

# **RANCANG BANGUN DAN KINERJA CPI UNTUK PEMISAH LIMBAH CAIR MINYAK**



**TESIS**

**DJASWADI  
L4K001111**

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**JUNI 2003**

**TESIS**

**RANCANG BANGUN DAN KINERJA CPI  
UNTUK PEMISAH LIMBAH CAIR MINYAK**

Disusun oleh :

**DJASWADI  
NIM. L4K001111**

Telah Disetujui  
Oleh :

Pembimbing I

**Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA.**

Pembimbing II

**Ir. Indro Sumantyo, MEng.**



Kejuruan Program Studi Magister Ilmu Lingkungan  
UNIVERSITAS DIPONEGORO

**Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES.**

<b>UPT-PUSTAK-UNDIP</b>	
No. Daft:	2236/T/mu/e,
Tgl.	15 Des 103

Judul Tesis : Rancang Bangun dan Kinerja CPI Untuk Pemisah  
Limbah Cair Minyak  
Nama Mahasiswa : Djaswadi  
Nomor Mahasiswa : L4K001111  
Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan  
Konsentrasi : Rekayasa Lingkungan

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji  
pada tanggal : 27 Juni 2003  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Menyetujui,

Pembimbing I

**Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA.**

Pembimbing II

**Ir. Indro Sumartti, MEng.**

Penguji,

**Dr. Ir. Purwanto, DEA.**

Penguji,

**Ir. Syafrudin, CES, MT.**



Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan  
UNIVERSITAS DIPONEGORO

**Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES.**

**PERNYATAAN**

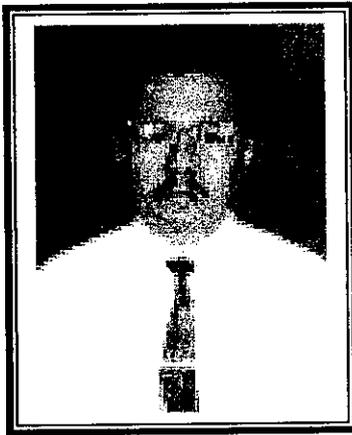
Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan didalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan lembaga pendidikan lainnya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penerbitan maupun yang belum/tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan didalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang, Juni 2003



DJASWADI

## RIWAYAT HIDUP



DJASWADI, lahir pada tanggal 05 Agustus 1954 di Desa Ngeper, Kecamatan Padangan, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur, Putra tunggal dari H. Sokran Fathoni dengan Hj. Kasti Menamatkan Sekolah Dasar Negeri (SDN) di Cendono, tahun 1968, Sekolah Teknik NegeriI (STN) jurusan Teknik Mesin di Cepu, tahun 1971

Sekolah Teknik Menengah (STM) Migas, jurusan Teknik Mesin di Cepu lulus tahun 1974, dan Melanjutkan pendidikan pada Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bojonegoro (UNIGORO) dan lulus pada tahun 1992, Bekerja di Pusdiklat Migas Cepu sejak tahun 1976 di Bagian Perencanaan dan Pengawas Proyek Kilang, Bidang Diklat Pengolahan sejak tahun 1982 sampai tahun 1996. di Bidang Training dan Sertifikasi sejak tahun 1996 sampai dengan sekarang, dan status Sebagai Dosen Tetap AKAMIGAS sejak tahun 1993 sampai dengan sekarang.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya atas terselesaikannya tesis untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam rangka mencapai derajat Sarjana S-2 Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang dengan judul :

“RANCANG BANGUN DAN KINERJA CPI UNTUK PEMISAH LIMBAH CAIR MINYAK”

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Pusdiklat Migas Cepu mulai tanggal 06 Januari s/d 10 Mei 2003.

Dengan telah selesainya penelitian dan penyusunan tesis ini maka kami mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral beserta staf
2. Kepala Pusdiklat Migas Cepu beserta staf
3. Rektor Universitas Diponegoro Semarang beserta staf
4. Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang
5. Bp. Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA. selaku dosen pembimbing
6. Bp. Ir. Indro Sumantri, MEng. selaku dosen pembimbing
7. Segenap staf dan pegawai Laboratorium Sarana Diklat, Pusdiklat Migas Cepu serta semua pihak yang telah membantu hingga selesainya penelitian serta tesis ini.

Demikianlah kiranya semoga tesis ini dapat bermanfaat, dan segala tanggapan yang positif untuk perbaikan dan kesempurnaan tesis ini kami terima dengan senang hati. Terima kasih.

Semarang, Mei 2003

Penyusun,



DJASWADI

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	i
PERNYATAAN	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.2.1 Tujuan Penelitian	4
1.2.2 Manfaat Penelitian	4
1.2.3 Batasan Masalah	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan umum tentang Lingkungan Hidup	6
2.2 Kerangka Penelitian Teoritik	7
2.2.1 Alur Pikir	7
2.2.2 Kerangka Teori	7
2.2.3 Hipotesis	17
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Jenis Penelitian	18
3.2 Pelaksanaan Penelitian	19
3.2.1 Persiapan penelitian	19
3.2.2 Tahap Penelitian	20
3.3 Sample	21
3.4 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	22
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Rancang Bangun Corrugated Plate Interceptor (CPI)	23
4.1.1 Data Rancangan	23

4.1.2	Surface Loading (Vs)	24
4.1.3	Ukuran Cell yang digunakan untuk penelitian	24
4.1.4	Kontrol Perhitungan Rancangan terhadap Kriteria Rancangan	25
4.1.5	Kesimpulan rancangan	28
4.2	Peralatan yang digunakan untuk Penelitian	28
4.3	Bahan Penelitian	30
4.4	Pengaruh Variabel Penelitian	30
4.4.1	Pengaruh Debit Cairan Masuk	30
4.4.2	Pengaruh Kemiringan Plat Cell	35
4.4.3	Pengaruh konsentrasi Minyak Masuk	37
4.5	Unjuk Kerja Corrugated Plate Interceptor (CPI)	38
4.6	Perubahan Dimensi Corrugated Plate Interceptor	41
4.7	Model Regresi Yield	43
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN		45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	46
RINGKASAN		47
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN – LAMPIRAN		62

**DAFTAR GAMBAR**

Nomor		Halaman
2.1	Sedimentasi dan Flotasi	8
2.2	Pengendapan partikel tunggal dalam air	9
2.3	Prinsip kemiringan plat CPI	13
2.4	Proses pengendapan pada bak pengendap tanpa aliran	15
2.5	Bak pengendap dengan air mengalir	16
3.1	Diagram alir peralatan pemisah limbah cair	18
4.1	Grafik pengaruh kemiringan cell terhadap konsentrasi minyak dalam effluent	33
4.2	Grafik Pengaruh debit masuk terhadap konsentrasi Minyak dalam effluent.pada tiap kemiringan Cell	36
4.3	Grafik Unjuk Kerja Corrugated Plate Interceptor dalam beberapa kemiringan plat cell	40
4.1	Perubahan sudut pemasangan cell	41

**DAFTAR TABEL**

Nomor		Halaman
4.1	Konsentrasi minyak pada operasi CPI	31
4.2	Konsentrasi minyak rata-rata pada inlet dan outlet CPI	32
4.3	Unjuk kerja Corrugated Plate Interceptor dalam berbagai kemiringan plat cell dan berbagai debit	39

**DAFTAR LAMPIRAN**

Nomor		Halaman
1	Gambar sketsa Cell CPI	62
2.a	Pandangan Atas CPI (Pemasangan Cell 45°)	63
2.b	Pandangan Depan CPI (Pemasangan Cell 45°)	64
2.c	Pandangan Samping (Pemasangan Cell 45°)	65
2.d	Penampang CPI (Pemasangan Cell 45°)	66
2.e	Penampang CPI (Pemasangan Cell 30°)	67
2.f	Keterangan Gambar	68
3	Tabel Ion hasil penelitian	69
4	SPSS (Regression) 1	70
5	SPSS (Regression) 2	73
6	Photo-photo peralatan penelitian	76

## INTISARI

Dalam kegiatan industri Migas adanya limbah cair merupakan hal yang sulit dihindarkan. Untuk menjaga kelestarian lingkungan dengan mencegah terjadinya pencemaran, akibat pembuangan limbah tersebut maka sebelum limbah dibuang ke perairan bebas harus diolah terlebih dahulu, sampai memenuhi syarat (baku mutu) air buangan industri.

