) dan vaksin aktif (FaDV, FPOX, ILT, EDS).

Dalam proses produksi vaksin *Avian Influenza* dari *strain* virus AIH5 dan AIH9, PT Vaksindo Satwa Nusantara menghasilkan limbah padat dan limbah cair. Proses produksi vaksin tersebut yaitu telur SPF (*Specific Patogen Free*) usia 11 hari yang digunakan sebagai media pertumbuhan pada proses inokulasi *working seed strain* virus AIH5 dan AIH9, setelah diinokulasi ke telur, melewati masa inkubasi selama 1-3 hari lalu dilakukan proses *harvest* menggunakan alat *egg decapper* dan mesin *harvest* dengan piston untuk proses pengambilan *allantois* dari telur yang mati. *Allantois* tersebut digunakan sebagai antigen, lalu diinaktivasi menggunakan Formalin 3%, selanjutnya dicampurkan dengan *Emulsifier*, *Tween*, *Span*, *Marcol*, *Hot PW* (*Purified Water*) untuk menjadi vaksin inaktif. Sisa bagian telur yang tidak digunakan, menjadi **limbah padat**, yang selanjutnya akan melewati proses destruksi dengan autoklaf destruksi pada kondisi 121 °C, 1 bar, 60 menit. Tidak dilakukan

proses *harvest* pada telur yang hidup, karena mengindikasikan bahwa kandungan *virus content* pada telur tersebut rendah, sehingga tidak mampu mematikan embrio telur tersebut. Kandungan *virus content* yang rendah bukan berarti tidak mengandung virus *Avian Influenza (AIH5 dan AIH9)* sehingga perlu *treatment* lebih lanjut untuk mematikan kandungan virus tersebut, melewati autoklaf destruksi untuk limbah padat seperti organ ayam dan *killing tank* untuk **limbah cair** yang meliputi *allantois* dari telur yang hidup, Hasil CIP (*Clean in Place*) & SIP (*Sterilization in Place*) tangki yang digunakan pada proses pembuatan vaksin *Avian Influenza (AIH5 dan AIH9)*.

Proses pengolahan limbah cair hasil produksi vaksin *Avian Influenza (AIH5 dan AIH9)* yang berlangsung selama ini di PT Vaksindo Satwa Nusantara yaitu limbah cair melewati *collecting Tank* untuk mengumpulkan limbah cair dari ruang produksi vaksin AIH5 dan AIH9. Setelah itu dilanjutkan ke *killing tank* dengan kondisi 85 °C, dengan *holding time* selama 45 menit, lalu dilanjutkan ke *cooling Tank* untuk diturunkan suhunya menjadi 40-50 °C, lalu dilanjutkan ke WWTP (*Waste Water Treatment Plant*) untuk diproses dengan sumber limbah cair lainnya.

Permasalahan yang terjadi adalah setelah melewati *killing tank* dengan kondisi tersebut, pada saat dilakukan sampling dan dilakukan uji inaktivasi pada media telur SPF (*Specific Pathogen Free*) masih ada telur yang mati. Hal ini mengindikasikan bahwa proses disinfeksi pada *killing tank* dengan utilitas *steam* dari *boiler* pada kondisi 85 °C, dengan *holding time* selama 45 menit belum optimal. Sedangkan suplai *steam* yang diperlukan sudah cukup banyak untuk *killing tank* berkapasitas 4,000 liter.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi di PT Vaksindo Satwa Nusantara, maka dibutuhkan penyelesaian yang dapat mengurangi *cost* atau beban utilitas *steam* yang digunakan pada proses disinfeksi di *killing tank*, serta optimal dalam mendisinfeksi virus *Avian Influenza (AIH5 dan AIH9)*. Oleh sebab itu, topik yang diambil untuk tugas khusus selama kerja praktek di PT Vaksindo Satwa Nusantara yaitu *re-design* dari *killing tank system* yang merupakan kelanjutan dari hasil penelitian yang telah kami lakukan (Karna Wijaya & Shabri Huda, mahasiswa program studi Teknik Kimia PKP ITI 2018)

terkait substitusi penggunaan utilitas *steam* pada *killing tank system* menjadi AOP berbasis ozonasi yaitu H_2O_2 2% + Ozonasi (O_3) selama 20 menit (0,026 gram O_3 /200 mL sampel), berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, kombinasi variabel tersebut adalah yang terbaik, karena menghasilkan tingkat disinfeksi yang sangat baik dengan nilai *CT* hingga *No CT* dan *quantity virus* = 0 (tidak ada) serta penurunan kadar COD, BOD, TSS yang cukup baik. Selain itu, jika dibandingkan dari segi *cost* dan efektifitas waktu, hasil *re-design killing tank system* akan jauh lebih efektif dan efisien jika dibandingkan dengan disinfeksi menggunakan *steam*. Disinfeksi menggunakan *steam* belum optimal dari segi daya bunuh terhadap virus *Avian Influenza*, sehingga berbahaya terhadap lingkungan, serta kadar COD, BOD, TSS nya pun masih tinggi.

Metode AOP merupakan teknik oksidasi dengan memanfaatkan spesies sangat reaktif, misalnya radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$). Cakupan teknologi AOP cukup luas dan telah digunakan dalam pengolahan air limbah selama satu dekade terakhir (Antonopoulou, et al., 2014)

Terdapat beragam tipe AOP dengan basis reaksi yaitu: oksidasi Fenton, elektrooksidasi, iradiasi UV, sonikasi, dan ozonasi. Dalam beberapa studi pada pengolahan air limbah, metode AOP efektif digunakan untuk menurunkan kadar COD, BOD, NH_4 , Mikroorganisme dan TSS dengan mekanisme reaksi yang berbeda berdasarkan tipe AOP yang digunakan, masing-masing tipe memanfaatkan ion radikal pada reaksinya.

1.2 Tujuan

Tujuan dari kerja praktek ini adalah untuk *re-design* suatu *killing tank system* yang efisien dan efektif, dari segi *cost* dan juga kemampuan disinfeksi terhadap virus *Avian Influenza*. Hasil dari kerja praktek ini diharapkan dapat menjadi evaluasi, peningkatan maupun perbaikan mutu dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

1.3 Manfaat

Manfaat dari *Re-Design Killing Tank System* untuk Disinfeksi Virus pada Limbah Cair Vaksin *Avian Influenza* dengan Metode AOP Berbasis Ozonasi ($O_3 + H_2O_2$) adalah untuk dihasilkan suatu sistem *pre-treatment* untuk disinfeksi virus *Avian Influenza* pada *killing tank system* dengan hasil akhir dan tinjauan ekonomi yang optimal, efektif, dan efisien.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mencapai tujuan yang diinginkan dalam kerja praktek, maka perlu dilakukan pembatasan masalah yang dihadapi yaitu :

- A. Limbah cair produksi vaksin *Avian Influenza* (AIH5 dan AIH9) di PT Vaksindo Satwa Nusantara
- B. Metode AOP berbasis ozonasi yang digunakan dalam proses disinfeksi yaitu H_2O_2 2% + Ozonasi (O_3) selama 20 menit (0,026 gram O_3 /200 mL sampel)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber Limbah

PT Vaksindo Satwa Nusantara merupakan unit JAPFA *Group* yang bergerak dibidang farmasi hewan yang berfokus pada pembuatan vaksin inaktif (ND, IB, AIH5, AIH9, Coryza) dan vaksin aktif (FaDV, FPOX, ILT, EDS).

Dalam proses produksi vaksin *Avian Influenza* dari *strain* virus AIH5 dan AIH9, PT Vaksindo Satwa Nusantara menghasilkan limbah padat dan limbah cair yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 1 Sumber Limbah di PT Vaksindo Satwa Nusantara

Limbah Padat	Limbah Cair
Sisa bagian telur yang tidak digunakan pada proses <i>Harvest</i> telur	<i>Allantois</i> dari telur yang hidup (tidak digunakan pada proses <i>harvest</i> produksi)
<i>Disposable syringe</i> , dan peralatan padat lainnya yang digunakan pada proses produksi, dan uji laboratorium	Bilasan CIP (<i>Clean in Place</i>) tangki
Sampah padatan umum (sampah dari perkantoran, ruangan, dsb)	Bilasan SIP (<i>Sterilization in Place</i>) tangki
Ayam hasil pengujian vaksin BSL-2 dan BSL-3	Pencucian dan sanitasi dari laboratorium, MCK, Wastafel

Yang akan menjadi fokus pada kerja praktek ini adalah terkait *re-design killing tank system* terhadap limbah cair yang melewati sistem ini, yaitu : *Allantois* dari telur yang hidup (tidak digunakan pada proses *harvest* produksi), Hasil bilasan CIP (*Clean in Place*) & SIP (*Sterilization in Place*) tangki yang digunakan pada proses pembuatan vaksin *Avian Influenza* (AIH5 dan AIH9). Pada *re-design* ini dilakukan substitusi *steam* sebagai disinfektan menjadi H₂O₂ 2 % + Ozonasi (O₃) 20 menit. Dengan hasil yang telah dilakukan pada penelitian kami sebelumnya adalah sebagai berikut :

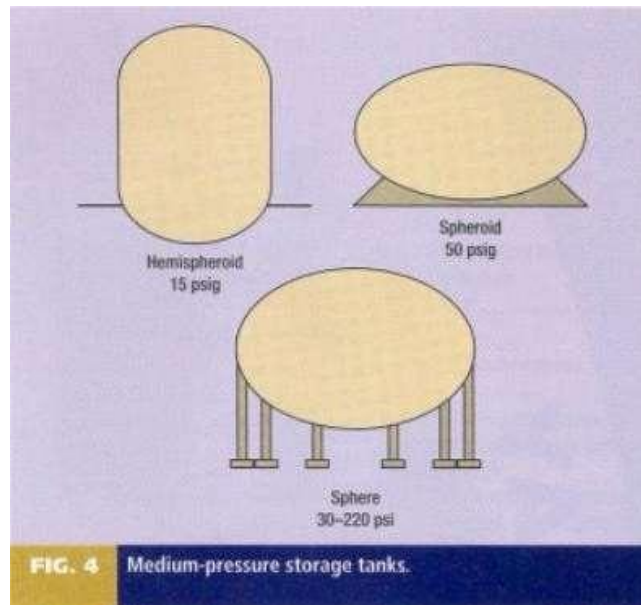
Tabel 2. 2 Karakteristik Limbah Cair AIH5/AIH9 Sebelum dan Setelah *Re-design Killing Tank System*

Parameter	<i>Pre-Treatment</i>	H ₂ O ₂ 2% + O ₃ 20 menit	<i>Standard</i>	Satuan
Laju alir	280	280	-	L/jam
Tekanan	1	1	-	atm
Suhu	26	26	-	°C
pH	6,52	7,16	6.0 – 9.0	-
Berat jenis	970,2	988,8	-	Kg/m ³
TSS	149	62	100	mg/L
COD	1172,85	661,53	300	mg/L
BOD	585,42	324,84	100	mg/L
Jumlah Virus AIH5	138,786,192.00	0	-	<i>Quantity</i> (Unit/0.1ml)
Jumlah Virus AIH9	22,091,644.00	0	-	<i>Quantity</i> (Unit/0.1ml)

Standard untuk pH, Suhu, BJ, TSS, COD, BOD mengacu pada PERMENLH RI Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah (Industri Farmasi Lampiran XXXIX). Untuk parameter jumlah virus, tidak ada literatur, jurnal yang mengatur secara terperinci mengenai ambang batas maksimum kandungan virus *Avian Influenza* dalam limbah cair. Tetapi dalam *re-design* ini variabel yang dipilih sudah terbukti mampu menurunkan nilai CT hingga No CT dan *quantity virus* = 0 (tidak ada).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, kombinasi variabel tersebut adalah yang terbaik, karena menghasilkan tingkat disinfeksi yang sangat baik dengan nilai CT hingga No CT dan *quantity virus* = 0 (tidak ada) serta penurunan kadar COD, BOD, TSS yang cukup baik. Selain itu, jika dibandingkan dari segi *cost* dan efektifitas waktu, hasil *re-design killing tank system* akan jauh lebih efektif dan efisien jika dibandingkan dengan disinfeksi menggunakan *steam*. Disinfeksi menggunakan *steam* belum optimal dari segi daya bunuh terhadap virus *Avian Influenza*, sehingga berbahaya terhadap lingkungan, serta kadar COD, BOD, TSS nya pun masih tinggi.

2.2 Tangki Penyimpanan



Gambar 2. 1 Bentuk Tangki

Tangki penyimpanan (*storage tank*) berfungsi sebagai tempat pengumpulan sementara bahan baku sebelum diproses lebih lanjut menjadi produk akhir. *Storage tank* juga digunakan untuk mengumpulkan dan menyimpan produk akhir sebelum didistribusikan. Hampir semua *storage tank* didesain dengan merujuk pada standar *American Petroleum Institute (API) 650*. Ukuran tangki penyimpan bervariasi dengan diameter mulai dari 2 m hingga 60 m atau lebih. *Storage tank* biasanya diletakkan di dalam suatu ceruk (*dike*) yang berfungsi untuk menampung tumpahan dari tangki jika terjadi kebocoran. *Storage tank* ada yang dikonstruksi dengan pengelasan (*welded tank*), penyambungan menggunakan baut (*bolted tank*).

Storage tank dapat diklasifikasikan berdasarkan tekanan operasi (atmosferik, tekanan rendah atau medium), temperatur operasi (*ambient* dan temperatur rendah) serta tipe konstruksinya (di atas tanah, di bawah tanah, dan dinding ganda). Faktor utama yang paling menentukan pemilihan tipe *storage tank* serta desain ukurannya adalah tekanan uap fluida yang disimpan pada temperatur ambient.

2.2.1 Klasifikasi Tangki Penyimpan

A. Atmosferik

Tangki dengan tekanan atmosferik didesain untuk menyimpan bahan pada tekanan *ambient*.

B. Tekanan rendah [0-17 kPa(ga)]

Tangki ini biasanya digunakan untuk menyimpan produk antara dan produk akhir yang butuh tekanan operasi mendekati atmosferik hingga mencapai tekanan gas 17 kPa(ga). Geometri tangki tekanan rendah biasanya silinder dengan bagian dasar datar atau berbentuk piringan dan atap berbentuk kerucut atau kubah. *Storage tank* yang dilengkapi dengan sistem refrigerasi biasanya dioperasikan pada tekanan 3.5 kPa(ga).

C. Tekanan medium [17-100 kPa(ga)]

Tangki dengan tekanan operasi medium biasanya digunakan untuk menyimpan produk antara dan akhir dengan tingkat volatilitas relatif tinggi yang tidak bisa disimpan pada tekanan rendah. Geometri tangki tekanan medium biasanya silinder dengan bagian dasar datar atau berbentuk piringan dan atap berbentuk kerucut atau kubah. Tangki dengan tekanan medium biasanya dikonstruksi dengan pengelasan. Tangki bola juga bisa dipilih untuk tekanan operasi mendekati 100 kPa(ga).

