

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Getting Started

Studi lapangan atau pengumpulan informasi dilakukan melalui observasi dan wawancara mendalam serta melakukan survey lapangan sehingga menghasilkan informasi yang akurat dan menyeluruh.

Hasil pengamatan awal yaitu konsentrasi amoniak yang tinggi dan terkandung dalam air limbah yang merupakan *losses* dari produk terutama yang dihasilkan oleh Pabrik I yang berbasis nitrogen membuat indikasi tingginya beban pencemaran limbah sehingga limbah cair melebihi batas yang ditentukan oleh KEMEN LH THN 1995. Pada tahap ini data yang diambil adalah pada bulan September 2019 sampai Februari 2020. Data – data tersebut diperoleh dari hasil pengujian limbah cair WWTP Pabrik I oleh bagian Laboratorium uji kimia, sedangkan data pemanfaatan limbah cair diperoleh dari data historis, maupun wawancara dengan pihak – pihak yang mengerti pemanfaatan limbah cair.

Langkah berikutnya adalah melakukan perencanaan terhadap langkah - langkah penelitian dalam upaya memberikan usulan penyelesaian masalah yang terjadi.

4.2 Planning

Berdasarkan berbagai informasi yang telah dikumpulkan pada saat studi lapangan melalui *walk through survey* sebelumnya, diketahui bahwa terdapat permasalahan di PT Perokimia Gresik yang berkaitan dengan limbah cair yang tidak sesuai standar yang jika limbah cair tersebut memenuhi standar maka dapat dimanfaatkan dan dapat mempengaruhi produktivitas limbah. Menurut Supervisor lingkungan tingginya beban pencemaran limbah cair WWTP Pabrik I melatar belakangi limbah cair tidak sesuai standar sehingga timbul beberapa masalah Adapun Beberapa masalah tersebut antara lain dari aspek mesin, manusia, lingkungan dan material (bahan baku).

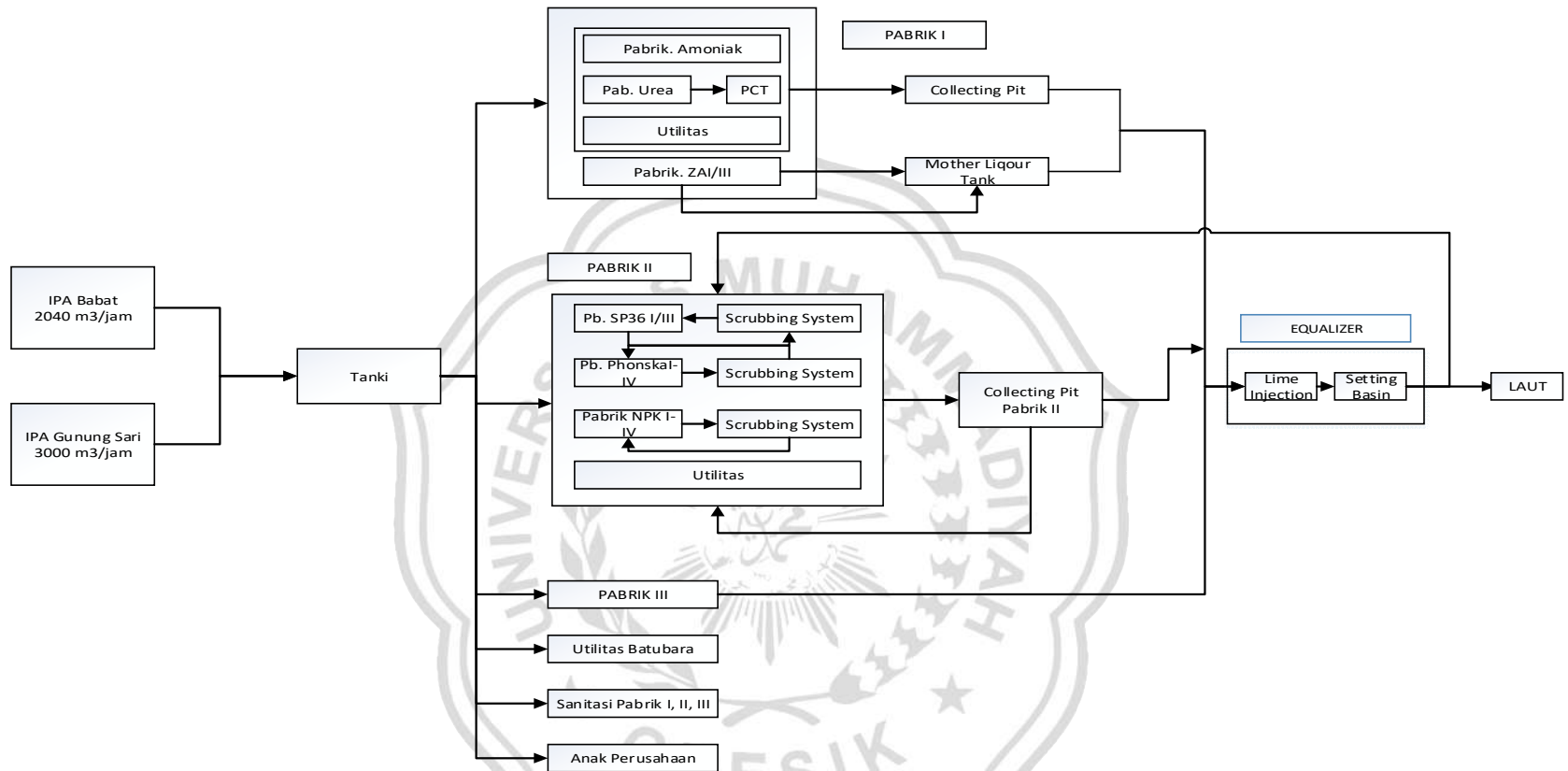
Pengamatan awal merupakan tahapan untuk memperoleh data – data yang akan digunakan untuk memecahkan masalah yang ada. Pada tahap ini data yang diambil adalah pada bulan September 2019 sampai Februari 2020. Data – data

tersebut diperoleh dari hasil pengamatan, data historis, maupun wawancara dengan pihak – pihak yang mengerti kondisi perusahaan. Langkah berikutnya adalah melakukan pengumpulan data, Pengumpulan data adalah pencatatan hal/informasi sebagian atau seluruh elemen yang menunjang dan mendukung penelitian.

4.2.1 Process Flow Diagram

Untuk *proces flow diagram* air limbah di PT. Petrokimia Gresik bisa dilihat pada **Lampiran 4.**, adapun *Procces flow diagram* Air limbah di Pabrik 1 sebagai berikut :





Gambar 4.1 Flow Procces Diagram

Sistem pengelolaan limbah cair PT.Petrokimia Gresik menggunakan sistem terpadu. Sehingga, limbah cair dari unit produksi langsung dialirkan menuju *cushon pond*(bak penampungan) untuk mengalami proses pengumpulan limbah cair. Limbah-limbah yang akan mengalir ke *cushon pond* tidak dilakukan *pretreatment* sebelum masuk ke *cushon pond* hanya dilakukan uji internal di setiap unit untuk mengawasi output setiap unit dan melakukan audit internal. Pada pabrik 1 yang sebagian besar memproduksi amoniak dan urea menggunakan WWTP (*Waste Water Treatment Plant*) untuk pengolahan limbah cairnya. Pada ZAI/III menggunakan pengolahan NH_4 *remover* dan utilitas hanya perlu di *neutralizing*. Dari ketiga sumber tersebut hanya dilanjutkan pada kolam *equalizer* atau kolam penyimpanan tanpa ada perlakuan khusus. Pada unit pabrik II terdapat pabrik SP 36 I/II, pabrik Phonska I/II/III/IV/V (pupuk manjemuk) dan utilitas. Limbah cair yang dihasilkan cukup dilakukan netralisasi pH nya. Setelah mengalami netralisasi, limbah pabrik II juga diteruskan pada kolam *equalizer* sebelum dibuang ke point L. unit pabrik III yang memproduksi asam phospat, asam sulfat, dan aluminium floride dikumpulkan pada *cushon pond* sebelum masuk *effluent treatment*. Setelah meleawati *effluent treatment*, limbah tersebut dinetralisasi sebelum dikumpulkan kedalam kolam *equalizer*.