Salah satu alat pengolah limbah cair minyak adalah Corrugated Plate Interceptor (CPI), adapun prinsip kerja dari peralatan tersebut adalah Gravitasi dengan beda berat jenis (Gravity beda density), berdasarkan hukum Stokes, sehingga tidak memerlukan tambahan enersi, oleh karena itu maka alat tersebut perlu dikembangkan lebih lanjut dengan melakukan penelitian.

Corrugated Plate Interceptor yang ada saat ini kemiringan Plat cell nya dipasang pada sudut  $45^\circ$ , kemiringan plat cell tersebut dirasa kurang maksimal dalam unjuk kerjanya. Dengan penelitian ini diharapkan bisa mendapatkan kemiringan plat cell secara optimum, sehingga pemisahan minyak dalam air buangan bisa maksimum, dan ukuran CPI menjadi lebih kecil.

Penelitian yang dilakukan ini menggunakan skala Laboratorium, dengan cara melakukan rancang bangun dan dioperasikan sesuai kondisi lapangan, dengan mengubah-ubah kemiringan plat cell dan debit, inlet dan outlet, disampling kemudian dianalisis konsentrasi minyaknya, dicatat dalam tabel dan dibuat kurva, hasilnya dianalisis dengan metode Deskripsi, sehingga mendapatkan kemiringan plat cell yang optimum.

Dari penelitian yang dilakukan ternyata kemiringan plat cell yang optimum adalah  $30^\circ$ . Dengan kemiringan  $30^\circ$  tersebut maka dengan dimensi (luasan) plat yang sama unjuk kerja alat dapat meningkat 22,47 % dan dimensi alat keseluruhan menjadi lebih kecil 21,48 %, sehingga bila diproduksi akan mempermudah operasional alat dan lahan yang diperlukan menjadi lebih kecil.

## ABSTRACT

Liquid pollution in the Petroleum Industry Activity is an inevitable matter. To preserve the environment from pollution action induced by waste disposal, the waste should be previously processed. Until it meets its standard condition for industrial wastewater before dispose it into final disposal (running water)

One of liquid pollution treatment apparatus is Corrugated Plate Interceptor (CPI). The main method of it is using gravitational forces to distinguish the specific gravity of oil and water (After Stokes Law). Practically the tools need no additional energy in processing to enhance the performance of the apparatus. Therefore the tool needs to be developed through research.

The current CPI, belong to MIGAS, was set in the inclination of  $45^\circ$  and it's not the optimum inclination. Hopefully, through this research the optimum inclination of the cell can be acquired and the separation between oil and water of oil in disposal water can be maximized and the dimension of CPI can be reduced.

Research will be carried out in laboratory's scale through designing and operating the apparatus, referring to the actual condition; i.e controlling the amount of flow, inclination of cell inlet and outlet and analyze the result of oil concentration test, and evaluate it with description method to get optimum inclination.

Research result in the optimum inclination is  $30^\circ$ , by that inclination the performance of apparatus increased up to 27,47 % and the size of overall apparatus was 21,48 % smaller compared with the equal size apparatus that currently used by MIGAS. The benefaction of those conditions is, it will be more comfortable to operate the CPI and the vast of land needed will be narrower.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kilang Pusat Pendidikan dan Pelatihan (Pusdiklat) Migas Cepu dalam kegiatan pengolahan Minyak Bumi akan menghasilkan limbah cair. Limbah cair yang dikeluarkan oleh Kilang Pusdiklat Migas Cepu berjumlah maksimal 200 m<sup>3</sup>/jam, termasuk air hujan dan drain tangki.

Untuk menjaga kelestarian lingkungan, sebelum membuang limbah pengolahan minyak dari kilang ke perairan bebas (Bengawan Solo) Pusdiklat Migas Cepu terlebih dahulu melakukan pengolahan limbahnya, sehingga memenuhi baku mutu air buangan yang telah ditetapkan oleh Pemerintah. Adapun Baku Mutu Limbah Cair bagi kegiatan Migas, yang telah ditetapkan oleh Pemerintah dalam hal ini Menteri Lingkungan Hidup, yaitu sebesar  $\leq 20$  mg/L sehingga dapat meminimalkan kerusakan lingkungan, yang berarti ikut memberi andil dalam pembangunan berkelanjutan. (*Kep. Men. LH, No. 09, Th. 1997*)

Pengolahan limbah Cair Minyak yang dilakukan oleh Pusdiklat Migas tersebut melalui beberapa tahapan :

- Tahap pertama, limbah yang terproduksi di Kilang diolah dengan alat pemisah limbah cair yang disebut dengan API separator (American Petroleum Institute)
- Tahap kedua, outlet dari API separator tersebut diolah lagi dengan CPI (Corrugated Plate Interceptor).

Pemisahan limbah minyak dari kedua peralatan tersebut pada dasarnya menggunakan sistim Gravitasi dengan beda berat jenis (Gravity beda density). (*Huisman, 1977*).

Walaupun cara kerjanya sama namun kedua peralatan yang digunakan mempunyai kemampuan dan unjuk kerja yang berbeda. (*Huisman, 1977*).

Perbedaan tersebut sangat mendasar karena untuk API dirancang khusus untuk campuran minyak yang diameter partikelnya diatas 150 mikron, sedangkan Corrugated Plate Interceptor dirancang untuk minyak dalam air yang diameter partikelnya 30 sampai dengan 150 mikron, dan bila diameter partikel dalam minyak kurang dari 30 mikron maka pemisahan dengan kedua alat tersebut tidak bisa dilaksanakan, dan harus dilakukan dengan menggunakan peralatan lain yang disebut dengan Flootation unit. (Mustakim,1988)

Pengolahan limbah cair di Pusdiklat Migas Cepu menggunakan kedua alat tersebut yaitu API dan CPI. Karena limbah yang dipisahkan diameter partikelnya berkisar 60 sampai dengan 300 mikron. Apabila kandungan minyak yang dipisahkan diameter partikelnya kurang dari 30 mikron maka diupayakan untuk memperbesar diameter partikel menjadi  $> 30$  mikron, dengan cara memanaskan limbah cair yang akan masuk (*influent*) nya. (Mustakim,1988)

Karena Corrugated Plate Interceptor (CPI) merupakan Hak Paten Pusdiklat Migas Cepu, yang diberi nama "MIGASEL - M" dengan nomor paten No. I DO 001 106, Tanggal 14 Nopember 1996, sudut kemiringan pelat selnya adalah  $45^{\circ}$ , maka penelitian yang dilakukan ini merupakan lanjutan/pengembangan dari hasil penelitian sebelumnya.