D. Tekanan Tinggi [>100 kPa(ga)]

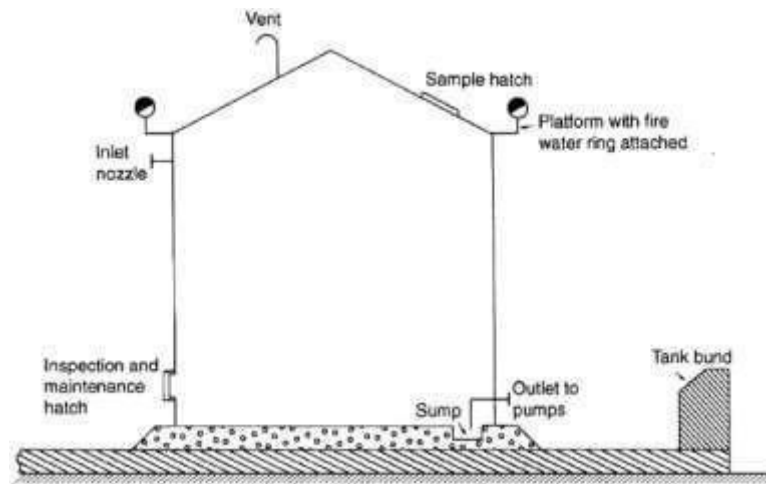
Tangki dengan tekanan operasi tinggi biasanya digunakan untuk menyimpan produk murni pada tekanan di atas 100 kPa(ga). Geometri tangki tekanan tinggi bisa berupa silinder atau bola yang disambung dengan pengelasan.

2.2.2 Tangki Atmosferik dan Tekanan Rendah

Tangki atmosferik dan tekanan rendah dibagi menjadi 6 kategori yang dibedakan berdasarkan posisi dan bentuk atap (penutup) tangki yaitu:

A. *Fixed Roof*

Fixed roof tank biasanya digunakan untuk menyimpan bahan yang fasa uapnya tidak berpotensi menimbulkan kebakaran. Karena adanya ruangan yang cukup untuk fasa gas, maka tangki jenis ini cenderung menghasilkan kehilangan produk akibat evaporasi yang cukup signifikan. Oleh karena itu tangki dengan atap tetap biasanya digunakan untuk menyimpan produk yang tidak mudah menguap pada temperatur ambient atau pada temperatur operasi tangki. Tangki tipe ini terdiri dari lempengan-lempengan baja yang dibentuk menjadi silinder dengan atap bisa berbentuk kerucut, kubah, atau datar. Tangki jenis ini dilengkapi dengan *breather valve* (*pressure vacuum valve*) pada bagian atapnya. Fungsi dari *valve* ini adalah untuk ‘pernapasan’ tangki ketika pengisian dan pengosongan.



Gambar 2. 2 *Fixed Roof Tank*

B. *Floating Roof*

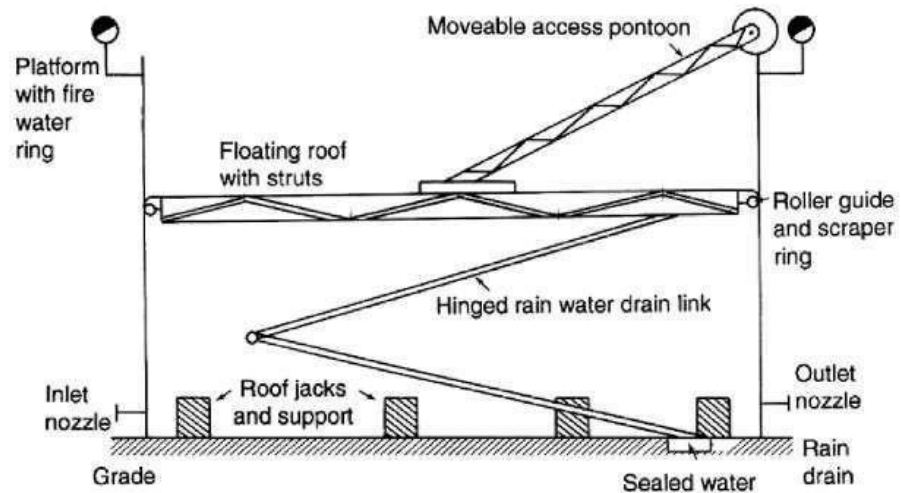
Untuk tangki tipe ini, atap tangki tidak tetap di satu tempat melainkan ‘mengambang’ tepat di atas permukaan *liquid* sehingga tidak ada ruangan untuk uap. Dengan demikian tingkat kehilangan produk karena penguapan relatif lebih rendah pada *floating roof tank*. Sedikitnya ruang vapor di dalam tangki juga memperkecil potensi bahaya ketika produk dimasukkan atau dikeluarkan dari tangki.

Floating roof tank lebih dipilih dibanding *fixed roof tank* ketika ukuran tangki semakin besar, tekanan uap tangki pada temperatur

penyimpanan relatif tinggi, dan titik nyala produk di bawah temperatur penyimpanan. *Floating roof tank* juga lebih dipilih untuk menyimpan produk yang mudah menyala karena gesekan seperti produk-produk ringan minyak bumi, kerosene dan minyak mentah. *Floating roof tank* terbagi menjadi dua kategori, *external floating roof tank* dan *internal floating roof tank*.

C. External Floating Roof Tank

Tangki ini didesain untuk beroperasi pada tekanan atmosferik dan biasanya untuk tangki dengan diameter di atas 15 m (walaupun tidak menutup kemungkinan tangki jenis ini dipakai untuk diameter yang lebih kecil pada kondisi spesial). *External floating roof tank* biasanya terdiri dari silinder terbuka yang dilengkapi dengan atap yang mengambang di atas permukaan liquid. Posisi atap mengikuti naik-turunnya permukaan liquid yang dimaksudkan untuk menjaga ruang *vapor* di dalam tangki tetap seminimal mungkin. Bagian-bagian *external floating roof tank* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

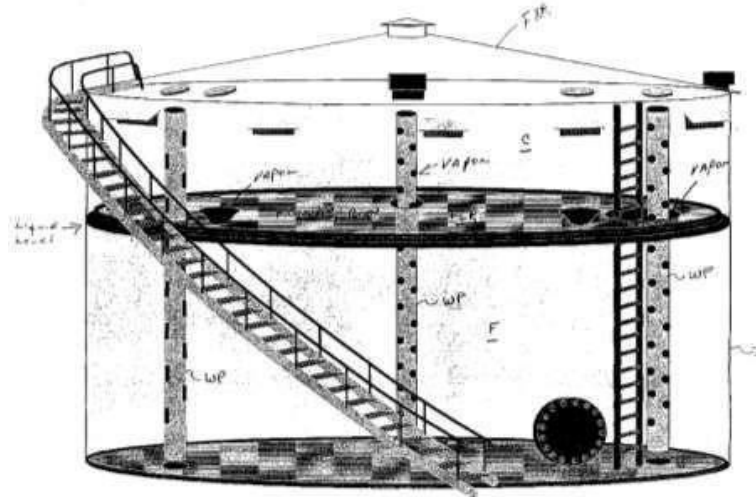


Gambar 2. 3 External Floating Roof Tank

D. Internal Floating Roof Tank

Tangki jenis ini memiliki dua atap, satu atap ‘mengambang’ sementara atap lain yang posisinya tetap (*fixed roof*) diletakkan di atas *floating roof*. Desain tangki ini dikembangkan pada pertengahan 1950an untuk menyediakan perlindungan bagi *floating roof* dari

gangguan-gangguan luar seperti hujan, salju dan sambaran petir. Ruang *vapor* yang terletak di atas *floating roof* dan di bawah *fixed roof* meliputi ventilasi untuk mensirkulasi fasa *vapor* yang terakumulasi sehingga menekan kemungkinan terbentuknya campuran uap yang mudah terbakar.



Gambar 2. 4 *Internal Floating Roof Tank*

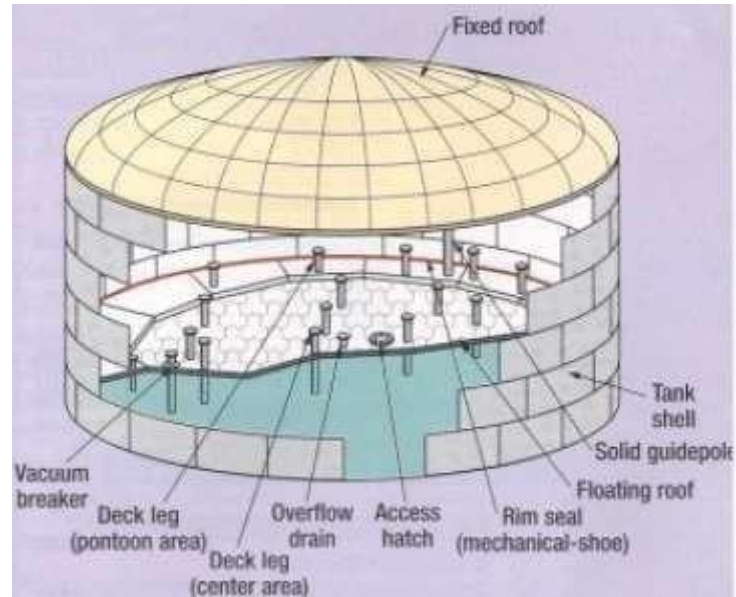
Tangki dengan desain seperti ini digunakan ketika:

- Tangki berada di lokasi dengan frekuensi turun salju cukup tinggi. Beban salju dan air di atas *floating roof* dapat mempengaruhi pergerakan naik turun atap mengikuti permukaan *liquid*.
- Air hujan bisa saja menyusup ke dalam tangki. Jika kontaminasi air hujan pada cairan yang disimpan di dalam tangki tidak diperbolehkan, maka *internal floating roof* tank harus digunakan.
- Penggunaan *fixed roof* tank akan menghasilkan banyak kehilangan *vapor*.
- Kontak antara *liquid* yang disimpan dengan udara harus dihindari.

E. Domed External Floating Roof Tank

Domed external floating roof tank biasanya merupakan hasil *retrofitting* (modifikasi atau peningkatan teknologi) dari *internal floating roof tank*. Fungsi *fixed roof* pada tangki jenis ini bukanlah sebagai penahan *vapor* melainkan untuk menahan angin. Seperti

halnya internal *floating-roof tank*, tangki ini juga dilengkapi dengan ventilasi untuk mensirkulasi vapor dari dalam tangki. Model *domed external floating roof tank* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 5 *Domed External Floating Roof Tank*

2.3 Prosedur Desain Tangki

2.3.1 Pemilihan Desain Tangki

Tabel di bawah berisi rangkuman tipe dan rentang diameter yang direkomendasikan untuk menyimpan berbagai jenis produk *liquid*. Faktor-faktor penting lain seperti *evaporation losses*, *pumping losses*, kondisi iklim, polusi udara, kondisi tanah, dan peraturan setempat juga sebaiknya dipertimbangkan ketika memilih tipe dan ukuran yang sesuai.

Tabel 2. 3 Tabel Flash Point dan Diameter Tangki

Product Category	Tank Diameter			
	3 - 12.5	15 - 20	22.5 - 39	42 - 72
<i>Flash point < 21°C</i>	<i>High-and low-pressure cone roof</i>	<i>High-and low-pressure cone and dome roof/external and internal floating roof</i>	<i>External floating Roof (preferably)/low pressure cone and dome roof</i>	<i>External roof floating</i>
<i>21°C ≤ flash point < 55°C</i>	<i>Low-pressure cone roof</i>	<i>Low pressure cone and dome roof/external and internal floating roof</i>	<i>External and internal floating roof (preferably)/lowpressure cone and dome roof</i>	<i>External roof floating</i>
<i>Flash point ≥ 55°C</i>	<i>Non-pressure (atmospheric) cone roof</i>	<i>Non-pressure cone and dome roof</i>	<i>Non-pressure cone and dome roof</i>	<i>Non-pressure cone roof</i>

2.3.2 Penentuan Dimensi Tangki Atmosferik

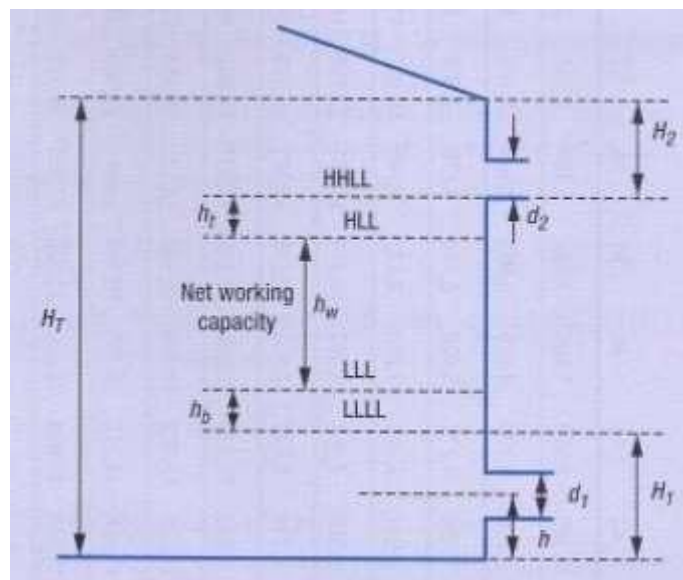
Prosedur berikut ini meliputi metode penentuan diameter dan tinggi *fixed roof* dan *external/internal floating-roof tank* serta tinggi minimum dan maksimum liquid di dalam tangki atmosferik dan tekanan rendah.

2.3.3 Pengenalan Pembagian Tinggi Tangki

Gambar di bawah menunjukkan diagram sebuah tangki *fixed roof* dengan dasar datar. Berikut adalah penjelasan untuk tiap bagian ketinggian dan kapasitas tangki *fixed roof*.

1. Kapasitas nominal tangki adalah volume tangki ketika terisi dari bagian dasar hingga bagian teratas lempengan silinder (setinggi H_T).
2. Kapasitas tangki dari LLL-HLL dinamakan *net working capacity*.
3. Jarak dari dasar tangki hingga ketinggian minimum cairan (LLLL) dinamakan *bottom dead height* (H_1). Ketinggian minimum untuk H_1 adalah 24 in. *Level* cairan di dalam tangki tidak diukur dari bagian dasar namun dari titik LLLL.
4. Kapasitas tangki dari LLLL hingga HHLL dinamakan *working capacity*. Ketinggian cairan 100% terbaca ketika cairan mencapai titik HHLL.

5. H_2 atau jarak antara HHLL dengan bagian teratas lempengan dinamakan sebagai *vapor space height* dengan nilai minimum sebesar 18 in.
6. Jarak antara HLL-HHLL disimbolkan dengan h_t dengan nilai minimum sebesar 100 mm.
7. d_1 adalah diameter *nozzle* aliran keluar (*outlet*) *liquid*. Gunakan asumsi $d_1 = 12$ in.
8. d_2 adalah diameter *nozzle* untuk mengeluarkan *liquid* yang melimpah (ketika ketinggian *liquid* melebihi titik HHLL). Gunakan asumsi $d_2 = 12$ in.



Gambar 2. 6 Pembagian Tinggi Tangki

2.3.4 Proses Desain Tangki

A. Kondisi operasi dan properti fisik

Sebelum merancang dimensi tangki data kondisi operasi dan properti fisik harus tersedia. Kondisi operasi dan properti fisik yang dibutuhkan antara lain:

1. Temperatur operasi, °C
2. Tekanan operasi, kPa
3. Tekanan uap *liquid* pada temperatur penyimpanan
4. Laju alir *inlet liquid* (Q_{in}), m^3/hr
5. Waktu penyimpanan (t), hr

6. Laju alir *outlet liquid* (Q_{out}), m^3/hr
7. Densitas *liquid* pada temperatur penyimpanan (ρ_{liq}), kg/m^3
8. Diameter *nozzle inlet, outlet* (d_1) dan *overflow* (d_2)

B. Pilih disain tangki sesuai kondisi operasi

Pilih jenis tangki *fixed roof, external floating roof* atau *internal floating roof* dengan mempertimbangkan tekanan uap liquid pada temperatur penyimpanan (temperatur operasi storage tank).