4.2.2 Pengolahan Limbah Cair

Pabrik amoniak PT. Petrokimia Gresik menghasilkan air limbah (*waste water*) yang mengandung minyak dan amoniak. Limbah cair yang berasal dari Departemen Produksi I, II, dan III PT. Petrokimia Gresik diolah dalam satu tempat pengolahan limbah yaitu unit WWT (*Waste Water Treatment*). Sebelum masuk ke unit WWT, limbah harus berada pada pH minimal 5. Sehingga pada masing-masing departemen produksi, ada penyesuaian pH terlebih dahulu sebelum dialirkan ke unit WWT ini. Dalam unit WWT ada beberapa tahapan proses yang berlangsung, diantaranya:

1. *Neutralizing Pond*

Neutralizing pond merupakan sebuah bak penampung yang berfungsi sebagai penetral limbah asam dan basa yang berasal operasional Unit Utilitas dan amoniak. Pengolahan yang dilakukan terhadap limbah asam adalah dengan penambahan *caustic soda* (NaOH), sedangkan pengolahan yang dilakukan

untuk limbah basa berupa penambahan asam fosfat (H_3PO_4) atau asam sulfat (H_2SO_4).

2. *Equalizer*

Limbah yang berasal dari setiap departemen produksi di PT. Petrokimia Gresik ditampung dalam bak equalisasi dengan tujuan untuk mengatasi masalah yang timbul akibat debit aliran yang berubah-ubah. Setelah didapatkan debit yang relatif stabil, limbah cair dialirkan ke bak sedimentasi.

3. Bak sedimentasi

Bak sedimentasi merupakan tempat untuk memisahkan limbah cair dari suspensi yang terikut di dalamnya. Prosesnya lebih dikenal dengan istilah pengendapan secara gravitasi. Pada bak sedimentasi limbah diolah secara fisika dan biologis. Secara fisika, limbah disedimentasi dan secara biologi, limbah diolah dengan proses aerob menggunakan lumpur aktif. Proses aerob merupakan proses biologi dengan menggunakan oksigen. Dalam proses lumpur aktif, mikroorganisme dicampur dengan senyawa organik sehingga mikroorganisme tersebut dapat tumbuh dan menstabilkan senyawa organik. Bagian-bagian penting yang terintegrasi dalam unit lumpur aktif yaitu:

- Sub unit bak aerasi sebagai wadah bercampur dan bereaksinya elemen reaksi seperti mikroba, organik terurai dan oksigen.
- Sub unit bak pengendap sebagai tempat pemisahan lumpur aktif secara gravitasi.
- Sistem pengendali lumpur untuk mengontrol besarnya debit lumpur yang diresirkulasi dan lumpur yang dibuang.

Setelah disedimentasi dan diolah secara biologis, limbah cair dialirkan ke *thickener*.

4. *Thickener*

Thickener merupakan tempat untuk mengendapkan kembali sejumlah padatan yang belum terendapkan dalam bak sedimentasi. Proses pengendapannya dengan cara mengkonsentrasikan/memusatkan padatan sehingga terpisah dari cairannya. *Thickening* pada umumnya melibatkan proses fisika seperti sentrifugasi.

5. Bak koagulasi

Dalam bak koagulasi terjadi proses koagulasi dan flokulasi. Koagulan yang ditambahkan adalah kapur dan polielektrolit. Di dalam bak koagulasi ini juga terjadi proses netralisasi sampai pH minimal 6, sehingga limbah aman dibuang ke lingkungan. Selanjutnya, limbah cair dialirkan ke selokan menuju ke laut. Sedangkan endapannya diambil kemudian ditimbun dalam tanah sebagai *landfill*.

4.2.3 Karakteristik limbah di unit Pabrik I

Pabrik I di PT. Petrokimia Gresik menghasilkan limbah (*waste water*) yang berasal dari pabrik Urea, pabrik ZA I/III, pabrik amoniak, dan utilitas pabrik I sendiri. Limbah cair yang terbuang mengandung minyak (*oil*), ammonia dan urea. Limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik urea cenderung basa (pH 8-10). Parameter limbah dominan adalah $\text{NH}_3\text{-N}$. Sumber limbah yang dihasilkan oleh pabrik urea berasal dari *sealing pompa*, *Jacket Water* dan kondensat. Limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik ZA I/III cenderung asam (pH 3-5) parameter limbah dominan adalah $\text{NH}_3\text{-N}$.

Limbah cair pada unit pabrik I diolah dalam *Waste Water Treatment Plan* (WWTP). WWTP menggunakan proses pengolahan secara biologis dengan proses lumpur aktif. Akibat kandungan zat anorganik pada limbah cair lebih tinggi daripada kandungan zat organik maka mikroorganisme yang digunakan dalam pengolahan limbah tidak mampu mengolah limbah cair tersebut. Sehingga dalam proses pengolahan limbah cair dalam WWTP diperlukan tambahan H_3PO_4 untuk *adjusting* pH yang cukup banyak sehingga tidak ekonomis.

Unit pabrik I menerapkan menerapkan metode *cleaner production* dengan cara *recycle* dan *reuse*. Limbah cair yang masih mengandung NH_3 ditampung dan digunakan kembali dalam proses produksi. Dan agar proses produksi di unit pabrik I dimaksimalkan untuk mengurangi bahan buangan N (Nitrogen). Selain itu, untuk pembersihan cecceran pupuk tidak dibersihkan dengan menggunakan air sehingga tidak ada pembuangan bahan N (Nitrogen).

Pada unit Pabrik I terdapat buangan limbah cair yang bersifat basa, namun untuk yang dari pabrik ZA cenderung sedikit asam dilakukan penambahan NaOH untuk menaikkan pH limbah cair. Kemudian, limbah cair yang telah melalui

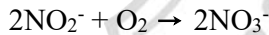
steaming dialirkan melalui saluran air limbah menuju kolam equalizer untuk dibuang ke laut.

Dalam mencapai standar baku mutu air limbah industri air limbah yang diolah dalam unit WWTP dioperasikan dengan prinsip biologi, dimana kandungan N limbah cair diubah menjadi gas N₂, CO₂, dan H₂O. Proses pengolahan limbah ditujukan untuk mengurangi kar N semaksimal mungkin. Teknik yang digunakan dalam proses pengolahan limbah Pabrik I adalah proses nitrifikasi dan denitrifikasi.

- Nitrifikasi

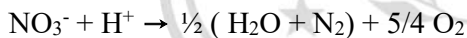
Nitrifikasi merupakan proses dengan dua tahap reaksi yaitu proses oksidasi ammonia menjadi nitrit dan kemudian nitrat dengan bantuan bakteri. Kondisi operasi harus aerobik dengan kandungan BOD rendah.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



- Denitrifikasi

Denitrifikasi berlangsung pada kondisi *anareob*. Proses Denitrifikasi merupakan proses konversi nitrat menjadi gas nitrogen dan juga dengan sedikit gas oksida nitrogen. Proses ini menggunakan mikroorganisme fakultatif dan harus tersedia nitrat.



4.2.3 Identifikasi kandungan limbah cair terhadap lingkungan

Limbah yang akan dibuang ke lingkungan memiliki persyaratan khusus terhadap jumlah parameter pencemar yang telah ditentukan perusahaan, yaitu untuk hasil *Waste Water Treatment Plant* I meliputi pH, Suhu, Ammonia total, TKN, dan Suhu. Parameter tersebut memiliki batasan yang sudah ditentukan KEMEN LH. Apabila parameter hasil olahan limbah cair masih banyak di luar batas standar, maka dampak yang akan terjadi ke lingkungan adalah sebagai berikut :

1. pH

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,4 – 7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH dibawah pH 7, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang

mempunyai pH diatas 7 bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan biota akuatik. Dampaknya sebagai berikut :

- ✓ penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton,
- ✓ perfiton dan bentos semakin besar.
- ✓ Penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplanton dan bentos.
- ✓ Algae hijau berfilamen semakin banyak.
- ✓ Proses nitrifikasi terhambat.

2. Suhu

Suhu air sangat berpengaruh terhadap proses kimia, fisika dan biologi di dalam perairan, sehingga dengan perubahan suhu pada suatu perairan akan mengakibatkan berubahnya semua proses di dalam perairan. Hal ini dilihat dari peningkatan suhu air, maka kelarutan oksigen akan berkurang. Peningkatan suhu perairan 10°C mengakibatkan meningkatnya konsumsi oksigen oleh organisme akuatik sekitar 2–3 kali lipat, sehingga kebutuhan oksigen oleh organisme akuatik meningkat.