Corrugated Plate Interceptor yang dipatenkan tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan sebagai berikut :

➤ **Kelebihan CPI.**

- Dirancang dengan sistim paket standat MIGASEL-M dengan spesifikasi dimensi : Panjang Pelat = 75 cm; Lebar = 80 cm; Jumlah = 60 plat/sel dengan jarak antar plat 2 cm, menggunakan sepiser, kapasitas = 25  $m^3$ /jam/sel.
- Dengan system paket memudahkan pemasangan, pembongkaran dan penggantian pelat sel
- Dilengkapi dengan *Inlet Chamber* sebagai distributor masuk

➤ **Kekurangan CPI.**

- Sistem paket dengan kapasitas 25 m<sup>3</sup>/jam/sel, bila kapasitas operasi sedikit di atasnya pembulatan dengan kelipatan 25 m<sup>3</sup>/jam, sehingga kurang efisien
- Sudut Pemasangan sel MIGASEL-M hanya 45° .
- Dimensi total terlalu besar

Corrugated Plate Interceptor yang digunakan untuk mengolah limbah minyak di kilang Pusdiklat Migas Cepu mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- Kapasitas masuk : 200 m<sup>3</sup>/jam
- Jumlah Sell : 8 unit
- Kemiringan Plat Sel : 45°
- Aliran masuk : Air limbah kilang
- Konsentrasi minyak masuk : > 70 mg/liter
- Konsentrasi minyak keluar : < 20 mg/liter
- Berat jenis air : 1,005 kg/L
- Berat jenis minyak : 0,87 kg/L
- Suhu operasi : 35° C

Selain Pusdiklat Migas, PT. VICO Indonesia Kalimantan Timur telah menggunakan alat pemisah limbah cair CPI tersebut sebanyak 7 (tujuh) unit, untuk mengolah limbah cair lapangan minyaknya dengan sistem *portable*, karena lapangan minyak sangat banyak dan bila lapangan minyak tersebut sudah tidak produktif maka CPI tersebut dapat dipindahkan ke lapangan minyak lainnya, yang belum dilengkapi dengan CPI atau lapangan lain yang masih produksi tetapi jumlah limbahnya meningkat dan perlu tambahan unit CPI, adapun CPI yang digunakan oleh PT. VICO Indonesia mempunyai kapasitas masing-masing unit sebesar 200 m<sup>3</sup>/jam

Selain PT. VICO Indonesia, Pertamina DOH. Prabumulih juga telah menggunakan CPI. dilapangannya dengan kapasitas operasi  $450 \text{ m}^3/\text{jam}$ .

Untuk mendapatkan unjuk kerja dari peralatan tersebut menjadi lebih baik, maka akan dikembangkan dengan melakukan penelitian lebih lanjut, tentang pengaruh kemiringan plat terhadap kandungan minyak pada outlet (*effluent*) nya.

Kemiringan plat pada Corrugated Plate Interceptor (CPI) adalah sudut beloknya aliran fluida (air) terhadap bidang horizontal pada CPI, selanjutnya digunakan sebagai salah satu variabel proses pemisahan antara air dengan minyak ikutannya.

## **1.2 Rumusan masalah**

Bila mengamati kondisi fisik Corrugated Plate Interceptor (CPI) yang ada dan sistim operasinya maka ada beberapa masalah yang perlu dilakukan penelitian antara lain :

- 1) Kemiringan Plat sel yang terpasang pada CPI saat ini adalah  $45^\circ$  tidak didasarkan perhitungan optimum sehingga belum mencerminkan kondisi optimum
- 2) Hasil pemisahan minyak ikutan dalam air buangan (kinerja) CPI dirasa masih kurang maksimal
- 3) Dimensi CPI secara keseluruhan (unit) masih terlalu besar sehingga memerlukan lahan yang relatif luas dan dengan besarnya dimensi tersebut maka pengoperasiannya menjadi kurang praktis

### **1.2.1 Tujuan Penelitian**

- 1) Tujuan penelitian yang utama adalah untuk mendapatkan kemiringan plat sel pada Corrugated Plate Interceptor secara optimum
- 2) Mendapatkan kinerja Corrugated Plate Interceptor yang paling maksimal
- 3) Untuk mendapatkan ukuran/dimensi plat sel yang seminimal mungkin, agar Corrugated Plate Interceptor secara keseluruhan mempunyai ukuran ruangan yang relatif kecil.

### 1.2.2 Manfaat Penelitian

- 1) Meminimalkan kadar minyak yang terikut dalam air buangan (limbah) dari industri migas
- 2) Mencegah terjadinya pencemaran lingkungan akibat buangan limbah industri Migas, sesuai dengan Kepmen LH. No. 09/MENLH/1997, Tahun 1997, Tentang Baku mutu limbah cair bagi kegiatan Migas.
- 3) Menunjang program pemerintah dalam rangka program pembangunan berkelanjutan, karena meminimalkan ikutan sumber daya alam yang akan terbuang.
- 4) Dengan dimensi yang lebih kecil akan memperoleh keuntungan antara ruangan yang diperlukan relatif lebih sempit dan kemudahan operasional dilapangan.

### 1.2.3 Batasan Masalah

Karena luasnya permasalahan dalam penelitian, dan agar penelitian ini menjadi lebih fokus maka batasan penelitian hanya diperuntukkan :

- 1) Proses kerja pemisahan minyak dalam air limbah migas dengan Corrugated Plate Interceptor (CPI) berdasarkan adanya Gravitasi dengan beda berat jenis (air dengan minyak ikutan);
- 2) Cairan yang akan diolah/dipisahkan bukan berbentuk emulsi, sludge atau partikel lain yang bukan minyak;
- 3) Minyak yang dapat dipisahkan dengan CPI hanya minyak yang mempunyai diameter partikel  $> 30$  mikron;
- 4) Sebagai variabel penelitian ini adalah Debit (liter/menit), Konsentrasi inlet (ppm) dan kemiringan Sel CPI (derajat).

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Umum tentang Lingkungan Hidup

Masalah lingkungan negara yang sedang berkembang seperti Indonesia, berbeda dengan masalah lingkungan dinegara maju. Negara maju masalah lingkungan disebabkan oleh pencemaran sebagai akibat sampingan dari penggunaan sumber daya alam dan proses produksi yang banyak menggunakan energi, teknologi yang boros energi seperti transportasi, dan komunikasi serta kegiatan-kegiatan ekonomi lainnya. Tetapi untuk negara berkembang masalah lingkungan disebabkan adanya eksploitasi sumber daya alam (SDA) secara berlebihan, untuk kepentingan pembangunan serta untuk membayar hutang-hutangnya. Karena kemampuan ekonomi dan teknologi serta kesadaran lingkungan masih rendah, maka peningkatan pembangunan tidak disertai dengan tindakan yang memadai untuk melindungi lingkungan. Sehingga kerusakan akibat eksploitasi SDA yang berlebihan dengan cara yang kurang memperhatikan masalah daya dukung lingkungan terjadi dinegara berkembang, termasuk didalamnya adalah tumpahan, ceceran dan buangan limbah industri migas, yang sulit untuk dihindari, sejak dari kegiatan eksplorasi, eksploitasi, pengolahan, transportasi, maupun penimbunan.

Tumpahan, ceceran maupun ikutan minyak bumi kedalam air buangan industri migas dapat membahayakan lingkungan hidup organisme perairan. Pengaruh kontaminasi minyak terhadap komunitas organisme bervariasi dari kecil sekali (*negligible*) sampai kemusnahan (*catastrophic*). Hal tersebut disebabkan oleh tipe/jenis dan dosis minyak serta kondisi organisme perairan atau biotanya. (*Supriharyono, 2002*)

## 2.2 Kerangka Penelitian Teoritik

### 2.2.1 Alur Pikir

Karena Corrugated Plate Interceptor (CPI) merupakan peralatan pengolah limbah cair secara fisika yang paling sederhana, dan ekonomis (tidak memerlukan tambahan energi), karena proses kerjanya berdasarkan adanya **Gravitasi dengan beda berat jenis** (*Gravity beda density*), maka perlu dikembangkan, dengan melakukan penelitian, agar tidak ketinggalan dalam percaturan global.

Dengan semakin baiknya proses pemisahan limbah maka berarti semakin membantu masalah pengelolaan lingkungan hidup, dalam hal mencegah terjadinya pencemaran lingkungan dan penghematan sumber daya alam.