C. Hitung *volume liquid* yang akan disimpan (*net working capacity, V_1*)

Volume liquid yang akan disimpan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut. Asumsi *overdesign* 10%.

$$V_1 = Q_{in} \times t \times 1.1$$

**D. Pilih diameter dan tinggi tangki dari tabel standar API 650
d disesuaikan dengan nilai V_1 .**

Tabel 2. 4 Diameter dan tinggi tangki dari tabel standar API 650

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9	Column 10	Column 11
Tank Diameter m	Capacity per m of Height m^3	Tank Height (m) / Number of Courses in Completed Tank								
		3.6 / 2	5.4 / 3	7.2 / 4	9 / 5	10.8 / 6	12.6 / 7	14.4 / 8	16.2 / 9	18 / 10
3	7.07	25	38	51	64	76	—	—	—	—
4.5	15.9	57	86	115	143	172	—	—	—	—
6	28.3	102	153	204	254	305	356	407	—	—
7.5	44.2	159	239	318	398	477	557	636	716	795
9	63.6	229	344	458	573	687	802	916	1,031	1,145
<i>D = 18</i>										
10.5	86.6	312	468	623	779	935	1,091	1,247	1,403	1,559
12	113	407	611	814	1,018	1,221	1,425	1,629	1,832	2,036
13.5	143	515	773	1,031	1,288	1,546	1,804	2,061	2,319	2,576
15	177	636	954	1,272	1,590	1,909	2,227	2,545	2,863	3,181
18	254	916	1,374	1,832	2,290	2,748	3,206	3,664	4,122	4,580
<i>D = 18</i>										
21	346	1,247	1,870	2,494	3,117	3,741	4,364	4,988	5,089	—
24	452	1,629	2,443	3,257	4,072	4,886	5,700	5,474	<i>D = 20</i>	—
27	573	2,061	3,092	4,122	5,153	6,184	6,690	<i>D = 22</i>	—	—
30	707	2,545	3,817	5,089	6,362	7,634	<i>D = 26</i>	—	—	—
36	1,018	3,664	5,497	7,329	9,161	<i>D = 30</i>	—	—	—	—
<i>D = 36</i>										
42	1,385	4,988	7,481	9,975	—	—	—	—	—	—
48	1,810	6,514	9,772	11,966	—	—	—	—	—	—
54	2,290	8,245	12,367	<i>D = 46</i>	—	—	—	—	—	—
60	2,827	10,179	15,268	—	—	—	—	—	—	—
66	3,421	12,316	16,303	—	—	—	—	—	—	—
<i>D = 62</i>										
<p>NOTE The nominal capacities given in this table were calculated using the following formula:</p> <p>In SI units:</p> $C = 0.785D^2H$ <p>where</p> <p>C is the capacity of tank, in m^3;</p> <p>D is the diameter of tank, in m (see A.4.1);</p> <p>H is the height of tank, in m (see A.4.1).</p> <p>The capacities and diameters in italics (Columns 4 through 11) are the maximums for the tank heights given in the column heads, based on a maximum permissible shell-plate thickness of 13 mm, a maximum allowable design stress of 145 MPa, a joint efficiency of 0.85, and no corrosion allowance (see A.4.1).</p>										

E. Hitung nilai H_1 , H_2 , h_w , h_t , h_b

$$h = d_1 + 5 \text{ in}$$

$$H_1 = h + \frac{3}{2}d_1$$

$$H_2 = \frac{3}{2}d_2$$

$$h_w = \frac{4V_1}{\pi D^2}$$

$$h_t = 0.01h_w$$

$$h_b = H_T - H_1 - H_2 - h_w - h_t$$

h_b juga dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$h_b = \frac{Q_{out} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ menit}} \times 3 \text{ menit}}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{0.2Q_{out}}{\pi D^2}$$

Keterangan : 3 menit adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengeluarkan *liquid* dari ketinggian LLL hingga mencapai LLLL.

F. Hitung nilai nominal capacity (V_N) tangki

$$V_N = (H_1 + H_2 + h_t) \frac{\pi D^2}{4} + V_1 + V_2$$

Dimana V_2 adalah *volume liquid* dari LLL-LLLL yang dihitung dengan cara

$$V_2 = \frac{\pi D^2}{4} \times h_b$$

G. Evaluasi nilai V_N

Bandingkan nilai V_N yang telah dihitung dengan nilai V (*volume* yang terbaca di tabel).

- Jika $V_N \leq V$, maka gunakan diameter dan tinggi yang telah dipilih

- Jika $V_N > V$, maka pilih diameter yang satu tingkat lebih besar dari tabel lalu ulangi step 4-6 hingga diperoleh $V_N \leq V$

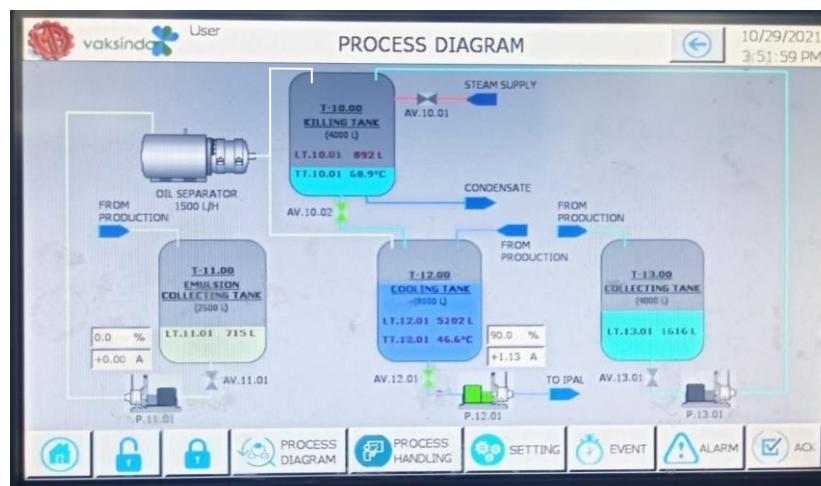
H. Tentukan ketebalan tangki

Tabel 2. 5 Diameter dan *Minimum Thickness Tank*

Diameter	Minimum thickness
$\leq 15 \text{ m (50')}$	5 mm (3/16 in)
$15 \text{ m} < D \leq 36 \text{ m}$ $50' < D \leq 120'$	6 mm (1/4 in)
$36 \text{ m} < D \leq 60 \text{ m}$ $120' < D \leq 200'$	8 mm (5/16 in)
$> 60 \text{ m (200')}$	10 mm (3/8 in)

2.4 Killing Tank System

Killing tank system berperan dalam mendisinfeksi limbah cair hasil produksi vaksin dari virus *Avian Influenza*. Dengan alur proses pengolahan limbah cair hasil produksi vaksin *Avian Influenza* (AIH5 dan AIH9) yang berjalan selama ini di PT Vaksindo Satwa Nusantara yaitu limbah cair melewati *collecting Tank* untuk mengumpulkan limbah cair dari ruang produksi vaksin AIH5 dan AIH9. Setelah itu dilanjutkan ke *killing tank* dengan kondisi $85 \text{ }^\circ\text{C}$, dengan *holding time* selama 45 menit, lalu dilanjutkan ke *cooling Tank* untuk diturunkan suhunya menjadi $40\text{-}50 \text{ }^\circ\text{C}$, lalu dilanjutkan ke WWTP (*Waste Water Treatment Plant*) untuk diproses dengan sumber limbah cair lainnya.



Gambar 2. 7 *Process Flow Diagram Killing Tank System* pada HMI



Gambar 2. 8 *Killing Tank System* dan *Coalescer Plate* untuk Pemisahan Minyak



Gambar 2. 9 *Collecting Tank*, *Cooling Tank*, *Emulsion Collecting Tank*

2.5 Unit Pengolahan Air Limbah pada *Killing Tank System*

2.5.1 *Collecting Tank*

Collecting Tank didesain untuk mengumpulkan sumber limbah cair dari area produksi yang bersifat *non-emulsi*. Seperti *antigen*, *allantois* dari telur yang hidup, Hasil CIP (*Clean in Place*) & SIP (*Sterilization in Place*) tangki yang digunakan pada proses pembuatan vaksin Avian Influenza (AIH5 dan AIH9).

2.5.2 *Cooling Tank*

Cooling Tank didesain untuk menurunkan suhu limbah cair yang telah melalui proses disinfeksi dengan *steam* pada *killing tank* dengan kondisi 85 °C, dan *holding time* selama 45 menit. Pada *Cooling Tank* suhu limbah cair diturunkan menjadi 40-50 °C dengan bantuan udara atmosfer

atau sistem tangki dengan atap terbuka, lalu dilanjutkan ke WWTP (*Waste Water Treatment Plant*) untuk diproses dengan sumber limbah cair lainnya.

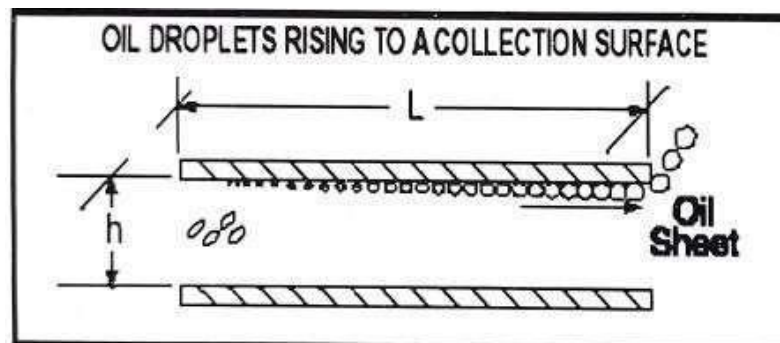
2.5.3 *Emulsion Collecting Tank*

Emulsion Collecting Tank didesain untuk mengumpulkan sumber limbah cair berbasis emulsi, seperti vaksin atau antigen emulsi yang *reject* atau bilasan pertama pada proses CIP (*Clean in Place*) pada tangki yang digunakan pada proses pembuatan vaksin Avian Influenza (AIH5 dan AIH9) karena masih banyak mengandung vaksin berbasis emulsi.

2.5.4 *Killing Tank*

Killing Tank didesain untuk proses disinfeksi limbah cair yang bersumber dari *Collecting Tank* dan *Emulsion Collecting Tank*. Proses disinfeksi dengan *steam* pada *killing tank* dengan kondisi 85 °C, dan *holding time* selama 45 menit

2.5.5 *Coalescer Plate* atau *Oil Skimmer*



Gambar 2. 10 Mekanisme Kerja *Coalescer Plate*

Coalescer Plate atau *Oil Skimmer* didesain untuk memisahkan minyak atau campuran emulsi. Emulsi adalah campuran dua atau lebih cairan yang tidak larut. Dalam aplikasi ini melibatkan minyak dan air. *Coalescer Plate* ini akan berputar dan memisahkan minyak yang naik oleh gravitasi (berhenti menetap).

2.6 Parameter *Release Re-design Killing Tank System*

2.6.1 Virus *Avian Influenza*

Avian Influenza atau flu burung adalah penyakit pada unggas yang disebabkan oleh virus *Influenza* tipe A. Penyakit ini dikelompokkan kedalam kelompok penyakit menular berbahaya karena bersifat zoonosis yang mematikan (OIE, 2004).

Selain dapat menyerang unggas dan hewan mamalia, virus AI juga menular ke manusia. Sejak tahun 2003, penyakit AI telah menyebar dari burung-burung di Asia ke Timur Tengah, Eropa dan Afrika, dan diketahui mengalami perubahan cukup dinamis secara karakter molekuler sejak kemunculannya wabah tersebut (Soedjana & Dharmayanti, 2012).

Pada awal tahun 2003 virus AI H5N1 dilaporkan mewabah di 32 provinsi di Indonesia (Andhesfha et al., 2013), dan dilaporkan kembali terjadi di Provinsi DKI Jakarta dan Kabupaten Pandeglang pada tahun 2004 (Dharmayanti et al., 2005).

Hasil analisis daerah *cleavage site* menunjukkan bahwa semua isolat Indonesia yang diisolasi pada Oktober 2003 sampai bulan Oktober 2004 mempunyai *multiple basic* asam amino yang merupakan virus *AI highly pathogenic* (Dharmayanti et al., 2005).

Strain dominan HPAI H5N1 penyebab pandemik unggas tahun 2003-2004 merupakan hasil evolusi virus tahun 1999 sampai 2002 yang menciptakan *genotype Z* yang disebut *Asian lineage* HPAI H5N1 (Mandal, 2013) yang menyebabkan kerugian tinggi mencapai 4.3 triliun rupiah hanya dalam kurun waktu 4 tahun sejak pertama kali muncul (Basuno, 2008).

Tidak ada literatur, jurnal yang mengatur secara terperinci mengenai ambang batas maksimum kandungan virus *Avian Influenza* dalam limbah cair. Tetapi dalam *re-design* ini variabel yang dipilih sudah terbukti mampu menurunkan nilai *CT* hingga *No CT* dan *quantity virus* = 0 (tidak ada)

2.6.2 Total Suspended Solid (TSS)

Padatan *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan jumlah berat dalam mg/L kering lumpur yang ada didalam air limbah setelah mengalami proses penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron. Padatan-padatan ini menyebabkan kekeruhan air tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat, dll (Rozali & Nurrachmi, 2016).

2.6.3 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi atau banyaknya oksigen-oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O. COD merupakan salah satu parameter kunci sebagai pendeteksi tingkat pencemaran air. Semakin tinggi COD, maka semakin buruk kualitas air yang ada COD diperoleh dengan mengoksidasi air limbah dengan larutan asam dikromat mendidih. Proses ini mengoksidasi hampir semua senyawa organik menjadi karbon dioksida dan air, reaksi biasanya berlangsung hingga lebih dari 95 persen penyelesaian. Keuntungan dari pengukuran COD adalah diperoleh dengan sangat cepat (dalam waktu 3 jam), tetapi memiliki kelemahan yaitu tidak memberikan informasi tentang proporsi air limbah yang dapat dioksidasi oleh bakteri, maupun kecepatan bio -oksidasi terjadi (Mara, 2004).

Secara khusus COD sangat bernilai apabila BOD tidak dapat ditentukan karena terdapat bahan-bahan beracun. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD karena banyak zat organik yang dapat dioksidasi secara kimia tetapi tidak dapat dioksidasi secara biologis. COD mewakili beban pencemaran total dari pembuangan air limbah yang paling banyak. (Khan, et al., 2011; Khan, et al., 2011).

2.6.4 *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Biological Oxygen Demand (BOD) didefinisikan sebagai oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecahkan bahan-bahan organik yang ada di dalam air. Uji BOD dibutuhkan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk maupun perindustrian. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik dibutuhkan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya dari proses oksidasi.

Oleh karena itu, BOD adalah ukuran konsentrasi bahan organik dalam limbah yang dapat dioksidasi oleh bakteri (bio-oksidasi atau biodegradasi). BOD biasanya dinyatakan dalam 5 hari, 20 °C yaitu sebagai jumlah oksigen yang dikonsumsi selama oksidasi air limbah selama 5 hari pada suhu 20 °C. Karena hal ini BOD 5 hari (biasanya ditulis BOD₅) lebih mudah diukur dan lebih praktis daripada BOD tertinggi (BOD_u), yang merupakan oksigen yang dibutuhkan untuk bio-oksidasi lengkap limbah (Mara, 2004).