3. Ammonia Total

NH₃-N total adalah ammoniak yang berikatan dengan air. Senyawa ini disimbolkan sebagai NH₃(aq). Meskipun nama amonium hidroksida menunjukkan suatu alkali dengan komposisi [NH₄⁺][OH⁻], sebenarnya sangat sulit untuk mengisolasi sampel NH₄OH, karena ion ini tidak terdiri dari bagian yang signifikan dari jumlah total amonia kecuali dalam larutan yang sangat encer.

4. TKN (total Kjeldahl Nitrogen)

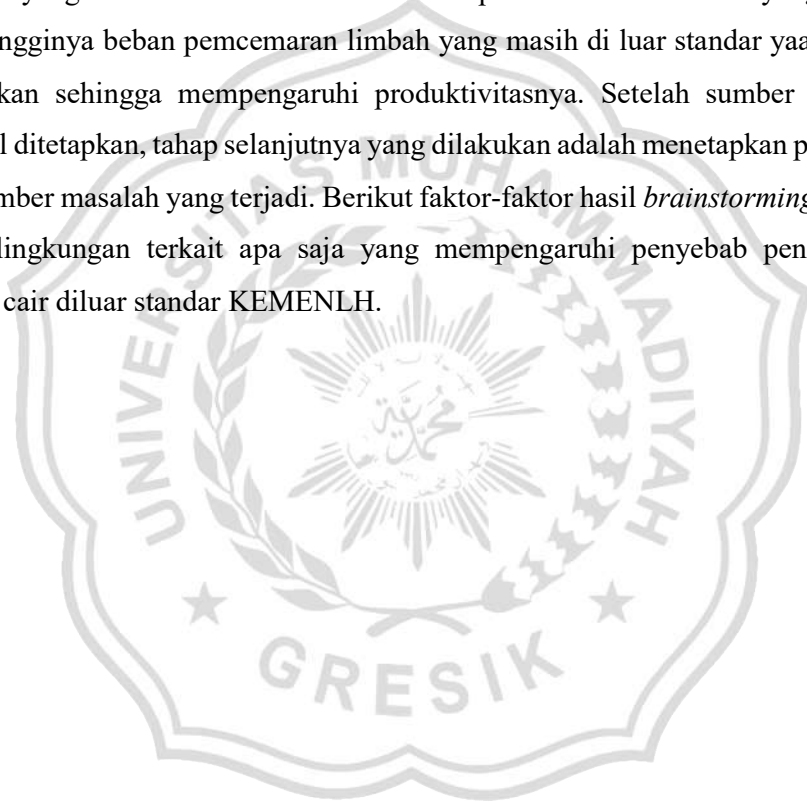
TKN adalah Total Kjeldahl Nitrogen yaitu suatu pengukuran nilai N dalam suatu ikatan atau senyawa, sedangkan NH₃-N adalah ammoniak yang berikatan dengan air.

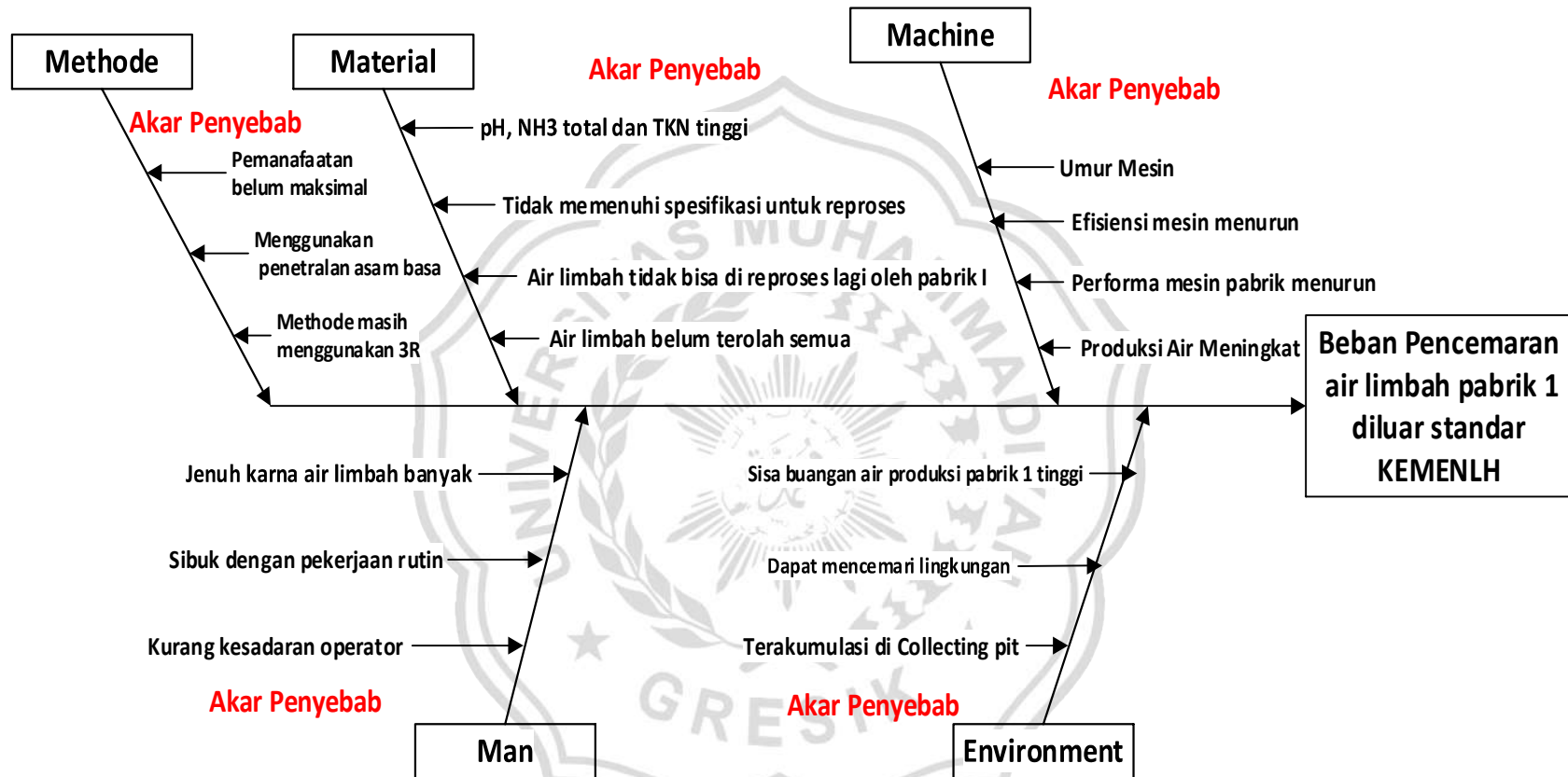
4.2.4 Identifikasi Masalah dan Penyebabnya

Berdasarkan berbagai data yang telah dikumpulkan pada saat studi lapangan melalui *walk through survey* sebelumnya, diketahui bahwa terdapat permasalahan di Limbah cair Pabrik I yang tidak sesuai standar yang seandainya limbah cair tersebut bisa digunakan untuk dan dimanfaatkan kembali sebagai bahan penolong di Pabrik II

Berdasarkan hasil dari *brainstorming* dengan *staff* lingkungan dan personil laboratorium PT Petrokimia Gresik, terdapat beberapa masalah yang melatar belakangi masalah dengan limbah cair di Pabrik I yang tidak sesuai standar. Beberapa masalah tersebut antara lain dilihat dari aspek mesin, manusia, lingkungan dan material (peralatan atau bahan).

Diagram tulang ikan atau *fishbone diagram* adalah *tools* yang akan digunakan pada tahap ini, diagram tulang ikan ini berfungsi untuk mengidentifikasi sumber potensial dari permasalahan di WWTP Pabrik I PT Petrokimia Gresik. Hal pertama yang harus dilakukan adalah menetapkan sumber masalah yang terjadi yaitu tingginya beban pencemaran limbah yang masih di luar standar yang telah ditentukan sehingga mempengaruhi produktivitasnya. Setelah sumber masalah berhasil ditetapkan, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah menetapkan penyebab dari sumber masalah yang terjadi. Berikut faktor-faktor hasil *brainstorming* dengan pihak lingkungan terkait apa saja yang mempengaruhi penyebab pencemaran limbah cair diluar standar KEMENLH.