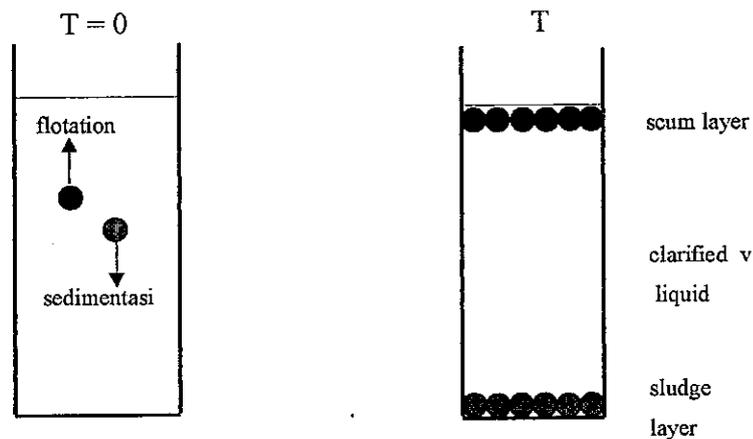
### 2.2.2 Kerangka Teori

Dalam penelitian yang dilakukan didapat dari formula benda jatuh bebas berdasarkan hukum Newton. Pada umumnya cara gravitasi digunakan sebagai langkah awal untuk menghilangkan minyak dalam suatu limbah air buangan dari sumur produksi minyak atau kilang minyak. Proses pemisahan minyak dengan air ikutannya ini adalah berdasarkan adanya **Gravitasi dengan beda berat jenis** (*Gravity beda density*), Efektivitas pemisahan dipengaruhi juga oleh temperatur, density, ukuran partikel, dan jumlah serta sifat-sifat zat tersuspensi dalam air buangan.

Proses pemisahan pada CPI tidak dapat memecah emulsi, sehingga apabila limbah yang akan diolah berbentuk emulsi maka harus diolah dulu pada peralatan lain. (*Mustakim, 1988*)

Grafiti separator umumnya terdiri dari separator awal dan separator utama. Separator awal digunakan untuk memisahkan partikel-partikel besar, sedangkan separator utama digunakan untuk memisahkan minyak dari air. Partikel minyak yang telah terpisah kemudian diambil dan diproses kembali untuk memperoleh minyaknya, sedangkan sludge yang telah diambil dari airnya (*dewatering*) kemudian dibakar, dimasukkan dalam incinerator atau ditimbun dalam tanah (*landfill*).

Dalam proses pemisahan tersebut diatas prinsipnya adalah: *Partikel-partikel yang mempunyai density besar akan turun kebawah, sedangkan partikel yang mempunyai density rendah akan naik keatas.*



Gambar 2.1 : Sedimentasi dan Flotasi

Sumber : *Sedimentation and Flotation, Huisman, 1977*

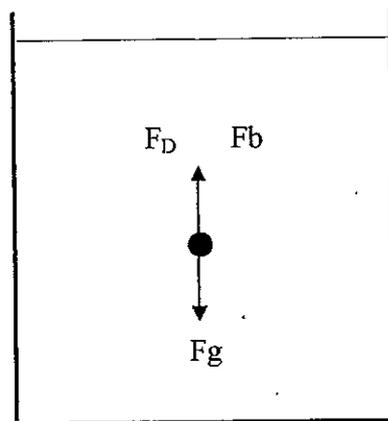
Partikel-partikel dengan density besar umumnya berupa suspended solid, turun mengendap dalam bak, sedangkan partikel-partikel density rendah umumnya berupa minyak, mengapung dibagian atas permukaan air.

#### a. Pengendapan Partikel diskrit

Partikel diskrit adalah partikel tunggal yang dapat mengendap dengan sendirinya. Proses pengendapannya disebut discrete settling.

Discrete settling terjadi bila selama seluruh waktu proses partikel tersuspensi tidak mengalami perubahan ukuran, bentuk atau berat.

Perpindahan vertical kebawah terjadi bila partikel mempunyai density yang lebih besar dari partikel-partikel yang terdapat disekeliling cairan, proses tersebut ditunjukkan pada gambar 2.2.



$F_g$  = gaya berat  
 $F_b$  = gaya apung  
 $F_D$  = gaya seret

Gambar 2.2 : Pengendapan partikel tunggal dalam air

Sumber : *Sedimentation and Flotation, Huisman, 1977*

Menghitung kecepatan pengendapan :

Dalam keadaan setimbang dimana kecepatan pengendapan telah konstan maka resultan gaya didalam fluida harganya menjadi 0 (nol) atau  $F_g = F_b$ , oleh Newton dinyatakan sebagai berikut :

$$F_g = m \cdot g \dots\dots\dots (2.1)$$

$$F_b = \frac{m \cdot \rho \cdot g}{\rho_p} = V_p \cdot \rho \cdot g \dots\dots\dots (2.2)$$

$$F_D = C_D \frac{\rho w}{2} s^2 A \dots\dots\dots (2.3)$$

$$V_s = \sqrt{\frac{2}{C_D} \times \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \times g \times d} \dots\dots\dots (2.4)$$

Catatan :

$V_s$  = kecepatan pengendapan (vertical), m/s

$F_g$  = gaya gravitasi, Kg.m/s<sup>2</sup>

$F_D$  = gaya gesek, Kg.m/s<sup>2</sup>

$\rho_s$  = berat jenis partikel, Kg/m<sup>3</sup>

$\rho_w$  = berat jenis air, Kg/m<sup>3</sup>

$C_D$  = koefisien gesek

$v$  = volume partikel, m<sup>3</sup>

$g$  = percepatan gravitasi, m/s<sup>2</sup>

$A$  = luas pengendapan yang diproyeksikan didalam arah gerak, m<sup>2</sup>

Harga  $C_D$  tidak tetap, tergantung pada bilangan Reynold ( $R_e$ )

$$R_e = \frac{s.d.\rho}{\mu} \dots\dots\dots (2.5)$$

$\mu$  = viskositas kinematik cairan, Kg/m.s

$d$  = diameter partikel, m

Bilangan Reynold sangat berpengaruh terhadap kecepatan aliran, hal ini berhubungan dengan kondisi aliran, yaitu laminar atau turbulen.

$Re < 1$ , kondisi air mengalir, dan partikel bergerak disepanjang aliran :

$$C_D = \frac{24}{Re} \dots\dots\dots (2.6)$$

$Re > 2000$ , partikel dapat mengendap pada kondisi aliran turbulen :

$$Re = 10^5, \\ C_D = 0,40 \dots\dots\dots (2.7)$$

$1 < Re < 2000$ , merupakan daerah transisi, dimana  $Re$  dibawah  $10^4$ , kondisi aliran laminar, yaitu daerah partikel dapat diendapkan, selanjutnya dirumuskan :

$$C_D = \frac{24+3}{Re} + 0,34 \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan rumus pendekatan yang sangat praktis dan dapat digunakan untuk memperkirakan harga koefisien gesek ( $C_D$ ) pada berbagai harga  $Re$  adalah :

$$\text{Untuk } 1 < Re < 50 : \quad C_D = \frac{24}{Re^{3/4}} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\text{Untuk } 50 < Re < 1600 : \quad C_D = \frac{4,7}{Re^{1/3}} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\text{Untuk } 1600 < Re : \quad C_D = 0,40 \dots\dots\dots (2.11)$$

Bila dimasukkan masing-masing harga  $Re$  diatas dalam persamaan 2.4, maka kecepatan pengendapan  $V_s$  dapat dihitung :

Untuk  $Re < 1$  :

$$V_s = \frac{1}{18} \times \frac{g}{\mu} \times \left( \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right) \times d^2 \dots\dots\dots (2.12)$$

Untuk  $1 < Re < 50$  :

$$V_s = \frac{1}{10} \times \frac{g^{0,8}}{\mu^{0,6}} \times \left( \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right)^{0,8} \times d^{1,4} \dots\dots\dots (2.13)$$