2.6.5 pH

pH (*Power of Hydrogen*) adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. pH didefinisikan sebagai logaritma aktivitas ion hidrogen (H⁺) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut, tetapi bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pH-nya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional.

pH limbah cair pada *inlet killing tank system* merupakan parameter penting, dikarenakan pH tersebut dapat mempengaruhi reaksi AOP (*Advanced Oxidation Process*), yaitu reaksi pembentukan radikal hidroksil (•OH) yang digunakan sebagai pengganti utilitas *steam* dalam proses disinfeksi.

2.6.6 BJ (Berat Jenis)

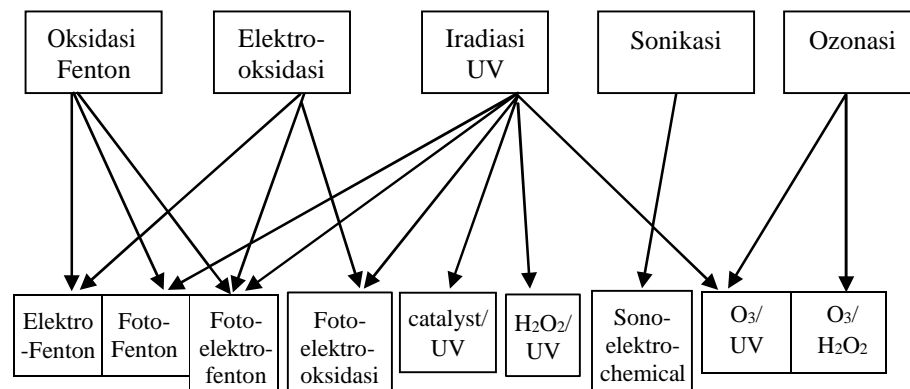
Berat jenis (*specific weight*) adalah rasio berat suatu benda terhadap volumenya. Satuan berat jenis adalah g/ml atau kg/L. Penentuan berat jenis sebanding dengan jumlah partikel, komponen penyusun, pengotor dalam air limbah, semakin sedikit jumlah padatan atau partikel pengotor, BJ akan semakin rendah.

2.6.7 Suhu

Suhu dari air limbah sangat berpengaruh terhadap kecepatan reaksi kimia dan tata kehidupan dalam air. Pembusukan terjadi pada suhu tinggi serta tingkat oksidasi yang juga lebih besar. Pengukuran suhu penting karena umumnya instalasi pengolah air limbah meliputi proses biologis yang bergantung suhu. Suhu air limbah biasanya lebih tinggi daripada air bersih, karena kadar oksigen terlarut dalam limbah lebih rendah dari pada kadar oksigen terlarut pada air bersih (Tchobanoglous, 1991).

2.7 Advanced Oxidation Process (AOP)

AOP merupakan teknik oksidasi dengan memanfaatkan spesies sangat reaktif, misalnya radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$). Cakupan teknologi AOP cukup luas dan telah digunakan dalam pengolahan air limbah selama satu dekade terakhir (Antonopoulou et al., 2014; Ayoub et al., 2010; Karci, 2014). Terdapat beragam tipe AOP dengan basis reaksi yaitu: oksidasi Fenton, elektrooksidasi, iradiasi UV, sonikasi, dan ozonasi.



Gambar 2. 11 Metode AOP dan Kombinasinya

Prinsip teknologi AOP adalah menciptakan oksidasi yang kuat dengan bantuan tenaga listrik pada tegangan dan frekuensi tertentu. Teknologi AOP adalah satu atau kombinasi dari beberapa proses seperti ozon, hidrogen peroksida, sinar ultraviolet, titanium oksida, fotokatalis, sonolis, plasma serta beberapa proses lain yang menghasilkan radikal hidroksil.

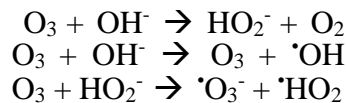
Radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) adalah radikal bebas (oksidan) yang sangat reaktif yang menghancurkan polutan di dalam air. Radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) tidak hanya menguraikan senyawa-senyawa organik, namun juga sekaligus dapat menghilangkan kandungan senyawa-senyawa turunan yang kemungkinan terbentuk selama proses oksidasi berlangsung.

Hal tersebut dapat ditunjukkan pada hasil akhir dari proses oksidasi pada AOP, yaitu hanya ada karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) saja. Proses ini sekaligus menjadikan air hasil dari proses pengolahan air limbah akan dapat dipergunakan kembali sebagai air baku dalam proses manufaktur. Sedangkan untuk kandungan logam berat tersebut akan dapat didaur ulang kembali dengan menggunakan proses selanjutnya.

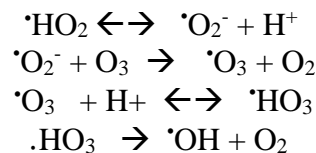
2.7.1 Ozonasi

Ozon merupakan oksidan kuat dengan potensial oksidasi 2,07 V. Pada kondisi alkalin dengan larutan mengandung ion karbonat, ozon mengalami rangkaian reaksi berikut (Sillanpaa, 2011) :

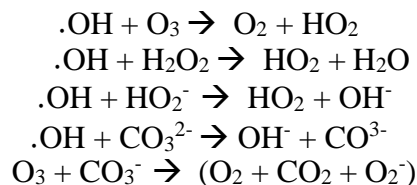
Inisiasi



Propagasi



Terminasi



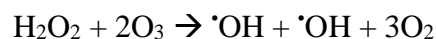
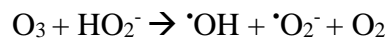
2.7.2 H₂O₂ (Hidrogen Peroksida)

Hidrogen peroksida merupakan oksidator kuat yang memiliki Oksigen Radikal yang dapat bereaksi dan memecah struktur mikroorganisme yang dapat mengganggu kestabilan metabolisme mikroorganisme tersebut sehingga mikroorganisme tersebut dapat mati dengan konsentrasi H₂O₂ yang umum digunakan untuk disinfeksi sebesar 2 – 6 % (Sari, 2011)

2.7.3 O₃/H₂O₂

Ozon dapat terdekomposisi menjadi OH radikal ([•]OH) yang merupakan oksidan terkuat dalam air. OH radikal tersebut bersifat tidak selektif, sehingga jika ada bahan yang tahan terhadap ozon maka akan dioksidasi oleh [•]OH (Gunten, Von, 2013).

Ozon sangat efektif dalam menghilangkan warna dan disinfeksi air, kemampuan ozon akan bertambah jika ozon tersebut dipertemukan dengan inisiator pembentuk [•]OH yaitu H₂O₂. Penentuan dosis optimum H₂O₂ perlu dilakukan, karena akan ditambahkan pada proses AOP O₃/H₂O₂. Dosis optimum ini penting diketahui karena peningkatan H₂O₂ tidak akan selalu meningkatkan tingkat penyisihan COD, akibatnya peningkatan konsentrasi H₂O₂ akan mengubah perannya dari inisiator menjadi inhibitor (Tizaoui *et al*, 2007).



BAB III

PEMECAHAN MASALAH

3.1 Metodologi

3.1.1 Pengambilan Sampel Uji

Pengambilan sampel air limbah dilakukan secara langsung di *sampling point collecting tank* (sebelum ke *killing tank*) dengan mengambil 500 ml ke dalam botol kaca, lalu ditutup hingga rapat. Untuk pengukuran pH dan suhu langsung dilakukan yaitu dengan mencelupkan elektroda pH meter secara langsung ke botol yang berisi sampel lalu di tunggu hingga stabil. pH meter sebelumnya dikalibrasi terlebih dahulu dengan buffer pH 4.00, 7.00, dan 10.00 untuk memastikan bahwa alat memberikan hasil yang tepat.

Nilai suhu bisa sekaligus didapatkan, karena pH meter yang digunakan sudah dilengkapi dengan *probe* suhu, pH meter bekerja secara ATC (*Automatic Temperature Compensation*) yang berarti bahwa nilai pH yang dihasilkan sudah disesuaikan berdasarkan suhu sampel saat pengukuran.

Alat dan bahan yang digunakan :

- a. Botol kaca 500 ml (*Brand : Schott Duran*) yang telah disterilkan dan kering serta diberi label
- b. Pengukuran parameter lapangan: pH, suhu
- c. Buffer pH 4.00, pH 7.00, dan pH 10.00 (*performance check* pH meter)

Untuk sampel *pre-treatment*, pengujian terkait parameter jumlah virus *Avian Influenza*, TSS, COD, BOD, pH, Suhu, dan BJ dilakukan secara langsung setelah mengambil sampel dari *sampling point collecting tank*.

Untuk sampel yang akan diberikan perlakuan variabel, pengujian terkait jumlah virus *Avian Influenza*, TSS, COD, BOD, pH, Suhu, dan BJ dilakukan setelah perlakuan variabel.

3.1.2 Inaktivasi *Avian Influenza* menggunakan AOP berbasis ozon

1. Disusun rangkain *generator* ozon secara berurutan yaitu alat *generator* ozon, penampung sampel, dan penampung KI 10% + H₂SO₄ 4N
2. Dinyalakan *generator* ozon dan dialirkan ozon yang dihasilkan ke dalam penampung sampel dengan menggunakan variasi waktu alir ozon (variasi konsentrasi).
3. Ozon yang tidak bereaksi dengan sampel dialirkan ke dalam penampung KI 10% + H₂SO₄ 4N
4. Sampel yang telah direaksikan dengan ozon tersebut kemudian digunakan untuk uji.
5. Ozon yang tertampung pada penampung KI 10% + H₂SO₄ 4N kemudian dititrasi secara iodometri untuk menghitung jumlah ozon yang bereaksi dengan sampel.

3.1.3 Inokulasi Sampel Pada Telur

1. Disiapkan telur SPF berembrio umur 11 hari
2. Diambil 0,2 mL sampel menggunakan syringe 1 cc kemudian disutikkan ke dalam telur.
3. Tutup lubang bekas suntikan tersebut menggunakan I₂ untuk mencegah kontaminasi.
4. Di inkubasi pada suhu 37 °C selama 1 hari untuk virus AIH5 dan 3 hari untuk virus AIH9.
5. Diamati telur tersebut dengan cara di *candling* apaakan ada kematian atau tidak.
6. Di *harvest* dengan mengambil bagian *Allantois* untuk proses selanjutnya.

3.1.4 Ekstraksi RNA menggunakan *Viral Nucleic Acid*

1. Diambil 200 uL sampel *Allantois* dan dimasukkan ke dalam tabung mikrosentrifuse 1,5 mL.
2. Ditambahkan 400 uL *VB Lysis Buffer* kedalam sampel kemudian di vortex

3. Diinkubasi pada suhu ruang selama 10 menit.
4. Ditambahkan 450 uL *AD Buffer* ke dalam *lysis* kemudian di vortex.
5. Dipindahkan 600 mL *lysis* ke dalam *VB Column*
6. Di sentrifuse pada kecepatan 16.000 x g selama 1 menit.
7. Dibuang larutan yang lolos saring.
8. Dilakukan hal yang sama untuk sisa *lysis* sesuai poin 5 sampai 7.
9. Dipindahkan *VB Column* ke dalam *Collection Tube* baru.
10. Ditambahkan 400 uL *WI Buffer* ke dalam *Column*
11. Di sentrifuse pada kecepatan 16.000 x g selama 30 detik.
12. Dibuang larutan yang lolos saring.
13. Ditambahkan 600 uL *Wash Buffer* ke dalam *column*
14. Di sentrifuse pada kecepatan 16.000 x g selama 30 detik.
15. Dibuang larutan yang lolos saring.
16. Di sentrifuse pada kecepatan full speed (17.000 x g) selama 3 menit untuk pengeringan *column*.
17. Dipindahkan *column* pada tabung sentrifuse 1,5 mL baru
18. Ditambahkan 50 uL *RNase-Free Water* .
19. Di inkubasi pada suhu ruang selama 3 menit.
20. Disentrifuse pada kecepatan 16.000 x g selama 1 menit.
21. Dibuang *column* dan di dapatkan 50 uL pada tabung sentrifuse 1,5 mL

3.1.5 Mixing RT-PCR

1. Dicairkan *Primer Probe* dan reagen yang akan digunakan
2. Dilakukan pencampuran antara reagen, *Primer Probe*, dan sampel uji seperti berikut :

Tabel 3. 1 Matriks Pencampuran Reagen, Primer Probe dan Sampel Uji

Komposisi	AIH5		AIH9	
	1x x	1xx
RNase-Free Water	6,0 uL		8,5 uL	
2x Master Mix	12,5 uL		12,5 uL	
<i>Primer Forward</i>	0,5 uL		0,5 uL	
<i>Primer Reverse</i>	0,5 uL		0,5 uL	
<i>Primer Probe</i>	0,5 uL		0,5 uL	
RT Mix	0,25 uL		0,5 uL	
<i>Template</i>	5 uL		2,5 uL	
Total Volume	25 uL		25 uL	

3. Disiapkan program *RT-PCR* seperti berikut :

Tabel 3. 2 Program RT-PCR

Proses	AIH5			AIH9		
	Suhu	Waktu	Siklus	Suhu	Waktu	Siklus
Hold Stage	50 °C	30 menit	1x	50 °C	30 menit	1x
	95 °C	15 menit	1x	95 °C	15 menit	1x
PCR Stage	94 °C	15 detik	45x	94 °C	15 detik	40x
	56 °C	1 menit		60 °C	1 menit	

4. Klik *Run* pada alat *Quanstudio 5*
5. Setelah selesai, di Analisa data yang diperoleh dengan *cut off* pada masing-masing metode sebagai berikut :

Tabel 3. 3 Cut Off Masing-Masing metode (AIH5 & AIH9)

Target	AIH5	AIH9
Positif	CT < 30	CT < 30
<i>Indeterminate</i>	30 < CT < 35	30 < CT < 35
Negatif	CT > 35	CT > 35

3.1.6 Parameter Uji Pendukung dan Metode Pengujian

Parameter uji mengacu pada baku mutu PERMENLH RI Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah (Industri Farmasi Lampiran XXXIX) ada beberapa parameter dari karakteristik sampel baik parameter fisika maupun kimia yang mengatur mengenai limbah industri yang akan dibuang ke lingkungan.

Tabel 3. 4 Standard Baku Mutu Air Limbah Farmasi

No	Parameter	Standar	Satuan
1	pH	6.0 – 9.0	N/A
2	Berat Jenis	-	Kg/m ³
3	Suhu	-	°C
4	TSS	100	mg/L
5	COD	300	mg/L
6	BOD ₅	100	mg/L
7	Jumlah Virus	-	Unit/0.1 ml

Tabel 3. 5 Parameter Uji Pendukung dan Metode Pengujian

Parameter Uji	Metode Pengujian
<i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	SNI 6989.3:2019
<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	SNI 6989.2:2019
<i>Biological Oxygen Demand (BOD₅)</i>	SL-MU-AU-BOD01
pH	SNI 6989.11:2019
Suhu	SNI 6989.11:2019
Berat Jenis	SNI 6989.11:2019

Pengujian parameter pendukung (TSS, COD, BOD₅, pH, Suhu, BJ) dilakukan di laboratorium servis lingkungan SEAMEO BIOTROP, Tajur, Kota Bogor

3.2 Data Pengamatan

Dikarenakan kerja praktik terkait “*Re-Design Killing Tank System* untuk Disinfeksi Virus pada Limbah Cair Vaksin *Avian Influenza* dengan Metode AOP Berbasis Ozonasi (O₃ + H₂O₂)” adalah melanjutkan hasil dari penelitian kami (Karna Wijaya & Shabri Huda mahasiswa program studi Teknik Kimia PKP ITI 2018), maka data yang difokuskan adalah data yang akan digunakan sebagai acuan untuk *re-design*.