Gambar 4.2 Cause and effect diagram pencemaran air limbah diluar standar KEMENLH

Tabel 4.1 Analisis penyebab masalah dan tindak lanjut

No	Faktor	Penyebab Masalah	Rencana tindak lanjut	Perkiraan biaya
1	<i>Mechine</i>	Umur Mesin	Umur Mesin mempengaruhi <i>performance</i> alat akan tetapi pabrik tetap harus beroperasi	Tidak ada biaya
2	<i>Man</i>	Kurang kesadaran operator	Melakukan pelatihan dan <i>sharing knowlagdge</i>	Tidak ada biaya
3	<i>Material</i>	pH, NH ₃ total dan TKN tinggi	Masalah <i>waste treatment</i> supaya limbah cair dai pabrik I dapat dimanfaatkan oleh proses lanjut di Pabrik II	Biaya tinggi
4	<i>Environment</i>	Terakumulasi di Collecting pit.	Mendistribusikan limbah cair yang di <i>collecting pit</i> pabrik I ke pabrik II agar dimanfaatkan	Biaya tinggi
5	<i>Methode</i>	Pemanfaatan limbah belum.	Pemanfaatan limbah cair di maksimalkan.	Biaya tinggi

Dari *Cause dan effect diagram* dan tabel diatas akar masalah yang terjadi ada 5 dari 5 faktor yaitu *mechine, man, material, environment* dan *methode*. Dari

faktor *machine* yaitu produksi air meningkat, karena kebutuhan produksi juga meningkat ini akan berdampak juga terhadap jumlah limbah cair yang ada di Pabrik, selain itu berjalan waktu performa mesin juga menurun dan efisiensi dari mesin pun turun hal ini disebabkan karena umur pabrik, akan tetapi pabrik juga harus tetap berjalan untuk aktivitas produksi. Sedangkan faktor manusia yaitu kurangnya kesadaran dan pemahaman operator tentang kesadaran akan lingkungan ini disebabkan oleh jenuh karna air limbahnya banyak dan sibuk dengan pekerjaan rutin sehingga kurang perhatian terhadap limbah.

Dalam melakukan perbaikan 2 faktor ini tidak memerlukan biaya secara langsung, dari faktor *machine* disebabkan oleh penyebab langsung adalah umur pabrik yang semakin lama mengalami penurunan efisiensi mesin pabrik, hal ini merupakan faktor yang tidak bisa dihindari, sedangkan untuk faktor manusianya bisa diberikan *sharing knowledge* kepada operator agar meminimalisir timbulnya limbah cair.

Selanjutnya adalah dari faktor *Material* dan *Environment* kedua faktor ini memerlukan biaya yang cukup tinggi sehingga harus dilakukan estimasi kontribusi terhadap lingkungan dan produktivitas apabila di aplikasikan. Dari faktor material akar masalah yang terjadi adalah karena air limbah yang dihasilkan di WWTP pabrik 1 tidak terolah semua, air limbah ini tidak bisa di *reproses* lagi di Pabrik I, dan nilai dai pH, NH₃ total, serta TKN tinggi sehingga di perlukan *treatment* kembali di equalizer untuk di *treatment* supaya tidak membahayakan bagi lingkungan. Hasil olahan limbah di equalizer yang langsung dibuang ke lingkungan (laut) juga tidak bisa dimanfaatkan kembali, apabila dapat dimanfaatkan akan memberi nilai tambah atau keuntungan bagi perusahaan

Dari faktor *environment* akar masalah yang terjadi adalah sisa buangan pabrik 1 cukup tinggi dan dapat mencari lingkungan semua limbah pabrik 1 dikumpulkan ke dalam *Collecting pit* dan terakumulasi menyebabkan perlunya mendistribusikan limbah cair yang ada di dalam *collecting pit* ke Pabrik II yang nantinya bisa dimanfaatkan kembali dan akan memberikan nilai tambah atau keuntungan bagi perusahaan.

Dari faktor *method* akar masalah yang terjadi adalah method yang digunakan masih menggunakan 3R(*recycle, recovery, dan reuse*) method ini belum

sempurna karna masih menggunakan penetralan asam basa, disini masih memakai zat kimia lain untuk penetralan limbah sehingga pemanfaatan limbah yang belum maksimal.

4.3 Pembobotan dengan kuesioner

Penyebaran kuesioner dilakukan untuk mendapatkan nilai bobot (*weigh*) tingkat bahaya dari masing-masing zat kimia yang terkandung dalam limbah cair, yang berhubungan dengan kesehatan manusia dan keseimbangan lingkungan, indikatornya berupa pH Suhu, Ammonia Total, dan TKN kepada 5 orang ahli lingkungan dan 5 orang analis laboratorium, total responden berjumlah 10 orang. Kompetensi Responden ditentukan dari lama kerja minimal 5 tahun dan jabatan minimal staff madya. Hasil dan keterangan kuesioner dapat dilihat pada lampiran 5.

Tabel 4.2 Data Hasil Kuesioner Bobot Zat Kimia dalam Limbah Cair.

Responden	Jawaban dari pertanyaan				Skor total
	pH	Suhu	Ammonia Total	TKN	
1	4	2	4	4	14
2	4	2	4	3	13
3	4	2	4	4	14
4	4	2	4	3	13
5	4	2	4	3	13
6	3	1	3	3	10
7	4	2	4	3	13
8	4	2	4	3	13
9	3	1	3	2	9
10	4	2	4	3	13

4.3.1 Uji Validitas dan Reliabilitas

Uji Validitas dilakukan untuk mengukur tingkat kevalidan dari instrumen kuesioner yang digunakan dalam pengumpulan data. Uji validitas ini dilakukan untuk mengetahui apakah item-item yang tersaji dalam kuesioner benar-benar mampu mengungkapkan dengan pasti apa yang akan diteliti. Cara yang digunakan

adalah dengan analisis item, dimana setiap nilai yang ada pada setiap butir pertanyaan dikorelasikan dengan total nilai seluruh butir pertanyaan untuk suatu variabel dengan menggunakan rumus korelasi *product moment*. Syarat minimum untuk dianggap valid adalah nilai r hitung > dari nilai r tabel. Nilai r table bisa dilihat pada **lampiran 6** Nilai r hitung diperoleh menggunakan software SPSS. Nilai r tabel dari tes validitas 10 kuesioner dengan nilai α sebesar 5% adalah = 0,6319.

Tabel 4.3 Hasil Kuesioner Uji Validitas Bobot Zat Kimia dalam Limbah Cair

No	Parameter	R hitung	Hasil Validasi	Kesimpulan
1	pH	0,958	0,6319	Valid
2	Suhu	0,958	0,6319	Valid
3	Ammonia Total	0,958	0,6319	Valid
4	TKN	0,771	0,6319	Valid

Uji Reliabilitas dilakukan untuk mengukur adanya konsistensi alat ukur dalam penggunaannya, atau dengan kata lain alat ukur tersebut mempunyai hasil yang konsisten apabila digunakan berkali-kali pada waktu yang berbeda. Untuk testretest dikatakan reliabel apabila signifikansi dibawah 0,05. Sedangkan untuk Cronbach Alpha dikatakan reliabel bila koefisien reliabilitas > 0,6.

Reliability

[DataSet0]

Scale: ALL VARIABLES

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	10	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	10	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.914	4

Gambar 4.3 Uji Reliabilitas

Berdasarkan hasil pengujian reliabilitas di atas. Diketahui angka *cronbach alpha* adalah sebesar 0,914. Jadi angka 0,914 lebih besar dari nilai minimal *cronbach alpha* 0,6319. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa instrumen penelitian yang digunakan untuk mengukur variabel pelayanan dapat dikatakan valid dan reliabel atau handal.