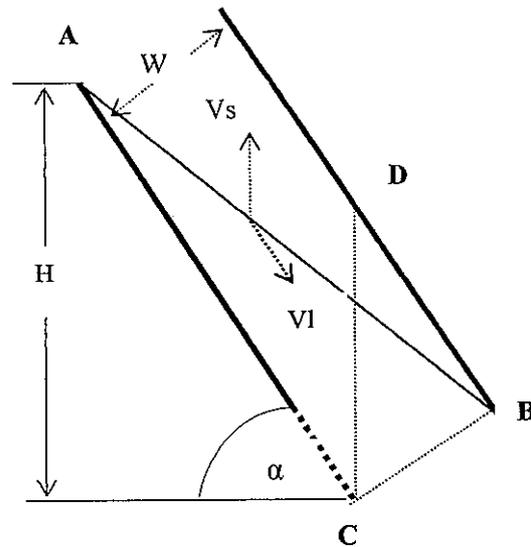
Untuk  $50 < Re < 1600$  :

$$V_s = \frac{1}{2,13} \times \frac{g^{0,6}}{\mu^{0,2}} \times \left( \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right)^{0,6} \times d^{0,8} \dots\dots\dots (2.14)$$

Untuk  $1600 < Re$  :

$$V_s = 1,83 \times g^{0,5} \times \left( \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right)^{0,5} \times d^{0,5} \dots\dots\dots (2.15)$$

Bila melihat pada gambar 2.3 Prinsip kemiringan plat sel pada Corrugated Plate Interceptor (CPI) bersama persamaannya akan memberikan gambaran lebih jelas tentang pemisahan partikel minyak dalam aliran fluida, adapun prinsipnya adalah sebagai berikut :



Gambar 2.3 : Prinsip kemiringan plat CPI

Sumber : *Sedimentation and Flotation, Huisman, 1977*

Dari gambar 2.3 dalam waktu  $T$  (disebut waktu tinggal), partikel bergerak dari  $A$  ke  $C$  pada kecepatan  $V_I$  dan bergerak dari  $C$  ke  $D$  pada kecepatan  $V_s$

$$AC = \frac{h}{\sin \alpha} + \frac{w}{\operatorname{tg} \alpha} = V_I T \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

$$CD = \frac{w}{\cos \alpha} = V_s T \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

Dari persamaan tersebut diperoleh :

$$\frac{V_s}{V_I} = \frac{w \sin \alpha}{h \cos \alpha + w \cos^2 \alpha} \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

Bila A adalah luas permukaan zona pengendapan dan Q adalah kapasitas air limbah, maka :

$$V_l = \frac{Q}{A \sin \alpha} \dots\dots\dots (2.19)$$

Selanjutnya diperoleh :

$$V_s = \frac{Q}{A} \times \frac{w}{h \cos \alpha + w \cos^2 \alpha} \dots\dots\dots (2.20)$$

#### b. Macam-macam Bak Pengendap.

Ada 2 (dua) jenis bak pengendap yang dapat digunakan untuk memisahkan minyak dengan air ikutan dari limbah cair minyak :

- Bak pengendap tanpa aliran
- Bak pengendap dengan aliran

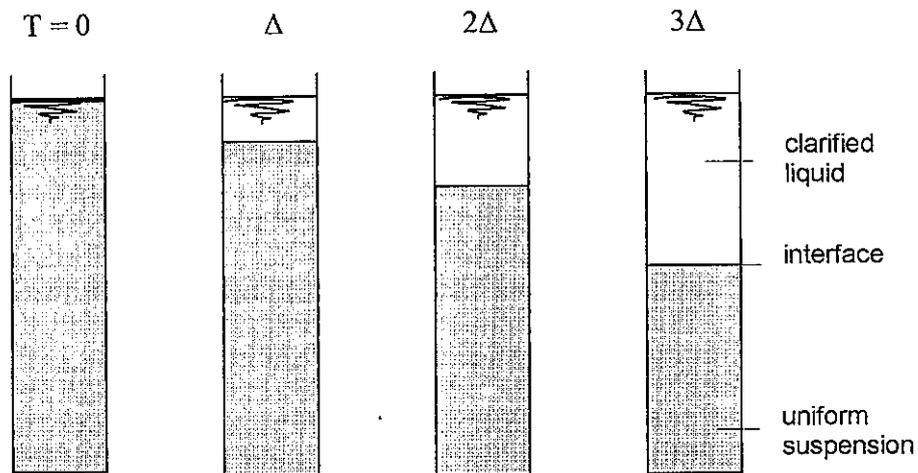
##### 1) Bak pengendap tanpa aliran

Air limbah yang akan dipisahkan dengan campurannya (minyak) ditampung kedalam bak dengan keadaan diam (tidak ada aliran), kemudian dibiarkan selama beberapa saat. sehingga akan terjadi pengendapan.

Kecepatan pengendapan dipengaruhi oleh ukuran partikel, dan viskositasnya, disamping ukuran baknya sendiri.

Pengendapan tidak dipengaruhi oleh arah gerakan partikel, sehingga seluruh kedalaman (H) mempunyai kecepatan aliran yang sama (tidak terjadi olakan/turbulensi),  $Re < 2000$ .

Pada gambar 2.4, menunjukkan bahwa kecepatan pengendapan partikel diskrit berupa titik sebagai fungsi dari ukuran partikel dan berat jenis partikel pada temperatur 10 °C



Gambar 2.4 : Proses pengendapan pada bak pengendap tanpa aliran

Sumber : *Sedimentation and Flotation, Huisman, 1977*

## 2) Bak pengendap dengan aliran

Pada model bak ini terdapat dua aliran, yaitu aliran masuk dan aliran keluar, yang mempunyai kecepatan alir yang berbeda.

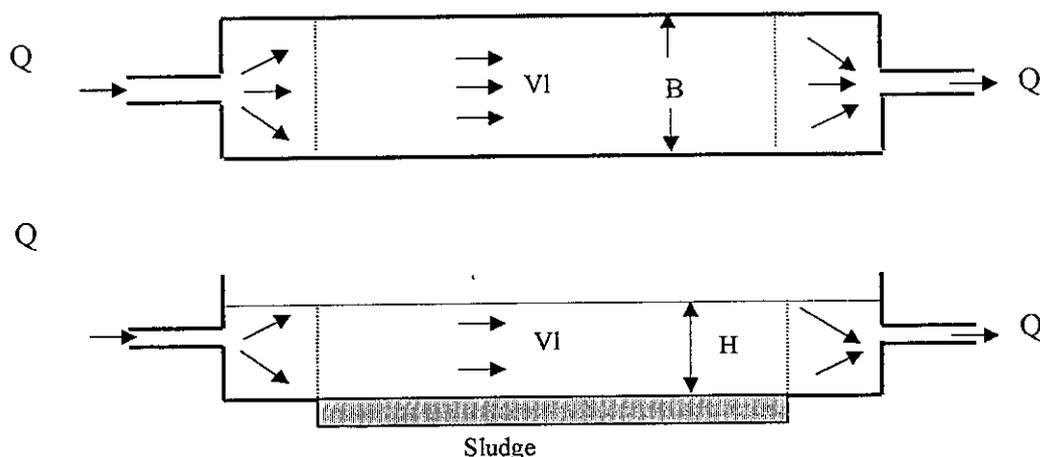
Oleh karena itu partikel yang akan mengendap mendapat dua gaya, yaitu *impelling force* dan *drag force* (grafitasi dan dorong).