Tabel 3. 6 Hasil Inaktivasi Limbah Vaksin *Avian Influenza* terhadap Kombinasi H₂O₂ 2% dan Ozonasi

Jenis Oksidator	Waktu (menit)	g O ₃ /200 mL	Telur		AIH9		AIH5	
			Hasil	Mati Hari ke-	CT Value	Quantity (Unit/0.1ml)	CT Value	Quantity (Unit/0.1ml)
<i>Pre-treatment</i>			Mati	1	14.79	22,091,644.00	20.05	138,786,192.00
H ₂ O ₂ 2% + O ₃	5	0.010	Mati	2	27,66	3,596.60	31.88	63,989.12
	10	0.017	Mati	3	29.61	962.87	33.94	16,794.66
	15	0.020	Mati	3	31.99	191.52	36,12	4,082.39
	20	0.026	Hidup	-	No CT	0	No CT	0
	25	0.026	Hidup	-	No CT	0	No CT	0
	30	0.026	Hidup	-	No CT	0	No CT	0
Kontrol Positif (+)			Mati	2	29.98	NA	32.17	NA
Kontrol Negatif (-)			Hidup	-	No CT	0	No CT	0

Pada *re-design killing tank system* ini digunakan kombinasi variabel H₂O₂ 2% + Ozonasi selama 20 menit sehingga utilitas O₃ yang dibutuhkan dalam inaktivasi virus *Avian Influenza* adalah 0,13 gram O₃/L limbah, dan dilakukan *scale-up* dari skala laboratorium ke skala *killing tank system*.

Tabel 3. 7 Data Sebelum dan Setelah Perlakuan dengan Variabel H₂O₂ 2 % + O₃ 20 menit pada *Killing Tank*

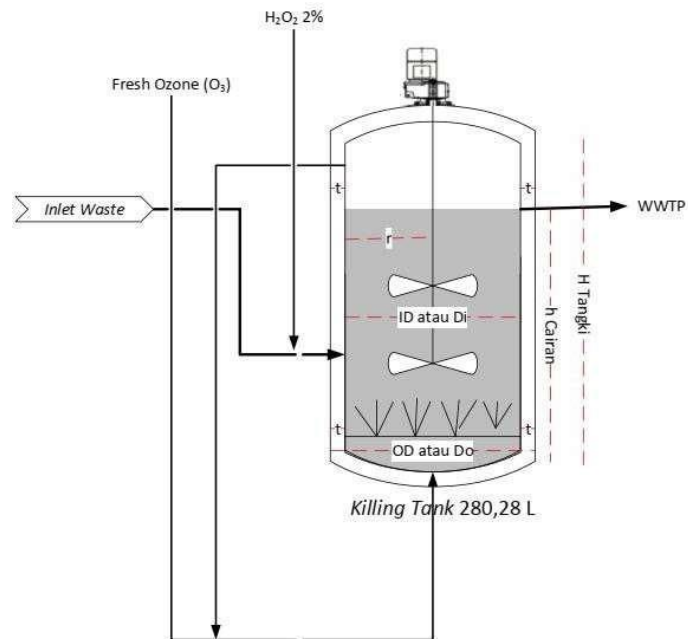
Parameter	<i>Inlet Stream</i>	<i>Outlet Stream</i>	Satuan
Laju alir	280	280	L/jam
Tekanan	1	1	atm
Suhu	26	26	°C
pH	6,52	7,16	-
Berat jenis	970,2	988,8	Kg/m ³
TSS	149	62	mg/L
COD	1172,85	661,53	mg/L
BOD	585,42	324,84	mg/L

3.3 Perhitungan

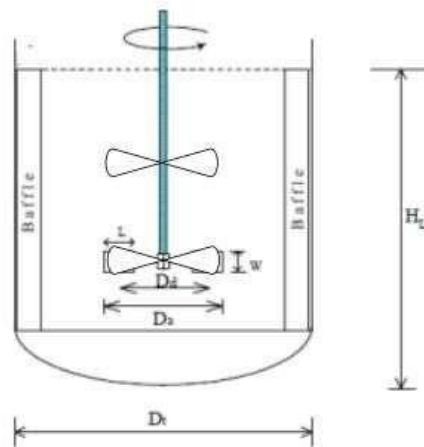
3.3.1 Generator Ozon

$$\begin{aligned} \text{Utilitas O}_3 &= 0,026 \text{ gram O}_3/200 \text{ mL sampel} \\ \text{Laju alir sampel} &= 280 \text{ L/jam} \\ \text{Utilitas O}_3/\text{jam} &= \frac{0,026 \text{ gram O}_3}{0,2 \text{ L}} \times \frac{280 \text{ L}}{\text{jam}} = 36,40 \text{ gram O}_3/\text{jam} \\ \text{Kapasitas alat} &= 40 \text{ gram O}_3/\text{jam} \\ \text{Waktu ozonasi} &= \frac{\text{Utilitas O}_3/\text{jam}}{\text{Kapasitas alat}} = \frac{36,40 \text{ gram O}_3/\text{jam}}{40 \text{ gram O}_3/\text{jam}} \\ &= 0,91 \text{ jam} \\ &= 54,6 \text{ menit} \end{aligned}$$

3.3.2 Design Killing Tank



Gambar 3.1 Re-design Killing Tank



Gambar 3. 2 Killing Tank dengan Baffle

A. Volume Tangki

Laju alir	= 280 L/jam
Waktu operasi	= 9 jam/hari
Waktu tinggal	= 0,91 jam
Kapasitas tangki	= Laju alir x Waktu tinggal
	= $\frac{280 \text{ L}}{\text{jam}} \times 0,91 \text{ jam}$
	= 254,8 L
<i>Ovesdesign</i>	= 10%
Volume Tangki	= Kapasitas tangki + <i>overdesign</i>
	= 254,8 L + $(\frac{10}{100} \times 254,8 \text{ L})$
	= 280,28 L
	= 0,2803 dm ³

B. Menentukan Diameter (D) dan Tinggi Tangki (H)

Diambil : $D/H = 2$ maka $H = 2D$ (Sumber : Walas hal 611, untuk $P = 0 - 250 \text{ psi}$)

Volume tangki (VT)	= $\pi/4 \times ID^2 \times H$
	= $\pi/4 \times ID^2 \times 2ID$

$$ID = \left(\frac{VT \times 4}{2 \times \pi} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$ID = \left(\frac{0,2803 \text{ dm}^3 \times 4}{2 \times 3,14} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$ID = 0,5631 \text{ m}$$

Maka,

$$D = 0,5631 \text{ m} = 22,1693 \text{ inch}$$

$$r = 0,2816 \text{ m} = 11,0847 \text{ inch}$$

$$H = 1,1262 \text{ m} = 44,3386 \text{ inch}$$

C. Tinggi cairan dalam tangki (hcairan)

$$h_{\text{cairan}} = \frac{VL}{\frac{\pi}{4} \times ID^2}$$

$$h_{\text{cairan}} = \frac{0,2548 \text{ dm}^3}{\frac{\pi}{4} \times 0,5631^2}$$

$$= 1,0237 \text{ m}$$

D. Menentukan Tekanan Desain (PDesign)

Tekanan desain :

$$P_{\text{operasi}} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

$$g = 9,8 \text{ m/dt}^2$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \rho_{\text{cairan}} \times h_{\text{cairan}} \times g$$

$$= 970,2 \text{ Kg/m}^3 \times 1,0237 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/dt}^2 \times \frac{1 \text{ atm}}{101325 \text{ N/m}^2}$$

$$= 0,0960 \text{ atm}$$

$$P_{\text{design}} = (P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}})$$

$$= 1 + 0,0960$$

$$= 1,0960 \text{ atm} \times \frac{14,7 \text{ psi}}{1 \text{ atm}}$$

$$= 16,11 \text{ Psi}$$

E. Menentukan Tebal Tangki

$$t = \frac{P \times r}{f \times E - 0,6 \times P} + c$$

(Sumber : Persamaan (14.34), Brownell and Young, hal 275)

Dimana :

t = Tebal dinding tangki (inch)

r = Jari-jari dalam tangki = 11,0847 inch

f = Tegangan maksimum yang diinginkan (*allowable stress*) = 18.750 psi

(*Sumber : APPENDIX D, Brownell and Young, hal 342*)

E = Efisiensi penyambungan = 80% (tipe *double welded butt joint* tanpa diradiografi)

(*Sumber : Tabel 13.2, Brownell and Young, Hal 254*)

c = Faktor korosi = 0,0125 inch/tahun Umur tangki diperkirakan 10 tahun, sehingga : c = 0,0125 inch/tahun × 10 tahun = 0,125 inch

P = Tekanan desain = 16,11 Psi

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, } t &= \frac{16,11 \text{ Psi} \times 11,0847 \text{ inch}}{18.750 \times 0,8 - 0,6 \times 16,11} + 0,125 \text{ inch} \\ &= 0,1369 \text{ inch} \end{aligned}$$

Dipilih tebal standar *shell* (ts) = 3/16 inch

(*Sumber : Tabel 5.8, Brownell and Young, hal 93*)

F. Menentukan diameter tangki sesungguhnya :

Diameter luar *shell* (Do) adalah :

$$\begin{aligned} \text{Do} &= \text{Di} + (2 \times \text{ts}) \\ &= 22,1693 + (2 \times 3/16 \text{ inch}) \\ &= 22,5443 \text{ inch} \end{aligned}$$

Diambil diameter luar standar *shell* (Do) = 24 inch

(*Sumber : Tabel 5.7, Brownell and Young, hal 91*)

Karena tebal tangki diambil 3/16 inch, maka diameter dalam tangki sesungguhnya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Di} &= \text{Do} - (2 \times \text{ts}) \\ &= 22,5443 - (2 \times 3/16) \\ &= 22,1693 \text{ inch} \end{aligned}$$

G. Menentukan ukuran *head* Bahan :

Stainless steel SA-167 grade 3 tipe 304

H. Tebal Head

Berdasarkan tabel 5.7 *Brownell and Young*, hal 91 untuk tangki dengan OD = 24 inch memiliki :

$$\text{icr} = \frac{1\frac{1}{2}}{2} \text{ inch}$$

$$r = 24 \text{ inch}$$

Syarat penggunaan *torispherical head* adalah : $\text{icr} > 6\%$

(Sumber : *Brownell and Young*)

$\text{icr}/r = \frac{1\frac{1}{2}}{2} / 24 = 6,25\% > 6\%$ sehingga memenuhi untuk *Torispherical head*.

(Sumber : *Brownell and Young*, hal 88)

Untuk menghitung tebal *head*, digunakan persamaan 7.76 dan 7.77, *Brownell & Young*, hal 138.

$$W = \frac{1}{4} \times (3 + (rc/ri)^{1/2})$$

Dimana :

W = stress intensification factor for torispherical head

rc = radius of crown = $r = 24$ in

ri = inside corner radius = $\text{icr} = \frac{1\frac{1}{2}}{2}$ in

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{4} \times (3 + (24/\frac{1\frac{1}{2}}{2})^{1/2}) \\ &= 1,75 \end{aligned}$$

$$tH = \frac{P \times rc \times W}{(2 \times f \times E) - (0,2 \times P)} + c$$

Keterangan :

tH = tebal *head*

f = Tegangan maksimum yang diinginkan (*allowable stress*)
= 18.750 psi

(Sumber : APPENDIX D, *Brownell and Young*, hal 342)

E = Efisiensi penyambungan
= 80% (tipe *double welded butt joint* tanpa diradiografi)

(Sumber : Tabel 13.2, *Brownell and Young*, Hal 254)

$$tH = \frac{16,11 \text{ Psi} \times 24 \times 1,75}{(2 \times 18750 \times 0,8) - (0,2 \times 16,11)} + 0,125$$

$$= 0,1476 \text{ inch}$$

Diambil = 3/16 in (karena tebal standar *shell* menggunakan OD = 24)

I. Tinggi head

Diambil, tinggi head : Berdasarkan tabel 5.6, *Brownell & Young* hal 88, untuk $tH = 3/16$ inch : Standard straight flange (Sf) = $1\frac{1}{2}$ inch (dipilih Sf = 1,75 inch).

Dari tabel 5.7 *Brownell & Young* untuk :

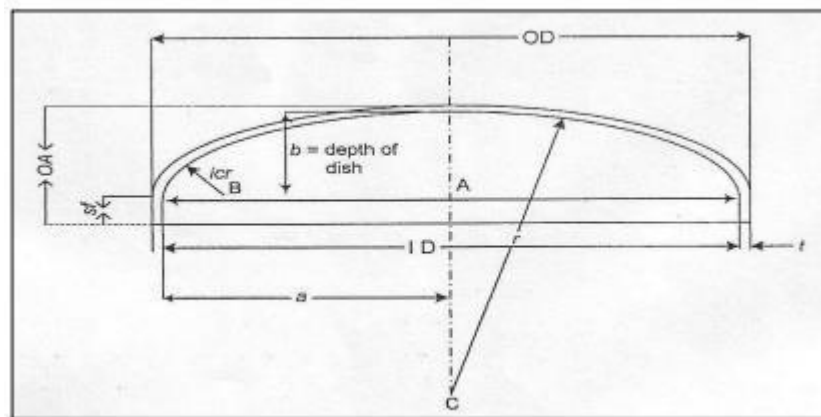
$$OD = 24 \text{ inch}$$

$$tH = 3/16 \text{ inch}$$

$$icr = 1\frac{1}{2} \text{ inch}$$

$$r = 24 \text{ inch}$$

Untuk menghitung tinggi head digunakan penjelasan pada *Figur 5.8, Brownell and Young* hal 87



Gambar 3.3 Head Tangki Berdasarkan *Brownell and Young*

$$a = ID/2 = 22,1693/2 = 11,0846 \text{ inch}$$

$$AB = ID/2 - icr = 11,0846 \text{ inch} - 1\frac{1}{2} \text{ inch} = 9,5846 \text{ inch}$$

$$BC = r - icr = 24 \text{ inch} - 1\frac{1}{2} \text{ inch} = 22,5 \text{ inch}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = \sqrt{22,5^2 - 9,5846^2} = 20,3564 \text{ inch}$$

$$b = r - AC = 24 \text{ inch} - 20,3554 \text{ inch} = 3,6436 \text{ inch}$$

$$\begin{aligned}
 OA &= tH + b + sf \\
 &= 3/16 + 3,6436 + 1,75 \\
 &= 5,5811 \text{ inch} \times \frac{0,0254 \text{ m}}{1 \text{ inch}} \\
 &= 0,1418 \text{ m}
 \end{aligned}$$

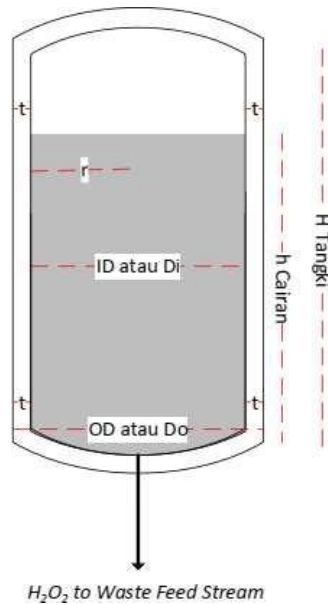
J. Tinggi total

$$\begin{aligned}
 HT &= H + OA \\
 &= 1,1262 \text{ m} + 0,1418 \text{ m} \\
 &= 1,2680 \text{ m}
 \end{aligned}$$