4.4 Pengukuran Produktivitas Awal

Pengolahan data yang akan dilakukan meliputi perhitungan produktivitas awal, perhitungan Indeks EPI awal, identifikasi masalah dan penyebabnya, penyusunan usulan alternatif perbaikan, perhitungan produktivitas akhir dan melakukan perhitungan Indeks EPI akhir. Perhitungan mengacu pada produktivitas parsial. Pengukuran produktivitas parsial (*partial productivity measurement*) adalah produktivitas dari satu input tunggal biasanya diukur dengan menghitung rasio output terhadap input. Pengukuran produktivitas dapat dikembangkan untuk masing-masing input secara terpisah atau seluruh input secara bersama-sama. Pada penelitian ini yang menjadi input adalah jumlah air baku yang dipakai selama periode 6 bulan di Pabrik I PT Petrokimia Gresik dan yang menjadi output adalah limbah cair yang berbentuk cair pada collecting pit I.5. Nilai Produktivitas bisa didapatkan dengan rumus Produktivitas = Output / Input (Moses,2012). Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4.4 Pengolahan Air baku dan Limbah Pabrik I

Periode	Total input (air baku)m ³	Total output(air baku) yang terpakai produksi m ³	Total Limbah m ³	Produktivitas(%)
Sep-19	661730	604591	57139	91.37
Oct-19	712477	647303	65174	90.85
Nov-19	728159	669839	58320	91.99
Dec-19	736989	664672	72317	90.19
Jan-20	697756	617247	80509	88.46
Feb-20	556202	486823	69379	87.53
Total	4093313	3690475	402838	90.06

Sumber : Departemen Pabrik I dan Departemen LK3

Dari tabel diatas total input adalah seluruh air baku yang masuk ke ada di Pabrik I PT. Petrokimia Gresik pada periode September 2019 – Februari 2020, sedangkan total ouput yang dihasilkan adalah total limbah cair yang dimasukkan kedalam collecting pit. Dengan menggunakan rumus tersebut, maka didapatkan rata – rata nilai produktivitas selama 6 bulan dari bulan September 2019 – Februari 2020 sebesar 90,06 %, Artinya masih ada potensi 9,94% dari limbah cair pabrik 1 yang diluar standar KEMENLH akan menjadi masalah bagi lingkungan, karena hasil olahan yang diluar standar masih diolah bisa lagi ke bagian equalizer di Pabrik II untuk dilakukan *treatment* sehingga tidak merusak ketika dibuang ke lingkungan. Total limbah cair yang tidak memenuhi standar sebesar 402.838 m³, apabila massa jenis hasil olahan limbah cair dianggap 1 Kg/m³, maka 402.838 m³ sama dengan 402.838 Kg atau 402.838.000 liter.

4.5 Environmental Performance Indicator (EPI)

EPI dijadikan indikator untuk mengetahui kinerja lingkungan yang telah dicapai oleh perusahaan, berkaitan dengan limbah yang dihasilkan dalam prosesnya terhadap lingkungan sekitar yang terkena dampak.

Nilai indeks EPI bisa didapatkan dengan rumus berikut :

$$\text{indek EPI} = \sum_{i=1}^k W_i . P_i$$

Dimana, *k* adalah jumlah kriteria yang diajukan dan *W_i* adalah bobot dari masing – masing kriteria / parameter. Bobot diperoleh dari beberapa kuesinoer yang disebarkan kepada 5 orang ahli lingkungan dan 5 orang analis laboratorium, total responden berjumlah 10 orang. Kompetensi Responden ditentukan dari lama kerja minimal 5 tahun dan jabatan minimal staff madya. Kuesioner ini diisi berdasarkan skala dan dilakukan perkalian sederhana dengan mengalikan frekuensi dan jumlah pemilih. Hasil Analisa diperoleh dari rata – rata jumlah mulai bulan September 2019 – Februari 2020 . Hasil perhitungan Indeks EPI dapat dilihat selengkapnya dalam tabel 4.4.

Contoh perhitungan pembobotan untuk Parameter pH adalah sebagai berikut :

$$\frac{(1x0)+(2x0) + (3x2) + (4x8)}{10} = 3,8$$

PARAMETER	FREKUENSI				JUMLAH RESPONDEN	BOBOT
	1	2	3	4		
Ph	0	0	2	8	10	3,8
Suhu	2	8	0	0	10	1,8
Ammonia T	0	2	8	0	10	2,8
TKN	0	0	8	2	10	3,2

Dari data diatas bobot terbesar dapat dari mulai parameter pH, Suhu , ammonia total , dan TKN Artinya kualitas limbah yang dihasilkan oleh perusahaan tersebut tingkat bahayanya lebih ditentukan dari bobot parameter terbesar. Prioritas perbaikan yang dilakukan juga bisa dipengaruhi dari penyebab hasil olahan limbah tidak sesuai dari bobot parameter terbesar. Hasil kuesioner dapat dilihat pada **lampiran 6**. Setelah didapatkan bobot dari masing – masing parameter, selanjutnya menghitung nilai Indeks EPI untuk mengetahui kinerja lingkungan. Nilai indeks EPI untuk setiap parameter dapat dilihat pada tabel 4.5

PARAMETER	BOBOT (Wi)	STANDAR KEMULUTAN (mg/L)	HASIL ANALISIS (mg/L)	PENYIMPANGAN (Pi)	INDEKS EPI (Wi x Pi)	KET
pH	3.8	9	8.3	7.78	29.56	Sesuai
Suhu	1.8	38	33.1	12.89	23.21	Sesuai
Amonia T	3.8	1500	5575.3	-271.69	-1032.41	Kurang
TKN	3.1	2250	6144.5	-173.09	-536.58	Kurang

TOTAL		- 1516.2 2	Kura ng
--------------	--	------------------	------------



Perhitungan Indeks EPI adalah sebagai berikut :

Tabel 4.5 Perhitungan Indeks EPI Awal

No	Parameter	Perhitungan penyimpangan (Pi)	Perhitungan EPI
1	pH	$\frac{9 - 8.3}{9} \times 100 = 7.78$	3.8×7.88 $= 29.56$
2	Suhu	$\frac{38 - 33.1}{38} \times 100 = 12.89$	1.8×12.89 $= 23.31$
3	Ammonia Total	$\frac{1500 - 5575.3}{1500} \times 100 = -271.69$	3.8×-271.69 $= -1032.41$
4	TKN	$\frac{2250 - 6144.5}{2250} \times 100 = -173.09$	3.1×-173.09 $= -536.58$

Dari data diatas diperoleh nilai EPI yang sesuai yaitu pH dan suhu yaitu masing-masing sebesar 29.56 dan 23.31 dan nilai EPI yang paling rendah adalah parameter ammonia total sebesar -1032.41. Berdasarkan perhitungan Indeks EPI tersebut, dapat dinyatakan bahwa limbah cair di Pabrik I buruk dengan indeks EPI memiliki nilai yang sangat rendah yaitu total -1516.22. Nilai minus pada hasil perhitungan EPI dinyatakan kurang sesuai.

4.6 Menyusun Alternatif Solusi (*Generation and Evaluation of GP Option*)

Langkah ini sangat krusial sekaligus memerlukan kreatifitas yang tinggi. Pada tahap ini akan dilakukan identifikasi masalah yang terjadi yaitu hasil limbah diluar standar sehingga mempengaruhi beban pencemaran limbah mencari penyebabnya. Setelah itu akan dilakukan pencarian solusi dari penyebab permasalahan dengan mempertimbangkan aspek salah satunya adalah biaya.

4.6.1 Menyusun usulan alternatif solusi perbaikan

Adapun Alternatif solusi yang ditawarkan antara lain

1. Alternatif pertama adalah mendistribusikan air limbah WWTP Pabrik I digunakan untuk *water scrubber* di pabrik PF 1

Alternatif pertama, yaitu dengan cara menggunakan air limbah WWTP Pabrik I ke unit PF 1 pada tahap pencucian gas buang, tahap ini terdapat pada *tower*

scrubber yang dilengkapi pompa sirkulasi untuk mensirkulasikan air ke bagian atas tower dengan cara di spray agar amoniak dan gas Flour yang masih terikut di dalam gas buang dapat terserap sehingga diharapkan gas yang keluar adari tower ini sesuai dengan batasan emisi gas buangan yang telah ditentukan/diijinkan (Farhanudin, Nusantara, & Dewi, 2018).

Dengan adanya penggunaan limbah cair WWTP pabrik I pada spray di water scrubber akan memberikan keuntungan bagi perusahaan karena limbah cair yang tidak sesuai standar dapat di reprocess sebagai bahan penolong penyerapan di *tower scrubber* yang selama ini masih menggunakan air baku (*hardwater*) sebagai penyerap gas beracun di *tower scrubber* sehingga dapat meningkatkan produktivitas lingkungan karna limbah pabrik I tidak bisa di *reprocess* di Pabrik I. Usulannya yaitu dengan cara membeli pompa dengan kapasitas 80 m³/jam yang dihubungkan dari collecting pit yang dilalui pipa, lalu menghubungkannya ke spray yang ada di tower scrubber kebutuhan air untuk di unit *water scrubber* adalah sebesar 80000 m³ / bulan.

2. Alternatif kedua adalah dengan cara menggunakan air limbah WWTP Pabrik I ke unit phonska sebagai penambahan Larutan Liqour.