Bila *impelling force* disamakan sebagai kecepatan pengendapan  $V_s$  dan *drag force* disamakan sebagai  $V_l$ , maka terdapat hubungan antara keduanya, yaitu:

$$\frac{V_s}{V_l} = \frac{H}{L} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$\text{bila } V_l = \frac{Q}{BH} \text{ maka } V_s = \frac{Q}{BL} = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dengan kata lain bahwa kecepatan pengendapan tergantung pada debit air (Q) dan luas permukaan bak pengendap A. aliran air akan menyebabkan terjadinya olakan (turbulensi) pada,  $Re > 2000$  lihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 : Bak pengendap dengan air mengalir

Sumber : *Sedimentation and Flotation, Huisman, 1977*

Dalam Rancang Bangun untuk mendapatkan ukuran Sel CPI. diperoleh dengan menghitung Surface Area (A), merupakan perbandingan antara Debit (Q) dengan Surface Loading ( $V_s$ ), kemudian dikoreksi dengan menghitung bilangan Reynold ( $Re$ ) dan bilangan Freude ( $Fr$ ), perbandingan tersebut sampai mendapatkan angka yang memenuhi batasan aliran laminar. (*Huisman, 1977*).

Dengan menggunakan formula-formula diatas maka akan ditemukan dimensi/luasan plat sejajar, yang akan di gunakan sebagai plat pemisah minyak dengan air pada Corrugated Plate Interceptor (CPI).

### 2.2.3 Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah dan landasan teori yang telah dikemukakan diatas dapat dirumuskan hipotesa yang akan diuji kebenarannya, adapun hipotesanya adalah:

***Kemiringan Plat pada Corrugated Plate Interceptor sangat berpengaruh pada konsentrasi minyak dalam effluent (keluarannya).***

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

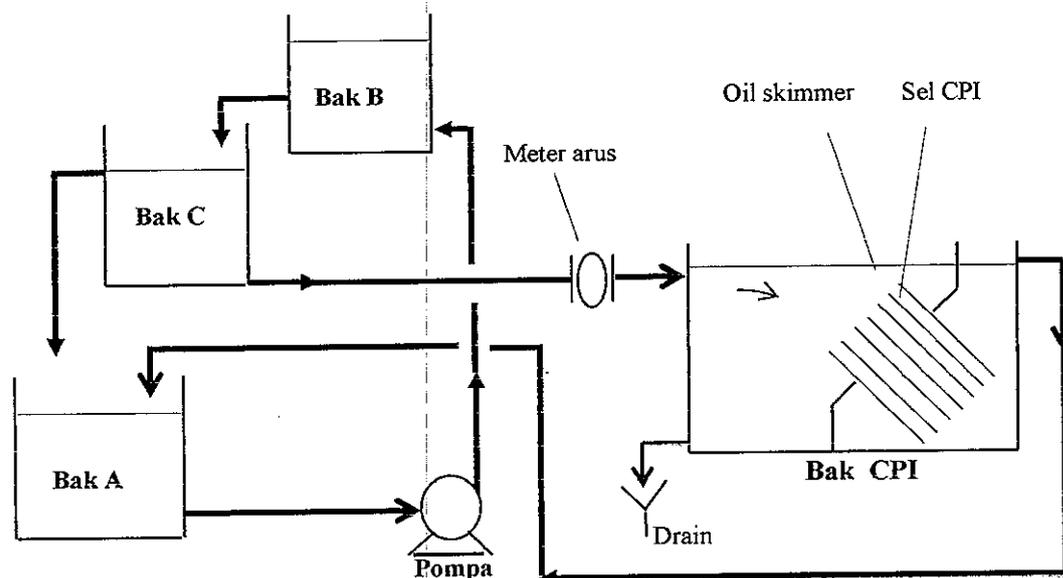
#### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah Kajian Fisik Ekpermental yang dilakukan dengan skala laboratorium, adapun perancangan menggunakan rumusan dan formula sebagaimana pada tinjauan pustaka.

Langkah-langkah perancangan yang dilakukan sebagai berikut :

- 1) Menghitung Surface Loading ( $V_s$ )
- 2) Menghitung ukuran Sel
- 3) Kontrol perhitungan rancangan terhadap criteria rancangan
  - Kontrol kecepatan linier
  - Kontrol luas pengendapan
  - Kontrol Bilangan Reynold ( $N_{Re}$ )
  - Kontrol Bilangan Freude ( $N_{Fr}$ )
- 4) Menyimpulkan hasil rancangan

Diagram alir peralatan yang digunakan dalam penelitian seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1 : Diagram alir Peralatan Pemisah Limbah Cair (sirkulasi tertutup)

Diagram alir pada Gambar 3.1 adalah merupakan sirkulasi tertutup adapun aliran umpan dimulai dari Bak A yang telah di isi air umpan yang diteliti, dari Bak A dimasukkan dalam Bak B menggunakan pompa sentrifugal, dari Bak B dialirkan kedalam Bak C secara Gravitasi.

Dari Bak C dialirkan kedalam Bak CPI secara gravitasi melalui Flow meter dan kapasitas alir diatur dengan menggunakan Keran (Valve) yang berada pada pipa sebelum Flow meter, bila aliran dari Bak B melebihi kapasitas alir ke Bak CPI maka selebihnya akan mengalir (*over flow*) ke Bak A, sehingga aliran ke Bak CPI tetap setabil, keluaran (*effluent*) dari Bak CPI dimasukkan kembali ke Bak A, termasuk dari oil skimmer sehingga apabila pengaturan keran pada masing-masing Bak dan keran keluaran pompa setimbang maka umpan maupun aliran limbah yang diteliti akan tetap (tidak perlu penambahan air umpan)

### **3.2 Pelaksanaan Penelitian**

Pelaksanaan penelitian mulai tanggal 27 Maret s/d 15 Mei 2003 dilakukan pada siang hari antara jam 07.00 – 16.00, bertempat di Laboratorium Pusdiklat Migas Cepu, adapun tahapan pelaksanaan penelitian meliputi tahap persiapan dan tahap penelitian.

#### **3.2.1 Persiapan Penelitian**

Peralatan yang akan digunakan untuk melakukan penelitian dipersiapkan secara maksimum adapun persiapan yang dilakukan antara lain:

- 1) Pengesetan kemiringan plat sel CPI sesuai dengan sudut yang ditentukan dan start pertama dimulai dari posisi  $25^{\circ}$
- 2) Oil skimmer diposisikan menghadap tegak keatas sehingga tidak bisa dilewati aliran air
- 3) Posisi valve inlet dalam keadaan tertutup

- 4) Bak A, B diisi bahan baku (limbah minyak) yang akan diteliti sampai  $\pm \frac{3}{4}$  volume ember
- 5) Bak C diisi bahan baku (limbah minyak) yang akan diteliti sampai batas over flow
- 6) Bak CPI diisi dengan air bersih (bebas minyak) sampai saluran outlet mengalir
- 7) Pompa air siap dioperasikan
- 8) Gelas ukur, stop watch dan botol sampling siap digunakan

### 3.2.2 Tahap Penelitian

Setelah semua tahap persiapan dilakukan secara cermat maka dilaksanakan penelitian dengan langkah sebagai berikut :

- 1) Buka valve outle pada Bak B secara penuh dan inlet CPI pada Bak C, dengan memperkirakan debit 6 L/menit dengan mengamati flow meter yang berada didepan valve inlet CPI
- 2) Hidupkan pompa transfer dan buka valve discharge sesuai dengan bukaan valve inlet yang telah dibuka pada Bak C
- 3) Bila aliran sudah seimbang dilakukan pengecekan (kalibrasi) debit pada saluran outlet CPI dengan menggunakan gelas ukur dan stop watch, dilakukan beberapa kali, sambil mengubah-ubah valve inlet sampai mendapatkan debit 6 L/menit
- 4) Atur oil skimmer bila minyak sudah terkumpul pada permukaan CPI sampai aliran setipis mungkin dan minyak tertampung pada Bak A, tercampur kembali dengan air outlet CPI
- 5) Bila kondisi sudah steady state (seimbang) maka dilakukan pengambilan sample inlet maupun outlet pada valve sampling yang sudah tersedia sesuai dengan prosedur sampling 1(satu) sample inlet dan 3 (tiga) sample Outlet. Satu periode kemiringan plat dengan debit 6 L/menit telah selesai
- 6) Setelah selesai pengambilan sample maka CPI distop dengan cara menutup Valve inlet dan valve Bak B, serta mematikan pompa transfer

- 7) Untuk melakukan penelitian selanjutnya adalah dilakukan pengesetan/ merubah kemiringan plat sel pada posisi  $35^\circ$  dan seterusnya dengan cara yang sama sampai terakhir pada posisi kemiringan  $65^\circ$  dan debit juga divariasi berturut-turut 8 L/menit, 10 L/menit sampai mencapai terakhir 12 L/menit
- 8) Sample yang telah dihasilkan tersebut dilakukan analisis dengan menggunakan "*spectro photometer infra red*" dilaboratorium dan hasil secara lengkap disajikan pada tabel 4.1 sedangkan hasil yang telah dirata-ratakan disajikan pada tabel 4.2.