K. Spesifikasi

- Material : Stainless steel SA-167 grade 3 tipe 304
- Bentuk : Tangki silinder dengan alas datar dan atas bentuk torispherical
- Jenis tangki : *Fixed Roof Tank*
- *Pressure* : 16,11 Psi
- *Temperature* : 20 – 30°C
- *Empty Weight* : 215 kg
- Ketebalan : 3/16 inch
- Kapasitas : 254,8 L
- Volume : 280,28 L
- Jari-jari (r) : 0,2816 m
- Diameter (d) : 0,5631 m
- Tinggi (H) : 1,1262 m
- *Inside Diameter (ID)* : 0,5631 m
- *Outside Diameter (OD)* : 24 inch
- Tebal *head* (tH) : 3/16 inch
- Tinggi total (HT) : 1,2680 m

3.3.3 Design H₂O₂ Tank



Gambar 3. 4 H₂O₂ Tank

A. Volume Tangki

Waktu operasi = 9 jam/hari

Konsentrasi H₂O₂ = 50%

Penggunaan Utilitas = 2%

Laju alir = Laju alir limbah x utilitas x $\frac{100\%}{[H_2O_2]}$
 $= 280 \text{ L/jam} \times \frac{2}{100} \times \frac{100}{50}$
 $= 11,2 \text{ L/jam}$

Stok H₂O₂ = 5 hari

Kapasitas tangki = Laju alir x waktu operasi x jumlah hari
 $= \frac{11,2 \text{ L}}{\text{jam}} \times \frac{9 \text{ jam}}{\text{hari}} \times 5 \text{ hari}$
 $= 504 \text{ L}$

Overdesign = 10%

Volume Tangki = Kapasitas tangki + overdesign
 $= 504 \text{ L} \times \left(\frac{10}{100} \times 504 \text{ L} \right)$
 $= 554,40 \text{ L}$
 $= 0,5544 \text{ dm}^3$

B. Menentukan Diameter (D) dan Tinggi Tangki (H)

Diambil : $D/H = 2$ maka $H = 2D$ (Sumber : *Walas hal 611, untuk P = 0 – 250 psi*)

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki (VT)} &= \frac{\pi}{4} \times \text{ID}^2 \times H \\ &= \frac{\pi}{4} \times \text{ID}^2 \times 2\text{ID} \\ \text{ID} &= \left(\frac{\text{VT} \times 4}{2 \times \pi} \right)^{\frac{1}{3}} \\ \text{ID} &= \left(\frac{0,5544 \text{ dm}^3 \times 4}{2 \times 3,14} \right)^{\frac{1}{3}} \\ \text{ID} &= 0,7068 \text{ m}\end{aligned}$$

Maka,

$$D = 0,7068 \text{ m} = 27,8268 \text{ inch}$$

$$r = 0,3534 \text{ m} = 13,9134 \text{ inch}$$

$$H = 1,4136 \text{ m} = 55,6535 \text{ inch}$$

C. Tinggi cairan dalam tangki (hcairan)

$$\begin{aligned}h_{\text{cairan}} &= \frac{VL}{\frac{\pi}{4} \times \text{ID}^2} \\ h_{\text{cairan}} &= \frac{0,5040 \text{ dm}^3}{\frac{\pi}{4} \times 0,7068^2} \\ &= 1,2852 \text{ m}\end{aligned}$$

D. Menentukan Tekanan Desain (PDesign)

Tekanan desain :

$$P_{\text{operasi}} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

$$g = 9,8 \text{ m/dt}^2$$

$$\begin{aligned}P_{\text{hidrostatik}} &= \rho_{\text{cairan}} \times h_{\text{cairan}} \times g \\ &= 1450 \text{ Kg/m}^3 \times 1,0237 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/dt}^2 \times \frac{1 \text{ atm}}{101325 \text{ N/m}^2} \\ &= 0,1832 \text{ atm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{design}} &= (P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}) \\ &= 1 + 0,1832 \\ &= 1,1832 \text{ atm} \times \frac{14,7 \text{ psi}}{1 \text{ atm}} \\ &= 17,39 \text{ Psi}\end{aligned}$$

E. Menentukan Tebal Tangki

$$t = \frac{P \times r}{f \times E - 0,6 \times P} + c$$

(Sumber : Persamaan (14.34), Brownell and Young, hal 275)

Dimana :

t = Tebal dinding tangki (inch)

r = Jari-jari dalam tangki = 13,9134 inch

f = Tegangan maksimum yang diinginkan (*allowable stress*) = 18.750 psi

(Sumber : APPENDIX D, Brownell and Young, hal 342)

E = Efisiensi penyambungan = 80% (tipe *double welded butt joint* tanpa diradiografi)

(Sumber : Tabel 13.2, Brownell and Young, Hal 254)

c = Faktor korosi = 0,0125 inch/tahun Umur tangki diperkirakan 10 tahun, sehingga : c = 0,0125 inch/tahun \times 10 tahun = 0,125 inch

P = Tekanan desain = 17,39 Psi

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, } t &= \frac{17,39 \text{ Psi} \times 13,9134 \text{ inch}}{18.750 \times 0,8 - 0,6 \times 17,39} + 0,125 \text{ inch} \\ &= 0,1411 \text{ inch} \end{aligned}$$

Dipilih tebal standar *shell* (ts) = 3/16 inch

(Sumber : Tabel 5.8, Brownell and Young, hal 93)

F. Menentukan diameter tangki sesungguhnya :

Diameter luar *shell* (Do) adalah :

$$\begin{aligned} \text{Do} &= \text{Di} + (2 \times \text{ts}) \\ &= 27,8268 + (2 \times 3/16 \text{ inch}) \\ &= 28,2018 \text{ inch} \end{aligned}$$

Diambil diameter luar standar *shell* (Do) = 30 inch

(Sumber : Tabel 5.7, Brownell and Young, hal 91)

Karena tebal tangki diambil 3/16 inch, maka diameter dalam tangki sesungguhnya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Di} &= \text{Do} - (2 \times \text{ts}) \\ &= 28,2018 - (2 \times 3/16) \\ &= 27,2018 \text{ inch} \end{aligned}$$

G. Menentukan ukuran *head* Bahan :

Stainless steel SA-167 grade 3 tipe 304

H. Tebal *Head*

Berdasarkan *tabel 5.7 Brownell and Young, hal 91* untuk tangki dengan

OD = 30 inch memiliki :

$$\text{icr} = \frac{1\frac{1}{2}}{8} \text{ inch}$$

$$r = 30 \text{ inch}$$

Syarat penggunaan *torispherical head* adalah : $\text{icr} > 6\%$

(*Sumber : Brownell and Young*)

$\text{icr}/r = \frac{1\frac{1}{2}}{8} / 30 = 6,25\% > 6\%$ sehingga memenuhi untuk *Torispherical head*.

(*Sumber : Brownell and Young, hal 88*)

Untuk menghitung tebal *head*, digunakan *persamaan 7.76 dan 7.77, Brownell & Young, hal 138*.

$$W = \frac{1}{4} \times (3 + (rc/ri)^{1/2})$$

Dimana :

W = *stress intensification factor for torispherical head*

rc = *radius of crown* = $r = 30 \text{ in}$

ri = *inside corner radius* = $\text{icr} = \frac{1\frac{1}{2}}{8} \text{ in}$

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{4} \times (3 + (30/\frac{1\frac{1}{2}}{8})^{1/2}) \\ &= 1,75 \end{aligned}$$

$$tH = \frac{P \times rc \times W}{(2 \times f \times E) - (0,2 \times P)} + c$$

Keterangan :

tH = tebal *head*

f = Tegangan maksimum yang diinginkan (*allowable stress*)
= 18.750 psi

(*Sumber : APPENDIX D, Brownell and Young, hal 342*)

E = Efisiensi penyambungan
= 80% (*tipe double welded butt joint tanpa diradiografi*)

(*Sumber : Tabel 13.2, Brownell and Young, Hal 254*)

$$tH = \frac{17,39 \text{ Psi} \times 30 \times 1,75}{(2 \times 18750 \times 0,8) - (0,2 \times 17,39)} + 0,125$$

$$= 0,1554 \text{ inch}$$

Diambil = 3/16 in (karena tebal standar *shell* menggunakan OD = 30)

I. Tinggi head

Diambil, tinggi head : Berdasarkan tabel 5.6, *Brownell & Young* hal 88, untuk $tH = 3/16$ inch : *Standard straight flange* (Sf) = $1\frac{1}{2}$ inch (dipilih Sf = 1,75 inch).

Dari tabel 5.7 *Brownell & Young* untuk :

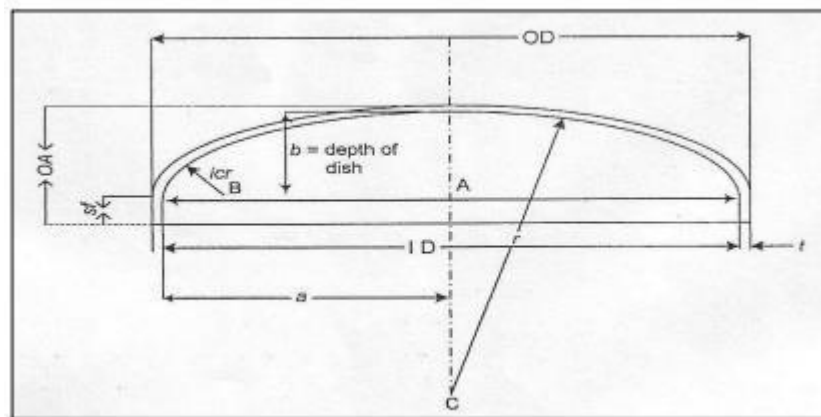
$$OD = 30 \text{ inch}$$

$$tH = 3/16 \text{ inch}$$

$$icr = 1\frac{7}{8} \text{ inch}$$

$$r = 24 \text{ inch}$$

Untuk menghitung tinggi head digunakan penjelasan pada *Figur 5.8, Brownell and Young* hal 87



Gambar 3.5 Head Tangki Berdasarkan *Brownell and Young*

$$a = ID/2 = 27,2018/2 = 13,6009 \text{ inch}$$

$$AB = ID/2 - icr = 13,6009 \text{ inch} - 1\frac{7}{8} \text{ inch} = 11,7259 \text{ inch}$$

$$BC = r - icr = 30 \text{ inch} - 1\frac{7}{8} \text{ inch} = 28,1250 \text{ inch}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = \sqrt{28,1259^2 - 11,7259^2} = 25,5650 \text{ inch}$$

$$b = r - AC = 30 \text{ inch} - 25,5650 \text{ inch} = 4,4350 \text{ inch}$$

$$\begin{aligned}
\text{OA} &= tH + b + sf \\
&= 3/16 + 4,4350 + 1,75 \\
&= 6,3725 \text{ inch} \times \frac{0,0254 \text{ m}}{1 \text{ inch}} \\
&= 0,1686 \text{ m}
\end{aligned}$$

J. Tinggi total

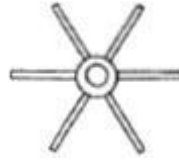
$$\begin{aligned}
\text{HT} &= H + \text{OA} \\
&= 1,4136 \text{ m} + 0,1686 \text{ m} \\
&= 1,5822 \text{ m}
\end{aligned}$$

K. Spesifikasi

- Material : Stainless steel SA-167 grade 3 tipe 304
- Bentuk : Tangki silinder dengan alas datar dan atas bentuk torispherical
- Jenis tangki : *Fixed Roof Tank*
- *Pressure* : 17,39 Psi
- *Temperature* : 20 – 30°C
- *Empty Weight* : 425 kg
- Ketebalan : 3/16 inch
- Kapasitas : 504 L
- Volume : 554,40 L
- Jari-jari (r) : 0,3534 m
- Diameter (d) : 0,7068 m
- Tinggi (H) : 1,4136 m
- *Inside Diamater (ID)* : 0,7068 m
- *Outside Diameter (OD)* : 30 inch
- Tebal head (tH) : 0,1476 inch
- Tinggi total (HT) : 1,5822 m

3.3.4 Desain Sistem Pengaduk

A. Dimensi Pengaduk



Gambar 3. 6 Flat Blade Turbine Agitator with Disk Having Six Blade

Digunakan jenis *flat blade turbine agitator with disk having six blade*. Karena memiliki $Di/W = 5$ dan dapat digunakan untuk campuran berviskositas rendah (Geankoplis, 1993:143). Berikut ini dijabarkan geometrinya :

Dt/Di	$= 3$	(Brown, 1950:507)
Zi/Di	$= 1$	(Brown, 1950:507)
w/Di	$= 0,17$	(Brown, 1950:507)
r	$= 0,25 Di$	(Metcalf and Eddy, 1991)
Offset 1	$= 0,5 Di$	(Wallas, 1990:288)
Offset 2	$= 0,17 w$	(Wallas, 1990:288)
Dd	$= 0,67 Di$	(Geankoplis, 1993:144)
W/Di	$= 0,2$	(Geankoplis, 1993:144)

Keterangan :

Di	$=$ Diameter <i>impeller</i> , m
Dt	$=$ Diameter tangki, m
Zi	$=$ Tinggi <i>impeller</i> dari dasar tangki, m
w	$=$ Lebar <i>baffle</i> , m
W	$=$ Tebal <i>baffle</i> , m
Dd	$=$ Diameter batang penyangga <i>impeller</i> , m
r	$=$ <i>impeller blade length</i> , m
Offset 1	$=$ Jarak <i>baffle</i> dari dasar tangki, m
Offset 2	$=$ Jarak <i>baffle</i> dari permukaan cairan, m

Dimensi pengaduk adalah :

$$D_i = (1/3) \times D_t = (1/3) \times 0,5631 \text{ m} = 0,1877 \text{ m}$$

$$Z_i = 1 \times D_i = 0,1877 \text{ m}$$

$$w = 0,17 \times D_i = 0,17 \times 0,1877 \text{ m} = 0,0319 \text{ m}$$

$$r = 0,25 \times D_i = 0,25 \times 0,1877 \text{ m} = 0,0469 \text{ m}$$

$$\text{Offset 1} = 0,5 \times D_i = 0,5 \times 0,1877 \text{ m} = 0,0938 \text{ m}$$

$$\text{Offset 2} = 0,17 \times w = 0,17 \times 0,0319 \text{ m} = 0,01595 \text{ m}$$

$$D_d = 0,67 \times D_i = 0,67 \times 0,1877 \text{ m} = 0,1258 \text{ m}$$

$$W = 0,2 \times D_i = 0,2 \times 0,1877 \text{ m} = 0,0375 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah baffle} = 4$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang baffle} &= HL,S - (\text{Offset 1} + \text{Offset 2}) \\ &= 0,9139 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Material} = \text{Stainless steel SA-167 grade 3 tipe 304}$$

B. Kecepatan Putaran Pengaduk

$$\text{Jumlah pengaduk} = WELH/ID$$

Keterangan :

$$WELH = \text{water equivalent liquid height} = HL,S \times sg$$

$$ID = \text{Diameter dalam reaktor, in}$$

$$sg = \text{specific gravity}$$

$$sg = \rho \text{ campuran} / \rho \text{ air} = 0,9731$$

Maka :

$$WELH = 0,9962 \text{ m} = 39,2205 \text{ in}$$

Sehingga,

$$\text{Jumlah impeller} = 2 \text{ buah}$$

$$N = \frac{600}{\pi * D_i(\text{ft})} \sqrt{\frac{WELH}{2 * D_i(\text{in})}}$$

Keterangan :

$$N = \text{Kecepatan putaran pengaduk}$$

$$D_i = \text{Diameter impeller} = 0,1877 \text{ m} = 7,3898 \text{ in} = 0,6158 \text{ ft}$$

$$WELH = \text{Water equivalent liquid height} = 39,2205 \text{ in}$$

Maka :

$$N = 505,4837 \text{ rpm} = 8,4247 \text{ rps (Table 9.2 Mc. Cabe 1993:252)}$$

C. Daya pengaduk

$$N'Re = \frac{\rho \times N \times Di^2}{u}$$

Keterangan :