Alternatif kedua yaitu dengan cara menggunakan air limbah WWTP Pabrik I ke unit Phonska Pabrik II yaitu pada tahap penyiapan Slurry. Dimana proses ini terjadi di bagian *Pre-Neutralizer* (PN) dimana pada bagian ini menggabungkan proses pencampuran (*mixing*) antara bahan baku cair yang terdiri dari Amoniak, Asam sulfat, dan Asam Fosfat. Air yang juga digunakan pada proses ini untuk mengencerkan asam fosfat. Air yang biasa dipakai pada proses ini adalah air baku (*hard water*) untuk penelitian ini diusulkan alternatif menggunakan air limbah WWTP Pabrik I dengan cara mempompa Air limbah tersebut dan digunakan kedalam *Pre-Neutralizer* (PN) (Farhanudin, Nusantara, & Dewi, 2018).

Dengan adanya penggunaan limbah cair WWTP pabrik I pada unit *Pre-Neutralizer* (PN) akan memberikan keuntungan bagi perusahaan karena limbah cair yang tidak sesuai standar dapat di reprocess sebagai bahan penolong di *Pre-Neutralizer* (PN) yang selama ini masih menggunakan air baku (*hardwater*) sebagai larutan *liquor* .sehingga dapat meningkatkan produktivitas lingkungan karna

limbah pabrik I tidak bisa di *reprocess* di Pabrik I. usulannya yaitu dengan cara membeli pompa dengan kapasitas 80 m³/jam yang dihubungkan ke *collecting pit* yang dilalui pipa, lalu menghubungkannya *Pre-Neutralizer* (PN). adapun kebutuhan air untuk di unit *Pre-Neutralizer* (PN), adalah sebesar 100.000 m³ / bulan.

4.7 Identifikasi pemilihan alternatif dari aspek finansial (*Implementation of GP Solution*)

Setelah *Generation and Evaluation of GP Option* telah didapatkan, maka selanjutnya akan memilih dan memprioritaskan alternatif yang memungkinkan untuk meningkatkan produktivitas lingkungan dan masuk ke tahap *Implementation of GP Solution* dengan mempertimbangkan kemungkinan dapat di aplikasikan. adapun estimasi perkiraan biaya bisa dilihat pada **lampiran .7**.

Analisis NPV (*Net present value*) adalah sebuah metode penilaian atas sebuah investasi yang akan dilakukan dengan menitik beratkan pada *Present Value* Pengeluaran dibandingkan dengan *Present Value* Penerimaan. Diestimasi suku bunga *flat* 7% (**lampiran 9**) mengacu pada peramalan Bank Indonesia *rate*. selama tahun 2020.

4.7.1 Alternatif 1

a) Biaya Investasi awal

Biaya yang dikeluarkan untuk membeli pompa kapasitas 80 m³ / jam sebanyak 2 buah dikeluarkan sebesar Rp.33.000.000, Biaya pipa HDPE ukuran 6 inch dengan jarak 800 meter harga permeter Rp. 201.700 dengan total, sedangkan dibutuhkan 3 buah valve harga *valve* 6 inch dengan harga Rp 8.620.000 per satuan, untuk dengan estimasi umur pompa adalah 5 tahun. Usulan data harga masing-masing komponen diperoleh dari hasil diskusi dengan bagian pengadaan. Dan rincian biaya yang dikeluarkan selama proses pemasangan dan biaya lainnya diperoleh dari hasil *brainstorming* dan wawancara dengan staff ahli lingkungan limbah cair.

Tabel 4.6 tabel usulan alternatif 1 investasi awal

No	item	Jumlah	Harga satuan	total
1	Pompa kapasitas 80 m ³ /jam	2 unit	Rp.33.000.000	Rp.66.000.000
2	Pipa HDPE 6 inch	800 meter	Rp. 201.700	Rp. 161.360.000
3	Valve 6 inch	3 unit	Rp.8.620.000	Rp.25.860.000
4	Biaya pengerjaan	1 kali	Rp.200.000.000	Rp.200.000.000
5	Listrik	6000Kwh	Rp.996	Rp.5.976.000
6	Biaya perawatan	1 bulan	Rp.1.000.000	Rp.1.000.000
Input total				Rp. 460.196.000

P0 = Investasi awal sebesar

= **Rp. 460.196.000**

b)Biaya Operasional dan perawatan

Biaya yang di anggarkan untuk pemeliharaan mekanik adalah sebesar Rp. 5.000.000 meliputi biaya tenaga kerja.Pompa harus dirawat dengan cara pemberian *oil* secara berkala serta diberikan perawatan secara *instrument* dengan biaya Rp. 10.000.000 serta termasuk biaya perawata pipa. Sedangkan untuk biaya operasional sebesar Rp. 5.000.000 perbulan meliputi listrik dan biaya lainnya.

Tabel 4.7 Usulan alternatif 1 Biaya Pemeliharaan dan Operasional

No	item	Jumlah	Harga satuan	Total 1 tahun
1	Pemeliharaan mekanik	1 bulan	Rp.5.000.000	Rp.60.000.000
2	Biaya Instrumen	1 bulan	Rp.10.000.000	Rp.100.000.000
3	Biaya operasional	1 bulan	Rp.5.000.000	Rp.60.000.000
input total				Rp.240.000.000

P1 = Biaya pemeliharaan dan operasional(P/A,i,n)

= Rp.240.000.000 (P/A, 7%, 5)

= Rp.240.000.000(4.1002)

= Rp. 984.048.000

c) Penghematan

Jika alternatif 1 dipilih untuk diimplementasikan maka akan ada keuntungan didapatkan adalah sebesar Rp. 310.182.000 perbulan dan setahun sebesar Rp 3.722.184.000. Perhitungan ini didapatkan dari asumsi harga *hardwater* per m³ sebesar Rp. 4300 dan jumlah pemakaian rata-rata perbulan adalah sebesar 67140 m³ sedangkan penghematan chemical H₃PO₄ untuk *treatment adjusting* pH limbah cair dengan rata-rata pemakaian selama sebulan adalah sebesar 1,79 m³ perbulan, dengan harga chemical H₃PO₄ pertonnya adalah sebesar Rp.12.000.000.

Tabel 4.8 Tabel Penghematan alternatif 1

No	item	Jumlah	Harga satuan	Total
1	Penghematan air <i>hard water</i>	67140 m ³ /bulan	Rp.4.300	Rp.288.702.000
2	Penghematan <i>chemical</i> H ₃ PO ₄ untuk treatment limbah	1.79 m ³ /bulan	Rp.12.000.000	Rp. 21.480.000
input total				Rp. 310.182.000

Catatan :

- Selama ini limbah cair di pabrik I di *treatment* menggunakan H₃PO₄ lalu di distribusikan ke equalizer selanjutnya di dibuang ke lingkungan.
- Air yang digunakan di *water scrubber* Pabrik PF1 menggunakan air *hardwater*

$$\begin{aligned}
 \text{Penghematan dalam 1 tahun} &= \text{Penghematan} * 12 \text{ bulan} \\
 &= \text{Rp. } 310.182.000 \times 12 \\
 &= \text{Rp } 3.722.184.000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P2 &= \text{Penghematan}(P/A, i, n) \\
 &= \text{Rp } 3.722.184.000 (P/A, 7\%, 5) \\
 &= \text{Rp } 3.722.184.000 (4.1002) \\
 &= \text{Rp. } 15.261.698.837
 \end{aligned}$$

d) Perhitungan nilai NPV

$$\text{NPV keuntungan} = (P2(P/A,i,n)) - (P0 + (P1(P/A,i,n)))$$

Keterangan :

P0 = investasi awal

P1 = Biaya operasional dan perawatan

P2 = Penghematan yang didapat

Perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{NPV} &= \text{Rp. } 15.261.698.837 - (\text{Rp. } 460.196.000 + \text{Rp. } 984.048.000) \\ &= \text{Rp. } 13.817.454.837\end{aligned}$$

Keuntungan yang didapatkan perusahaan apabila mengaplikasikan alternatif 1 adalah sebesar Rp. 13.817.454.837

4.7.2 Alternatif 2

a) Biaya Investasi awal

Biaya yang dikeluarkan untuk membeli pompa kapasitas 80 m³ / jam sebanyak 2 buah dikeluarkan sebesar Rp.33.000.000 , Biaya pipa HDPE ukuran 6 inch dengan jarak 1000 meter harga permeter Rp. 201.700 dengan total , sedangkan dibutuhkan 3 buah valve harga valve 6 inch dengan harga Rp 8.620.000 per satuan, untuk dengan estimasi umur pompa adalah 5 tahun. Usulan data harga masing-masing komponen diperoleh dari hasil diskusi dengan bagian pengadaan. Dan rincian biaya yang dikeluarkan selama proses pemasangan dan biaya lainnya diperoleh dari hasil brainstorming dan wawancara dengan staff ahli lingkungan limbah cair.