### 3.3 Sample

Dalam penelitian (eksperimen) akan dilakukan beberapa kali perubahan kemiringan (perlakuan) yaitu :  $25^\circ$ ;  $35^\circ$ ;  $45^\circ$ ;  $55^\circ$  dan  $65^\circ$  setiap perubahan kemiringan debitnya diubah-ubah (divariasi), dan kandungan minyak pada saluran masuk (inlet) dan keluarannya (outlet) akan diamati dengan cara mengambil sampelnya dengan menggunakan botol sample, pada posisi inlet dan outlet tersebut dalam setiap perubahan debit maupun kemiringan, kemudian dilakukan analisis kandungan minyaknya dengan menggunakan alat "*Spectro photometer Infra red*", adapun metode ujinya adalah sebagai berikut :

- 1) Botol yang sudah terisi sample kita timbang
  - 2) Sample kita masukkan ketabung pemisah
  - 3) Botol kosong kita timbang dan kita ketahui selisih penimbangan, adalah merupakan berat sample
  - 4) Tambahkan 20 ml  $CCl_4$ , kocok selama 15 menit dan biarkan selama  $\pm 10$  menit.
  - 5) Ambil lapisan  $CCl_4$  sebanyak 10 ml
  - 6) Masukkan larutan  $CCl_4$  yang telah diperoleh kedalam kuvet 1cm kemudian lakukan penetapan absorpsi dengan infrared "MIRAN" pada panjang gelombang 3,42 nm.
  - 7) Kadar minyak dalam air dapat dihitung/dengan cara konversi
- Setelah diperoleh hasilnya kemudian dicatat pada format seperti tabel 4.1

### 3.4 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data-data yang dihasilkan dari analisis laboratorium dilakukan pencatatan dalam format yang telah disiapkan, sampai jumlah sampling memenuhi persyaratan untuk dianalisis, sedangkan data yang tidak memenuhi persyaratan kita buang, agar tidak mengganggu analisis selanjutnya.

Adapun metode pengolahan data dilakukan secara "*Deskriptif*", berdasarkan data hasil penelitian yang telah diolah, ditabelkan, dibuat kurva dan persamaan. Hasil tersebut kemudian dibandingkan sehingga dapat menentukan optimumnya.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Rancang Bangun Corrugated Plate Interceptor (CPI)

Untuk melakukan penelitian dengan mengoperasikan unit Corrugated Plate Interceptor (CPI) yang ada dilapangan sangat tidak mungkin, karena unit yang ada dilapangan tersebut pada umumnya dioperasikan sesuai dengan kondisi lapangan, dan tidak bisa diganggu, sedangkan untuk penelitian akan merubah debit masuk maupun kemiringan sel sebagai variable penelitian, oleh karena itu maka dirancang unit kecil (skala laboratorium) sesuai dengan kondisi operasi unit yang ada, sehingga dapat mewakili unit nyata.

#### 4.1.1 Data Rancangan

- Kapasitas :  $100 \text{ cm}^3/\text{dt} = 0,36 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Berat Jenis air ( $\rho_a$ ) :  $1,005 \text{ kg/L}$
- Berat Jenis minyak ( $\rho_m$ ) :  $0,8799 \text{ kg/L}$
- Viscositas air :  $1,18 \text{ cSt}$  ( $0,011741 \text{ gr/cm.dt. pada } 30^\circ\text{C}$ )
- Diameter partikel :  $> 30 \text{ mikron}$
- Kandungan minyak masukan :  $> 70 \text{ mg/L}$
- Kandungan minyak keluaran :  $< 20 \text{ mg/L}$
- Gravitasi ( $g$ ) :  $980 \text{ cm}/\text{dt}^2$
- Suhu rancangan :  $30^\circ\text{C}$
- Suhu operasi : sesuai kondisi lapangan
- Skala model dengan  $200 \text{ m}^3/\text{jam}$  :  $0,36/25 = 1/69 \approx 1/70$

#### 4.1.2 Surface Loading ( $V_s$ ) :

Untuk mendapatkan jumlah plat sel dan dimensinya yang dibutuhkan dalam penelitian dengan jenis limbah seperti tersebut diatas maka perlu diketahui dulu kecepatan pemisahan dari limbah yang akan dipisahkan, dengan menggunakan formula yang terdapat dalam kerangka teori maka dapat dihitung :

$$V_s = \frac{(\rho_a - \rho_m) \times g \times d^2}{18 \times \mu}$$

$$= \frac{(1,005 - 0,8799) \text{ kg/L} \times 980 \text{ cm/det}^2 \times (0,003 \text{ cm})^2}{18 \times 0,011741 \text{ gr/cm.dt.}}$$

$$V_s = 0,00523 \text{ cm/dt}$$

$$= 0,18828 \text{ m/jam}$$

#### 4.1.3 Ukuran Sel yang digunakan untuk penelitian :

- Lebar plat = 40 cm (setengah dari lebar nyata)
- Panjang plat = 75 cm (setengah dari lebar nyata)
- Kemiringan =  $45^\circ$  (kondisi diubah-ubah)

$$\text{Panjang plat efektif} = 0,75 \cos 45^\circ = 0,53 \text{ m}$$

$$\text{Luas efektif tiap plat} = 0,53 \times 0,4 = 0,212 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas areal permukaan (A)} = \frac{Q}{V_s}$$

$$= \frac{100 \text{ cm}^3 / \text{det}}{0,00523 \text{ cm} / \text{det}} = 19120,46 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan plat Sel (n)} &= \frac{\text{LuasAreaPermukaan}}{\text{LuasEfektif}} \\
 &= \frac{19120,46}{2120} \\
 &= 9,019 \approx 10 \text{ plat}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.4 Kontrol Perhitungan Rancangan terhadap Kriteria Rancangan :

Untuk mengetahui hasil perhitungan telah memenuhi syarat terhadap kriteria rancangan maka harus dilakukan beberapa kontrol perhitungan yang antra lain :

##### a. Kontrol Kecepatan Linier :

- Lebar plat = 40 cm (0,40 m)
- Panjang plat = 75 cm (0,75 m)
- Jumlah plat = 10 lembar (*hasil perhitungan*)
- Jarak antara plat = 1,5 cm
- Kemiringan = 45° (*kondisi diubah-ubah*)

$$\text{Luas penampang aliran} = 40 \times 1,5 = 60 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas total penampang} = 60 \times (10 - 1) = 540 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kapasitas alir} = 100 \text{ cm}^3/\text{dt.}$$

$$\text{Kecepatan Linier} = \frac{100 \text{ cm}^3 / \text{dt}}{540 \text{ cm}^2} = 0,18520 \text{ cm/det}$$

$$= 18,52 \text{ m/det} < 10^{-3} \text{ m/det}$$

(*memenuhi syarat aliran laminar*)