Di = Diameter *impeller* = 0,1877 m

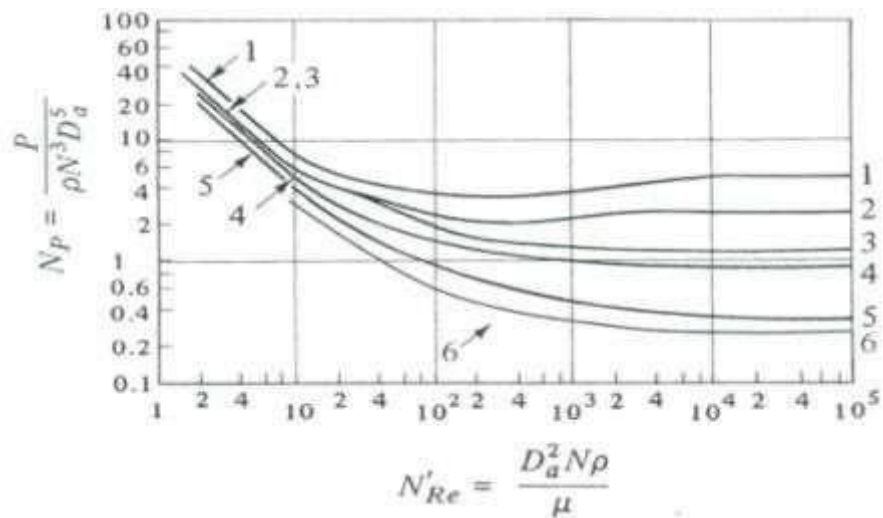
N = kecepatan putaran = 8,4247 rps

ρ = densitas campuran = 970,2 Kg/m³

u = Viskositas = 5,2 cp = 0,0052 Pa.s

Maka,

$$N'Re = 5,5 \times 10^4$$



Gambar 3. 7 Grafik Hubungan antara N'Re dan Np (*Geankoplis*)

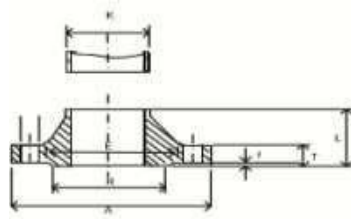
Dari kurva Nomor untuk jenis *flat blade turbine agitator with disk having six blade* diperoleh nilai $N_p = 5$

Maka,

$$P = N_p \times \rho \times N^3 \times Di^5$$

$$P = 675,7965 \text{ J/s} = 0,6758 \text{ kW} = 0,9063 \text{ HP}$$

3.3.5 Perancangan *Nozzle*



Gambar 3. 8 *Nozzle*

A. Diameter *Nozzle Inlet Feed to Killing Tank*

$$d, \text{ Optimum} = 293.G^{0,53} \rho^{-0,37}$$

(*Coulson and Richardson vol.6, 1983, P.221, Eq 5.15*)

Keterangan :

d = diameter saluran umpan *liquid*

G = kecepatan umpan masuk = 280 kg/jam = 0,0778 kg/s

ρ = densitas *liquid* = 970,2 kg/m³

maka :

$$d \text{ optimum} = 5,9422 \text{ mm} = 0,2339 \text{ in}$$

$$d \text{ optimum standard} = 1/4 \text{ in}$$

Spesifikasi pipa dari *tabel 11, P.844, Kern, 1980*

$$\text{NPS} = 1/4 \text{ in}$$

$$\text{Sch} = 40$$

$$\text{ID} = 9,2 \text{ mm}$$

$$\text{OD} = 13,7 \text{ mm}$$

$$A = 66,44 \text{ mm}^2 = 0,103 \text{ in}^2$$

Laju alir volumetrik (F_v) :

$$F_v = G/\rho_{air} = 0,28 \text{ m}^3/\text{jam} = 7,8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} = 4,76 \text{ in}^3/\text{s}$$

Kecepatan aliran (v) :

$$v = F_v/A$$

$$= 46,2136 \text{ in/s} = 1,1738 \text{ m/s}$$

B. Diameter *Nozzle H₂O₂ Tank Outlet to Waste Feed Stream*

$$d, \text{ Optimum} = 293.G^{0,53} \rho^{-0,37}$$

(*Coulson and Richardson vol.6, 1983, P.221, Eq 5.15*)

Keterangan :

d = diameter saluran umpan *liquid*

G = kecepatan umpan masuk = 11,2 L/jam = 16,24 Kg/jam =
0,0045 kg/s

ρ = densitas *liquid* = 1450 kg/m³

maka :

d optimum = 1,1307 mm = 0,0445 in

d optimum *standard* = 1/8 in

Spesifikasi pipa dari *tabel 11, P.844, Kern, 1980*

NPS = 1/8 in

Sch = 40

ID = 6,8 mm

OD = 10,3 mm

A = 36,30 mm² = 0,0563 in²

Laju alir volumetrik (Fv) :

$Fv = G/\rho = 0,0163\text{m}^3/\text{jam} = 4,5 \times 10^{-6}\text{m}^3/\text{s} = 0,2746 \text{ in}^3/\text{s}$

Kecepatan aliran (v) :

$v = Fv/A$

= 4,8774 in/s = 0,1239 m/s

C. Diameter Nozzle Inlet O₃ to Killing Tank

d, Optimum = $293.G^{0,53} \times \rho^{-0,37}$

(*Coulson and Richardson vol.6, 1983, P.221, Eq 5.15*)

Keterangan :

D = diameter saluran umpan *liquid*

G = kecepatan umpan masuk = 36,4 gram/jam = 0,036 Kg/jam
 1×10^{-5} kg/s

ρ = densitas fluida = 2,14 kg/m³

maka :

d optimum = 0,4950 mm = 0,0195 in

d optimum *standard* = 1/8 in

Spesifikasi pipa dari *tabel 11, P.844, Kern, 1980*

$$\begin{aligned} \text{NPS} &= 1/8 \text{ in} \\ \text{Sch} &= 40 \\ \text{ID} &= 6,8 \text{ mm} \\ \text{OD} &= 10,3 \text{ mm} \\ \text{A} &= 36,30 \text{ mm}^2 = 0,0563 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

Laju alir volumetrik (Fv) :

$$Fv = G/\text{pair} = 3 \times 6 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{jam} = 1 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s} = 6,1 \times 10^{-3} \text{ in}^3/\text{s}$$

Kecepatan aliran (v) :

$$\begin{aligned} v &= Fv/A \\ &= 0,1083 \text{ in/s} = 0,0027 \text{ m/s} \end{aligned}$$

D. Diameter Nozzle Outlet Killing Tank to WWTP

$$d, \text{ Optimum} = 293.G^{0,53} \rho^{-0,37}$$

(*Coulson and Richardson vol.6, 1983, P.221, Eq 5.15*)

Keterangan :

$$\begin{aligned} d &= \text{diameter saluran umpan } \textit{liquid} \\ G &= \text{kecepatan umpan masuk} = 280 \text{ kg/jam} = 0,0778 \text{ kg/s} \\ \rho &= \text{densitas liquid} = 988,8 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

maka :

$$d \text{ optimum} = 5,9006 \text{ mm} = 0,2323 \text{ in}$$

$$d \text{ optimum } \textit{standard} = 1/4 \text{ in}$$

Spesifikasi pipa dari *tabel 11, P.844, Kern, 1980*

$$\begin{aligned} \text{NPS} &= 1/4 \text{ in} \\ \text{Sch} &= 40 \\ \text{ID} &= 9,2 \text{ mm} \\ \text{OD} &= 13,7 \text{ mm} \\ \text{A} &= 66,44 \text{ mm}^2 = 0,103 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

Laju alir volumetrik (Fv) :

$$Fv = G/\text{pair} = 0,28 \text{ m}^3/\text{jam} = 7,8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} = 4,76 \text{ in}^3/\text{s}$$

Kecepatan aliran (v) :

$$\begin{aligned} v &= Fv/A \\ &= 46,2136 \text{ in/s} = 1,1738 \text{ m/s} \end{aligned}$$

E. Diameter Nozzle O₃ Recycle to Fresh O₃ Stream

$$d, \text{ Optimum} = 293.G^{0,53} \rho^{-0,37}$$

(Coulson and Richardson vol.6, 1983, P.221, Eq 5.15)

Keterangan :

D = diameter saluran umpan *liquid*

G = kecepatan umpan masuk = 36,4 gram/jam = 0,036 Kg/jam
1 x 10⁻⁵ kg/s

ρ = densitas fluida = 2,14 kg/m³

maka :

d optimum = 0,4950 mm = 0,0195 in

d optimum *standard* = 1/8 in

Spesifikasi pipa dari *tabel 11, P.844, Kern, 1980*

NPS = 1/8 in

Sch = 40

ID = 6,8 mm

OD = 10,3 mm

A = 36,30 mm² = 0,0563 in²

Laju alir volumetrik (Fv) :

$$Fv = G/\rho_{air} = 36,4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{jam} = 1 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s} = 6,1 \times 10^{-3} \text{ in}^3/\text{s}$$

Kecepatan aliran (v) :

$$v = Fv/A$$

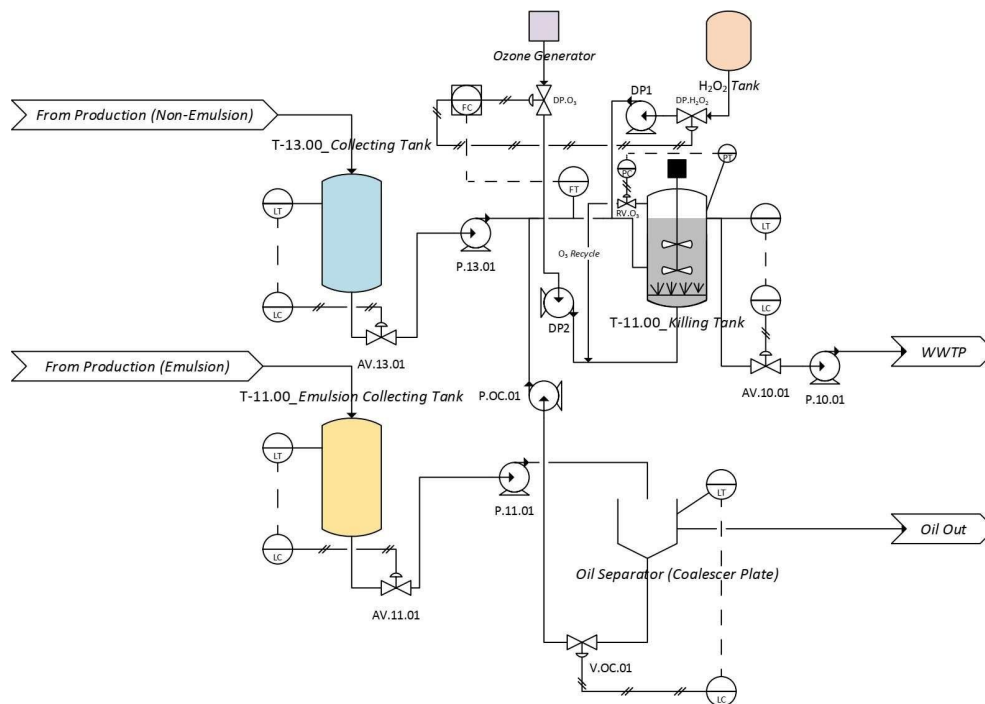
$$= 0,1083 \text{ in/s} = 0,0027 \text{ m/s}$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada variabel H_2O_2 2% + Ozonasi selama 20 menit untuk kandungan virus *Avian Influenza* sudah mengalami penurunan yang sangat baik, yaitu *CT Value* = No *CT* dan *Quantity virus* = 0, maka variabel ini dapat digunakan untuk *re-design killing tank system*. Dengan rancangan *design* sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Pra-rancangan *Re-Design Killing Tank System*

4.1.1 Analisis Ekonomi

Analisis Ekonomi menggunakan Microsoft Excel 2016. Analisis ekonomi ini dilakukan untuk membandingkan *cost* yang diperlukan dengan sistem yang *existing* dengan *re-design* sistem yang terlampir pada gambar 4.1

A. Rincian Biaya Steam



Gambar 4. 2 Boiler

1. Spesifikasi Boiler

Merk	: HOKEN
Steam flow	: 1.5 ton/hr
Bahan bakar	: Solar
Tipe	: <i>Horizontal Fire Tube – Three Pass</i>
Max. pressure	: 10.00 bar
Heat input	: 1012 kW
Heating surface	: 44 m ²
Volume/Volume NW	: 4,470/3,840 L
Max. Steam temp.	: 184 °C

2. Spesifikasi Killing Tank

Material	: SS316L
Kapasitas	: 4000 L
Inlet per-hari	: 3000 L
Outlet per-hari	: 3000 L
Suhu operasi	: 85 °C
Holding time	: 45 menit

3. Penggunaan Bahan Bakar

Bahan bakar	: Solar
Densitas	: 0.8320 kg/L

Entalpi	: 48,750 kJ/kg
Harga	: Rp 14,300 /L
a_F	: Rp 0.3526 /kJ

4. Penggunaan Boiler

Efisiensi Boiler (Asumsi)	: 80 %
Steam yang dihasilkan	: 6.0 bar pada 158.83 °C
$H_g @ P_{\text{dihasilkan}}$: 2756.10 kJ/kg
Steam yang masuk	: 3.0 bar pada 131.91 °C
$H_f @ P_{\text{masuk}}$: 554.6750 kJ/kg
Steam cost	: 970.1793 Rp/kg

5. Cycle Proses Disinfeksi pada Killing Tank

Inlet flowrate steam	: 0.125 kg/s
Volume Limbah per-hari	: 3,000 L
Waktu tinggal (Pembulatan)	: 2 Jam
- Pre-Heating	: 1 Jam
- Disinfeksi	: 45 menit
Biaya listrik per kWh	: Rp 1,352
Biaya Steam	: Rp 873,161.36 /hari
Biaya listrik	: Rp 2,736,448.00 /hari
Biaya Steam + Listrik	: Rp 3,609,609.36 /hari

B. Rincian Biaya Ozonasi

1. Penggunaan H₂O₂

Konsentrasi	: 50%
Utilitas	: 11,2 L/jam x 9 jam : 100,8 L/hari
Harga	: Rp 20.000/L
Biaya	: Utilitas x Harga
	: Rp 2.016.000/hari

2. Penggunaan O₃

Daya listrik	: 0,3 kW
Waktu operasi	: 0,91 x 9 jam = 8,19 jam

Tarif listrik : Rp 1.352/kWh
 Biaya : Daya listrik x Waktu operasi x Tarif listrik
 : 0,3 kW x 8,19 jam x Rp 1.352/kWh
 : Rp 3.322 /hari

3. Agitator pada Killing Tank

Daya listrik : 0,6758 kW
 Waktu operasi : 0,91 x 9 jam = 8,19 jam
 Tarif listrik : Rp 1.352/kWh
 Biaya : Daya listrik x Waktu operasi x Tarif listrik
 : 0,6758 kW x 8,19 jam x Rp 1.352/kWh
 : Rp 7.483 /hari

4. Total Biaya Proses Ozonasi

Utilitas H₂O₂ : Rp 2.016.000/hari
 Listrik *Generator Ozon* : Rp 3.322 /hari
 Listrik *Agitator* : Rp 7.483 /hari
 Total biaya : **Rp. 2.026.805 /hari**