Tabel 4.9 usulan investasi awal alternatif 2

No	item	Jumlah	Harga satuan	total
1	Pompa kapasitas 80 m ³ /jam	2 unit	Rp.33.000.000	Rp.66.000.000
2	Pipa HDPE 6 inch	1000 meter	Rp. 201.700	Rp. 201.700.000
3	Valve 6 inch	3 ea	Rp.8.620.000	Rp. 25.860.000
4	Biaya pengerjaan	1 kali	Rp.200.000.000	Rp. 200.000.000
5	Listrik	6000 Kwh	Rp. 996	Rp.5.976.000
6	Biaya perawatan	1 bulan	Rp.1.000.000	Rp.1.000.000
Input total				Rp. 500.536.000

P0 = Investasi awal sebesar

= Rp. 500.536.000

b)Biaya Operasional dan perawatan.

Biaya yang di anggarkan untuk pemeliharaan mekanik adalah sebesar Rp. 5.000.000 meliputi biaya tenaga kerja.Pompa harus dirawat dengan cara pemberian *oil* secara berkala serta diberikan perawatan secara instrument dengan biaya Rp. 10.000.000 serta termasuk biaya perawata pipa. Sedangkan untuk biaya operasional sebesar Rp. 5.000.000 perbulan meliputi listrik dan biaya lainnya.

Tabel 4.10 Usulan alternatif 2

No	item	Jumlah	Harga satuan	Total 1 tahun
1	Pemeliharaan mekanik	1 bulan	Rp.5.000.000	Rp.60.000.000
2	Biaya Instrumen	1 bulan	Rp.10.000.000	Rp.100.000.000
3	Biaya operasional	1 bulan	Rp.5.000.000	Rp.60.000.000
input total				Rp.240.000.000

P1 = Biaya pemeliharaan dan operasional(P/A,i,n)

= Rp.240.000.000 (P/A, 7%, 5)

= Rp.240.000.000(4.1002)

= Rp. 984.048.000

c) Penghematan

Jika alternatif 2 dipilih untuk diimplementasikan maka akan ada keuntungan didapatkan adalah sebesar Rp. 339.720.000 perbulan dan setahun sebesar Rp.4.076.640.000. Perhitungan ini didapatkan dari asumsi harga *hardwater* per m³ sebesar Rp. 4300 dan jumlah pemakaian rata-rata perbulan adalah sebesar 67.140 m³ sedangkan penghematan chemical H₃PO₄ untuk *treatment adjusting* pH limbah cair dengan rata-rata pemakaian selama sebulan adalah sebesar 1,79 m³ perbulan, dengan harga chemical H₃PO₄ pertonnya adalah sebesar Rp.2.200.000. sedangkan untuk konsentrasi Nitrogen pupuk phonska adalah sebesar 15% dari dari produksi bulanan produk phonska adalah sebesar 57.000 m³/ bulan sehingga untuk menghitung berapa TKN yang terpakai dari air limbah dengan estimasi 0,0375 % dari total produksi dalam 1 bulan dengan harga phonska per Kg adalah sebesar Rp.2200 / Kg. adapun 0,0375 % dari 57.000 m³ adalah sebesar 21.4 ton atau 21400 Kg.

Tabel 4.11 Tabel penghematan alternative 2

No	Item	Jumlah	Harga satuan	Total
1	Penghematan air <i>hard water</i>	67140 m ³ / bulan	Rp.4.300	Rp.288.702.000
2	Penghematan <i>chemical</i> H ₃ PO ₄ untuk <i>treatment</i> limbah	1.79 m ³ /bulan	Rp.12.000.000	Rp. 21.480.000
3	Perolehan unsur N pada produk Phonska karena pemakaian limbah cair di unit <i>Pre-Neutralizer</i> (PN).	21400 Kg	Rp.2.200.	Rp. 47.080.000
input total				Rp. 357.262.000

Catatan :

- Selama ini limbah cair di pabrik I di *treatment* menggunakan H₃PO₄ lalu di distribusikan ke *equalizer* selanjutnya di dibuang ke lingkungan.
- Air yang digunakan pada Proses di PN *Pre-Neutralizer* Pabrik II menggunakan air *hardwater*.

$$\begin{aligned} \text{Penghematan dalam 1 tahun} &= \text{Penghematan} \times 12 \text{ bulan} \\ &= \text{Rp. } 357.262.000 \times 12 \\ &= \text{Rp } 4.287.144.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P2 &= \text{Penghematan}(P/A, i, n) \\ &= \text{Rp } 4.287.144.000 (P/A, 7\%, 5) \\ &= \text{Rp } 4.287.144.000 (4.1002) \\ &= \text{Rp. } 17.578.147.829 \end{aligned}$$

d) Perhitungan nilai NPV

$$\text{NPV keuntungan} = (P2(P/A, i, n)) - (P0 + (P1(P/A, i, n)))$$

Keterangan :

P0 = investasi awal

P1 = Biaya operasional dan perawatan

P2 = Penghematan

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= \text{Rp. } 17.578.147.829 - (\text{Rp. } 500.536.000 + \text{Rp. } 984.048.000) \\ &= \text{Rp. } 16.093.563.829 \end{aligned}$$

Keuntungan yang didapatkan perusahaan apabila mengaplikasikan alternatif 2 adalah sebesar Rp. 16.093.563.829

4.8 Estimasi Kontribusi Tiap Alternatif Terhadap Produktivitas.

Estimasi ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh atau kontribusi dari masing – masing alternatif terhadap tingkat produktivitas lingkungan perusahaan nantinya jika diimplementasikan. Pengolahan limbah cair yang produktif adalah apabila, hasil olahan bisa dimanfaatkan, hasil olahan bisa dijual sehingga mendapatkan keuntungan langsung, dan yang terakhir dapat dibuang ke lingkungan secara aman, karena tujuan utama pengolahan limbah adalah limbah yang berbahaya menjadi ramah lingkungan.

A. Alternatif 1 dan 2

Jika alternative 1 dan 2 dipilih maka akan mempengaruhi produktivitas lingkungan dari limbah cair. Dapat diestimasi apabila total *output* dari hasil

produksi terpakai sebanyak 4.093.313 m³ pada periode September 2019- Februari 2020 karena limbah cair WWTP Pabrik I digunakan untuk *water scrubber* di PF 1 dan digunakan sebagai *Liquor* di PN *Pre-Neutralizer* diaplikasikan dengan perhitungan sebagai berikut

Untuk produktivitas dimana *input* nya adalah *hardwater* sedangkan *output* nya adalah keuntungan selama 5 tahun masing-masing alternatif, maka perhitungan produktivitas tiap-tiap alternatif adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{NPV air } \textit{hardwater} &= \text{Penghematan air } \textit{hardwater} \text{ selama sebulan } * 12(P/A, i, n) \\
 &= \text{Rp.}288.702.000 * 12(P/A, 7\%, 5) \\
 &= \text{Rp.}3.464.424.000(4.1002) \\
 &= \text{Rp. } 14.204.831.285
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas Alternatif 1} &= \frac{\textit{output}}{\textit{input}} \times 100 \\
 &= \frac{\text{Rp.}13.817.454.837}{\text{Rp.}14.204.831.285} \times 100\% \\
 &= 97.27 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas Alternatif 2} &= \frac{\textit{output}}{\textit{input}} \times 100 \% \\
 &= \frac{\text{Rp.}16.093.563.829}{\text{Rp.}14.204.831.285} \times 100\% \\
 &= 113,29 \%
 \end{aligned}$$

4.9 Estimasi Kontribusi Alternatif Terhadap Lingkungan.

Dari tiap alternatif yang ada selanjutnya dilakukan estimasi kontribusi terhadap tingkat pencemaran untuk menunjukkan pengaruh dari alternatif terhadap perbaikan kualitas lingkungan.

Pada perhitungan EPI sebelumnya, diketahui bahwa WWTP Pabrik I memiliki nilai EPI yang bernilai negatif. Berikut ini kontribusi tiap alternatif terhadap pengurangan jumlah limbah yang dihasilkan Limbah cair.