C. Biaya Ekonomi

1. Perbandingan Biaya Ekonomi

Tabel 4. 1 Perbandingan Biaya Ekonomi

Metode	Bahan	Harga	Biaya/hari	Biaya/bulan	Biaya/tahun
Steam	<i>Boiler</i>	Rp 873,161.36	Rp 3,609,609.36	Rp 108.288.280,8	Rp 1.299.459.370
	Listrik	Rp 2,736,448.00			
Ozonasi	H ₂ O ₂	Rp 2.016.000	Rp. 2.026.805	Rp 60.804.150	Rp 729.649.800
	Listrik ozonasi	Rp 3.322			
	Listrik agitator	Rp 7.483			

2. Biaya Investasi

Tabel 4. 2 Rincian Biaya Investasi

Alat	Spesifikasi	Jumlah	Harga	Harga
<i>Killing Tank</i>	280,8 L	1	Rp 6.852.993	Rp 6.852.993
H ₂ O ₂ Tank	554,4 L	1	Rp 10.307.087	Rp 10.307.087
<i>Generator Ozon</i>	40 g/jam	2	Rp 27.920.631	Rp 55.841.262
<i>Agitator</i>	Di 0,1877 m	1	Rp 2.349.427	Rp 2.349.427
Total				Rp 75.350.769
Pajak 10%				Rp 7.535.077
Biaya total				Rp 82.885.846

3. Pay Out Time

Biaya investasi : **Rp 82.885.846**

Keuntungan : Rp 1.299.459.370 - Rp 729.649.800
: Rp 569.809.750/tahun

Depresiasi : 10%

POT = $\frac{\text{Biaya Investasi}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}}$
= $\frac{\text{Rp 82.885.846}}{\text{Rp 569.809.750/tahun} + (0,1 \times \text{Rp 82.885.846})}$
= 0,14 tahun
= 52 hari
= 1 bulan 22 hari

4.1.2 Spesifikasi Alat

Berikut terlampir spesifikasi alat yang dilakukan *re-design* pada *killing tank system*. Untuk keseluruhan alat hampir sama dengan sebelumnya, hanya saja ada modifikasi pada *killing tank*, penambahan unit *Ozone Generator*, *vessel* untuk penyimpanan H₂O₂ 2%, serta *dosing pump* H₂O₂ dan *ozone* (O₃), serta penghilangan *Cooling Tank*.

A. Killing Tank



Gambar 4. 3 Killing Tank

Fungsi : untuk proses disinfeksi limbah cair yang bersumber dari *Collecting Tank* dan *Emulsion Collecting Tank* dengan utilitas *steam*

Spesifikasi

- Material : Stainless steel SA-167 grade 3 tipe 304
- Bentuk : Tangki silinder dengan alas datar dan atas bentuk *torispherical*
- Jenis tangki : *Fixed Roof Tank*
- *Pressure* : 16,11 Psi
- *Temperature* : 20 – 30°C
- *Empty Weight* : 215 kg
- Ketebalan : 3/16 inch
- Kapasitas : 254,8 L
- Volume : 280,28 L
- Jari-jari (r) : 0,2816 m
- Diameter (d) : 0,5631 m
- Tinggi (H) : 1,1262 m
- *Inside Diameter (ID)* : 0,5631 m
- *Outside Diameter (OD)* : 24 inch
- Tebal *head* (tH) : 3/16 inch
- Tinggi total (HT) : 1,2680 m

B. Ozone Generator



Gambar 4. 4 Ozone Generator

Fungsi : Untuk menghasilkan gas ozon yang akan diinjeksikan pada *killing tank*

Spesifikasi

- Kapasitas : 40 gram O₃/jam
- Daya : 0.3 kW
- Electrical : AC 110/220V, 50/60 Hz, 1 phase

C. Tangki H₂O₂



Gambar 4. 5 Tangki H₂O₂

Fungsi : Penyimpanan H₂O₂ 2%

Spesifikasi

- Material : Stainless steel SA-167 grade 3 tipe 304
- Bentuk : Tangki silinder dengan alas datar dan atas bentuk *torispherical*
- Jenis tangki : *Fixed Roof Tank*
- *Pressure* : 17,39 Psi
- *Temperature* : 20 – 30°C
- *Empty Weight* : 425 kg
- Ketebalan : 3/16 inch
- Kapasitas : 504 L
- Volume : 554,40 L
- Jari-jari (r) : 0,3534 m
- Diameter (d) : 0,7068 m
- Tinggi (H) : 1,4136 m

- *Inside Diameter (ID)* : 0,7068 m
- *Outside Diameter (OD)* : 30 inch
- *Tebal head (tH)* : 0,1476 inch
- *Tinggi total (HT)* : 1,5822 m

D. Dosing Pump



Gambar 4. 6 Dosing Pump

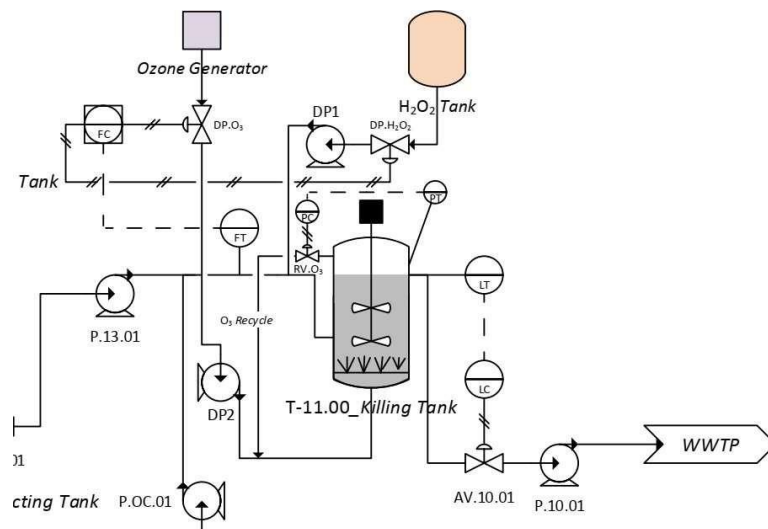
Fungsi : Menginjeksikan *Ozone* (O₃) atau H₂O₂

Spesifikasi

- *Brand* : LMI Milton Roy
- *Tipe* : P053-398TI
- *Capacity* : 3,8 LPH
- *Pressure* : 7,6 bar
- *Connection Type* : *Molded Head*
- *Diaphragm* : *Fluorofilm*
- *Flow Control* : *Single Manual Control*
- *Power* : 22 watt, 230 V, 50/60 Hz
- *Liquid End Type* : *Molded Head*
- *Max. Pressure* : 110 psi
- *Liquifarm Size* : 0,9 inch
- *Weight* : 3,5 kg
- *Material* : *Head & Fittings PVC, Balls Ceramic, Check Valve Polyprel.*

4.2 Pembahasan

Berdasarkan Hasil yang didapatkan terkait pra-rancangan *re-design killing tank system* proses disinfeksi menggunakan H_2O_2 2% + O_3 0,13 gram/Liter limbah lebih efektif dan efisien dalam mendesinfeksi virus *Avian Influenza* sub tipe AIH5 dan AIH9 pada limbah produksi vaksin di PT Vaksindo Satwa Nusantara dibandingkan dengan proses sebelumnya dengan menggunakan steam. Berikut adalah design proses *killing tank system* disinfeksi dengan menggunakan H_2O_2 2% + O_3 0,13 gram/Liter limbah :



Gambar 4. 7 Area Re-Design pada Killing Tank System

Pada *design* yang diajukan, terlampir bahwa adanya penggantian jalur *steam* dari boiler menjadi jalur inlet untuk *dosing* H_2O_2 2% dan O_3 0,13 gram/Liter limbah, dengan *flowrate* limbah yang memasuki *killing tank* sebagai *trigger* untuk *open or close valve dosing pump* untuk O_3 dan H_2O_2 .

Selain lebih efektif dalam mendesinfeksi virus *Avian Influenza* sub tipe AIH5 dan AIH9, rancangan *re-design killing tank system* juga efektif dalam segi ekonomi karena adanya *reduce cost* terkait beban *utility*. Berdasarkan perhitungan Analisa ekonomi dapat dibandingkan bahwa pada proses *re-design killing tank system* dengan menggunakan H_2O_2 2% dan O_3 0,13 gram/Liter limbah dapat menghemat biaya sekitar Rp 47.484.131/bulan dibandingkan sitem sebelumnya dengan menggunakan steam. Biaya investasi perlu dikeluarkan untuk membeli alat-alat terkait *re-design killing tank system*, dimana biaya investasi yang dibutuhkan yaitu sekitar Rp 82.885.846 dengan

nilai *Pay Out Time (POT)* sebesar 0,14 tahun, sehingga dibutuhkan waktu sekitar 1 bulan 22 hari untuk mengembalikan biaya investasi yang diperlukan dalam proses *re-design killing tank system* ini.

Pada proses *re-design killing tank system* limbah masuk melalui bagian samping kiri bawah *killing tank* dengan laju alir 280 Liter/jam, kemudian aliran O_3 dengan laju alir 40 gram/jam masuk melalui bagian bawah *killing tank* sehingga limbah yang masuk dari bagian bawah samping *killing tank* akan langsung kontak dengan O_3 yang masih *fresh*. Penggunaan *diffuser* digunakan untuk membantu penyebaran O_3 yang masuk ke dalam system agar O_3 dapat menyebar secara merata pada fluida yang berada pada *killing tank* selama proses desinfeksi. Laju alir H_2O_2 dengan laju alir 11,2 Liter/jam masuk melalui bagian kanan bawah *killing tank*, dengan bantuan agitator pada kecepatan 505 rpm untuk membantu penggunaan H_2O_2 yang lebih homogen, sementara untuk laju alir hasil desinfeksi keluar melalui bagian kanan atas *killing tank*, fluida yang telah melalui proses desinfeksi akan keluar dengan sendirinya dengan system *overflow* sehingga dapat juga menjaga ketinggian fluida dalam *killing tank* agar tetap pada kondisi ideal.

Proses recycle diperlukan untuk mengalirkan kembali O_3 yang tidak bereaksi dengan sampel. Jika O_3 yang tidak bereaksi tidak dialirkan keluar tangki, maka akan terdapat gas-gas O_3 yang berada pada bagian atas fluida dan menyebabkan tekanan dalam tangki akan meningkat. Oleh karena itu, untuk menjaga tekanan dalam tangki dan memanfaatkan O_3 yang tidak bereaksi, maka O_3 di alirkan melalui bagian atas tangki dan dikembalikan ke dalam pipa aliran masuk O_3 dan akan bercampur dengan O_3 yang dihasilkan dari alat generator ozon.

Tabel 4. 3 Hasil Uji Parameter Pendukung (pH, Berat Jenis, Suhu, TSS, COD, BOD)

Sampel	pH	Berat Jenis (Kg/m ³)	Suhu (°C)	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
<i>Standard</i>	6,0 – 9,0	-	-	100	300	100
Pre-Treatment	6,52	970,2	26,0	149	1172,85	585,42
H_2O_2 2% + O_3 20'	7,16	988,8	26,0	62	661,53	324,84

Berdasarkan PERMENLH RI Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah (Industri Farmasi Lampiran XXXIX) ada beberapa parameter dari

karakteristik sampel baik parameter fisika maupun kimia yang mengatur mengenai limbah industri yang akan dibuang ke lingkungan, oleh karena itu pada kerja praktek ini selain berfokus pada desinfeksi virus *Avian Influenza* sub tipe AIH5 dan AIH9 juga di uji beberapa parameter lainnya seperti yang tertera pada tabel 3.7 Beberapa parameter yang sudah sesuai *standard* baku mutu limbah farmasi adalah parameter pH, berat jenis, suhu, dan TSS. Sementara untuk parameter COD dan BOD masih diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk mendapatkan nilai yang sesuai *standard* yang telah ditetapkan. Tetapi setelah melewati *killing tank system*, limbah cair ini masih akan melewati WWTP utama, yang memiliki serangkaian proses yang memungkinkan dalam penurunan kadar COD dan BOD.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dengan laju alir limbah 280 Liter/jam, dibutuhkan tangki dengan bahan Stainless steel SA-167 grade 3 tipe 304 dengan volume 280,8 Liter pada unit *killing tank* dengan jenis tangki *fixed roof tank* dan bentuk silinder dengan alas datar dan atas bentuk *torispherical*. Sementara untuk tangki penyimpanan H₂O₂ dengan laju alir 11,2 Liter/jam dibutuhkan tangki dengan volume 554,4 L untuk penyimpanan selama 5 hari dengan bahan Stainless steel SA-167 grade 3 tipe 304, jenis tangka *fixed roof tank*, dan bentuk silinder dengan alas datar dan atas bentuk *torispherical*. pada proses *re-design killing tank system* juga dibutuhkan generator ozon dengan kapasitas 40 gram O₃/jam.

5.2 Saran

Pada proses *re-design killing tank system* dapat menggunakan penampung H₂O₂ berkapasitas lebih kecil dengan wadah drum, dengan sistem penggantian secara isi ulang tanpa membeli penampunya kembali. Sehingga tidak diperlukan tangki penyimpanan H₂O₂ agar dapat menghemat biaya investasi yang dilekuarkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2004). *Toxicological Profile for Ammonia*. United State of America : United State Departement of Health and Human Services.
- Ahmad, R. (2004). *Kimia Lingkungan*. Jakarta: ANDI Yogyakarta.
- Alaerts, G., & Santika, S. S. (1984). *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Asmoro, T. M. (2010). *Efisiensi Unit Pengolah Limbah Cair Mojosongo PDAM Kota Surakarta*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Brownell & Young, EH., *Process Equipment Design*, John Wiley & Sons Inc, New York, 1959
- Buck, R., Rondinini, S., Covington, A., Baucke, F., Brett, C., Camoes, M., et al. (2010). *Measurement of pH Definition, Standards, and Procedures. Handbook of Biochemistry and Molecular Biology, Fourth Edition*.
- Cahyadi, R. (2016). Kajian Variabel Kualitas Air dan Hubungannya dengan roduktivitas Primer Fitoplankton di Perairan Waduk Darma Jawa Barat. *Jurnal Perikanan Kelautan*.
- Dian, G., & Herumurti, W. (2016). *Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih, Surabaya*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Fujianti, E. (2015). *Perbedaan BOD, COD, Cl₂, TSS pada Inlet dan Outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)*. Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.
- Kementerian Lingkungan Hidup RI. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah*.

- Khan, A. M., Ataulah, Shaheen, A., Ahmad, I., Malik, F., & Shahid, H. A. (2011). Correlation of COD and BOD of Domestic Wastewater with the Power Output of Bioreactor. *Journal of The Chemical Society of Pakistan*.
- Kusnoputranto, H. (1984). *Air Limbah dan Ekskreta Manusia: Aspek Kesehatan Masyarakat dan Pengelolaannya*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Mara, D. D. (2004). *Domestic wastewater treatment in developing countries*. UK: Earthscan.
- Metcalf, & Eddy, I. (1991). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. New York: McGraw-Hill.
- Riffat, R. (2012). *Fundamentals of Wastewater Treatment and Engineering*. CRC Press.
- Selintung, M., Lopa, R. T., Zubair, A., Bakri, B., & Ibrahim, R. (2016). *Pengolahan Lumpur. Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum*. Makassar: Universitas Hasanudin.
- Sugiharto. (2014). *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: UI Press.
- Tchobanoglous. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. New York: McGraw-Hill.

LAMPIRAN

Lampiran 1 P&ID Killing Tank System Hasil Re-Design