A. Alternatif 1

Nilai EPI dari WWTP Pabrik I saat ini yaitu -1516.22, apabila usulan aplikasi 1 diaplikasikan limbah cair Pabrik I dimanfaatkan semua untuk *Water Scrubber*, karena limbah cair Pabrik I dijadikan bahan penolong untuk Produksi di Pabrik II, kebutuhan untuk air *hard water* untuk pabrik II bagian PF 1 yaitu sebesar 80.000 m³/bulan dimana limbah cair rata-rata perbulan sebesar 67.140 m³ maka dari

itu dengan air limbah yang telah termanfaatkan itu nilai EPI bisa bernilai 0(nol) yang menunjukkan bahwa limbah cair sudah sesuai standar KEMENLH.

B.Alternatif 2

Nilai EPI dari WWTP Pabrik I saat ini yaitu -1516.22, apabila usulan aplikasi 2 diaplikasikan limbah cair Pabrik I dimanfaatkan semua untuk larutan *Liquor* di PN, karena limbah cair Pabrik I dijadikan bahan penolong untuk Produksi di Pabrik II, kebutuhan untuk air *hard water* untuk pabrik II PN itu masing-masing adalah sebesar 100.000 m³/bulan dimana limbah cair rata-rata perbulan sebesar 67.140 m³ maka dari itu dengan air limbah yang telah termanfaatkan itu nilai EPI bisa bernilai 0(nol) yang menunjukkan bahwa limbah cair sudah sesuai standar KEMENLH.

4.10 Pertimbangan tiap alternatif usulan perbaikan

Dari penyusunan alternatif yang sudah dibahas diatas, langkah selanjutnya akan memilih salah satu alternatif yang digunakan diperusahaan sehingga dapat membantu perusahaan mengatasi masalah yang ada di bagian *Waste Water Treatment Plant* Pabrik I PT Petrokimia Gresik. Berikut ini 3 hal yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan alternatif solusi perbaikan

Tabel 4.12 Pertimbangan tiap Alternatif

Pertimbangan	Sebelum	Alternatif 1	Alternatif 2
Analisis Keuntungan NPV 5 tahun	-	Rp. 13.817.454.837	Rp. 16.093.563.829
Estimasi terhadap produktivitas	90.06 %	97.27 %	113,29 %
Estimasi terhadap Kinerja Lingkungan	-1516.22	0(nol)	0(nol)

Dari tabel 4.14 bisa kita lihat pertimbangan tiap alternatif dari segi Analisis finansial yaitu alternatif 2 yang memiliki nilai NPV 5 tahun lebih besar yaitu Rp. Rp. 16.093.563.829 dibandingkan alternatif 1 yaitu memiliki nilai Rp. 13.817.454.837 sedangkan untuk nilai estimasi terhadap produktivitas alternatif 1 sebesar 97.27 % dan alternatif 2 sebesar 113,29 %. Adapun nilai EPI dari alternatif 1 dan 2 yang merupakan nilai dari kinerja lingkungan yaitu masing-masing bernilai 0(nol) karna limbah cair dimanfaatkan semua.

4.11 Uji skala Laboratorium (*Sustaining GP*)

Berdasarkan aspek financial pada alternatif 1 dan 2 dengan parameter *adjusting* pH dengan menggunakan H_3PO_4 agar sesuai pH dengan standar KEMENLH, maka dilakukan pengujian dalam rangka menurunkan pH

Pengujian dengan melakukan penurunan pH menggunakan larutan *chemical* H_3PO_4 0,5 M sebagai *adjusting* pH agar pH limbah cair WWTP pabrik I sesuai dengan batasan KEMENLH adapun peralatan dan bahan yang digunakan adalah :

1. pH meter,
2. Gelas piala
3. Buret 25 mL
4. Larutan *chemical* H_3PO_4 0,5 M.
5. Jumlah contoh(limbah cair WWTP)sebesar 200 mL ,

Dibandingkan sesuai batasan pH 9, pH 7, pH 6, dengan data sebagai berikut :

Tabel 4.13 Data uji adjusting pH dengan H₃PO₄ skala Laboratorium

No	pH awal	pH 9	pH 7	pH 6
		mL	mL	mL
1	9,57	9,8	22,5	39,6
2	9,59	8,7	21,2	37,3
3	9,55	9,4	22.2	38,9
Rata-rata	9.57	9.3	21.97	38.6

Dari tabel diatas didapatkan pH 9 menunjukkan penambahan rata-rata *chemical* H₃PO₄ adalah sebesar 9,3 mL , untuk pH 7 menunjukkan penambahan rata-rata *chemical* H₃PO₄ sebesar 21,97 mL sedangkan untuk pH 6 menunjukkan penambahan rata-rata *chemical* H₃PO₄ sebesar 38.6 mL,percobaan uji skala laboratorium bisa dilihat pada **lampiran 8**.

Dari hasil hasil percobaan tersebut dicari mol H₃PO₄ yang terpakai untuk adjusting pH limbah cair WWTP Pabrik I.

$$\begin{aligned}
 \text{mol H}_3\text{PO}_4 &= M(\text{Molaritas}) \times L \\
 &= 0,5 \text{ M} \times 9.3 \text{ mL} \\
 &= 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 0,0093 \text{ L} \\
 &= 0,0047 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.14 mol H₃PO₄

pH	Volume penambahan H ₃ PO ₄		Konsentrasi H ₃ PO ₄ (mol/L)	mol H ₃ PO ₄
	mL	dalam L		
9	9.3	0.0093	0.5	0.0047
7	21.97	0.0220	0.5	0.0110
6	38.6	0.0386	0.5	0.0193

Setelah mendapatkan nilai mol H₃PO₄ setelah itu dicari massa(gr) H₃PO₄ dengan cara mengalikan mol H₃PO₄ dengan MR (molekul relatif) H₃PO₄ sehingga mendapatkan hasil gr H₃PO₄

$$\begin{aligned}
 \text{massa}(\text{gr}) &= \text{mol} \times \text{MR}(\text{gram/mol}) \\
 &= 0,0047 \text{ mol} \times 98 \text{ gram/mol} \\
 &= 0,4557 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.15 Tabel massa H₃PO₄

pH	mol H ₃ PO ₄	Massa Relatif H ₃ PO ₄ (gram/mol)	massa H ₃ PO ₄ (gr)
9	0.0047	98	0.4557
7	0.0110	98	1.07653
6	0.0193	98	1.8914

Dari tabel diatas massa H₃PO₄ pada *adjusting* pH 9 adalah sebesar 0,4557 gr, massa H₃PO₄ pada *adjusting* pH 7 adalah sebesar 1.07653 gr ,massa H₃PO₄ pada *adjusting* pH 6 adalah sebesar 1.8914 gr, setelah mendapatkan massa dari masing-masing percobaan setelah itu dihitung nilai konsentrasi (ppm) H₃PO₄ dalam larutan contoh 200 mL,

$$\begin{aligned} \text{ppm} &= \text{massa(mg)/L} \\ &= 455.7 \text{ mg}/0,2 \text{ L} \\ &= 2278.5 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Tabel 4.16 Tabel Konsentrasi ppm H₃PO₄

pH	massa H ₃ PO ₄ (gr)	L contoh	ppm H ₃ PO ₄
9	0.4557	0.2	2278.5
7	1.07653	0.2	5382.7
6	1.8914	0.2	9457.0

Dari tabel diatas didapatkan pada *adjusting* pH 9 konsentrasi H₃PO₄ sebesar 2278.5 ppm , pada *adjusting* pH 7 konsentrasi H₃PO₄ sebesar 5382.7 ppm , pada *adjusting* pH 6 konsentrasi H₃PO₄ sebesar 9457.0 ppm .

Tabel 4.17 Tabel perbandingan *adjusting* pH sebelum dan sesudah

Paremeter	Sebelum	Sesudah	<i>Adjusting</i> pH dengan <i>chemical</i> H ₃ PO ₄
pH	8,3	9	2,278 Kg/m ³
		7	5,382 Kg/m ³
		6	9,457 Kg/m ³

Dari Tabel 4.19 parameter pH di *collecting pit* sebelum perbaikan alternatif 1 dan 2 adalah sebesar 8,3 , sedangkan sesudah dengan *adjusting* pH 9 dikonversi ke Kg/m³ menjadi 2,278 Kg/m³ *chemical* H₃PO₄, pH 7 sebesar 5,382 Kg/m³ *chemical* H₃PO₄ , dan pH 6 sebesar 9,457 Kg/m³ *chemical* H₃PO₄. Adapun pH yang

direkomendasikan adalah pH dengan nilai 7 dengan nilai sebesar 5,382 Kg/m³ *chemical* H₃PO₄ .Dari hasil uji skala laboratorium maka air limbah di Pabrik 1 dapat digunakan untuk proses di Pabrik II.