**a. Kontrol Luas pengendapan :**

$$\begin{aligned} \text{Luas pengendapan nyata (A)} &= w \times l \cos 45^\circ \times (n - 1) \\ &= 40 \times 75 \cos 45^\circ \times (10 - 1) \\ &= 19091,881 \text{ cm}^2 = (1,91 \text{ m}^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Surface Loading nyata (Vs)} &= \frac{Q}{A} = \frac{0,36}{1,91} \\ &= 0,1885 \text{ m/jam} \\ &= 0,005236 \text{ cm/det} = \text{Vs pada 3.1.2} \\ &\quad \text{(memenuhi syarat)} \end{aligned}$$

**b. Kontrol Bilangan Reynold ( $N_{Re}$ ) :**

$$N_{Re} = \frac{R \times V_l \times \rho_a}{\mu}$$

$$\begin{aligned} \text{Radius Hydraulic (R)} &= \frac{H \times W}{2 \times (H + W)} \\ &= \frac{1,5 \times 40}{2 \times (1,5 + 40)} = 0,7229 \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan aliran (v}_l\text{)} = 0,18520 \text{ cm/dt}$$

$$\text{Density air } (\rho_a) = 1,005 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Viskositas air } (\mu) = 0,01174129 \text{ gr/cm. dt. (pada suhu } 30^\circ\text{C)}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} \text{ (6 L/menit)} &= \frac{0,7229 \times 0,1852 \times 1,005}{0,011741} \\ &= 11,14599 < 2000 \text{ (memenuhi syarat)} \end{aligned}$$

$$N_{Re (8 \text{ L/menit})} = \frac{0,7229 \times 0,24691 \times 1,005}{0,011741}$$

$$= 15,2784 < 2000 \text{ (memenuhi syarat)}$$

$$N_{Re (10 \text{ L/menit})} = \frac{0,7229 \times 0,30865 \times 1,005}{0,011741}$$

$$= 19,0988 < 2000 \text{ (memenuhi syarat)}$$

$$N_{Re (12 \text{ L/menit})} = \frac{0,7229 \times 0,37037 \times 1,005}{0,011741}$$

$$= 22,9179 < 2000 \text{ (memenuhi syarat)}$$

**c. Kontrol Bilangan Freude ( $N_{Fr}$ ) :**

$$N_{Fr} = \frac{Vl^2}{g \cdot R}$$

Kecepatan aliran (vl) = 0,18520 cm/dt

Gravitasi (g) = 980 cm/dt<sup>2</sup>

Radius Hydraulic (R) = 0,7229 cm

$$N_{Fr (6 \text{ L/menit})} = \frac{(0,18520)^2}{980 \times 0,7229}$$

$$= 0,000048415 > 10^{-5} \text{ (memenuhi syarat)}$$

$$N_{Fr (8 \text{ L/menit})} = \frac{(0,24691)^2}{980 \times 0,7229}$$

$$= 0,000086054 > 10^{-5} \text{ (memenuhi syarat)}$$

$$\begin{aligned}
 N_{Fr(10\text{ L/menit})} &= \frac{(0,30865)^2}{980 \times 0,7229} \\
 &= 0,000134471 > 10^{-5} \text{ (memenuhi syarat)} \\
 N_{Fr(12\text{ L/menit})} &= \frac{(0,37037)^2}{980 \times 0,7229} \\
 &= 0,000193628 > 10^{-5} \text{ (memenuhi syarat)}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.5 Kesimpulan Rancangan

Sel Corrugated Plate Interceptor yang digunakan untuk penelitian dibuat dari plat Gelombang dengan dimensi :

- Lebar plat : 40 cm
- Panjang plat : 75 cm
- Tinggi Gelombang : 1,8 cm
- Jarak Gelombang : 7,6 cm
- Jarak antara plat : 1,5 cm
- Jumlah plat : 10 lembar

Sketsa Sel Corrugated Plate Interceptor (CPI) dapat dilihat pada lampiran 1.

#### 4.2 Peralatan yang digunakan untuk penelitian

Peralatan yang digunakan untuk penelitian adalah seperangkat Corrugated Plat Interceptor (CPI), yang dirancang bangun sendiri sesuai dengan kapasitas rancangan pada Bab. III, dengan kapasitas 100 cm<sup>3</sup>/detik (6 L/menit), dan difabrikasi di bengkel Pusdiklat Migas Cepu, adapun peralatan tersebut terdiri dari :

- 1) 1 (satu) unit bak CPI terbuat dari pelat baja dengan ukuran :
  - Panjang : 160 cm
  - Lebar : 50 cm
  - Tinggi : 100 cm
  - Tebal Pelat : 3 mm

- 2) 1 (satu) unit Sel CPI, kotak terbuat dari pelat baja dan Sel dari Fibre Glass dengan ukuran :
  - a. Kotak Sel 1 (satu) buah
    - Panjang : 77 cm
    - Lebar : 41 cm
    - Tinggi : 16,5 cm
  - b. Sel Pelat Gelombang Fibre Glass 10 (sepuluh) lembar
    - Panjang : 75 cm
    - Lebar : 40 cm
    - Tebal : 1 mm
    - Jarak antar pelat : 1,5 cm
- 3) 3 (tiga) buah bak penampung dengan kapasitas masing-masing 40 liter
- 4) 1 (satu) unit pompa air, jenis sentrifugal dengan kapasitas 36 L/menit
- 5) 1 (satu) buah flow meter air  $\varnothing \frac{1}{2}$  "
- 6) 1 (unit) rangkaian perpipaan dan valve  $\varnothing \frac{1}{2}$  ",  $\frac{3}{4}$  " dan 1 "
- 7) 1 (satu) buah Gelas ukur dengan kapasitas 2 liter
- 8) 1 (satu) buah Stop watch jenis digital

Photo-photo penelitian secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 6.a s/d 6.e .

Untuk pemeriksaan kandungan minyak dalam air digunakan peralatan sebagai berikut :

- 1) Botol sampling
- 2) Timbangan dengan sekala milligram (digital)
- 3) Tabung/gelas pemisah
- 4) Spectro photometer Infra red
- 5) Bahan pembantu  $\text{CCl}_4$

### 4.3. Bahan Penelitian

Sebagai bahan penelitian adalah Limbah cair buangan dari Kilang Pusdiklat Migas Cepu yang berupa Air dengan campurannya minyak ikutan, minyak ikutan tersebut lebih dominant pada jenis *Crude Oil*, sedangkan spesifikasi selengkapnya dari bahan tersebut adalah :

- Kadar minyak (*oil content*) = 1.112 s/d 1.320 mg/liter
- Specific gravity air ( $\rho_w$ ) = 1,005
- Specific gravity minyak ( $\rho_o$ ) = 0,8799
- Viscositas air = 0,011741 gr/cm.det. pada 30°C
- Suhu operasi = sesuai suhu di lapangan
- Debit masuk (Q) divariasi = 6 L/menit; 8 L/menit; 10 L/menit dan 12 L/menit
- Kemiringan pelat sel (divariasi) = 25°; 35°; 45°; 55° dan 65°

### 4.4 Pengaruh Variabel Penelitian

Seperti telah disebutkan dalam batasan masalah bahwa variable penelitian yang dilakukan adalah : Debit cairan masuk (Q), Kemiringan Pelat Sel dan Konsentrasi Minyak masuk. Dari ketiga hal tersebut akan mempengaruhi proses penelitian.

#### 4.4.1 Pengaruh Debit Cairan Masuk

Debit cairan masuk (Q) dalam proses penelitian diubah-ubah sesuai dengan debit yang ditentukan, mulai dari 6 L/menit; 8 L/menit; 10 L/menit dan 12 L/menit. Dengan diubahnya debit masuk dan luas penampang aliran (A) tidak ada perubahan maka debit tersebut akan mempengaruhi Kecepatan aliran (Vl), karena kecepatan aliran semakin tinggi dan kecepatan pemisahan (Vs) tidak ada perubahan maka akan mempengaruhi proses pemisahan, sehingga jumlah minyak ikutan (konsentrasi) dalam effluent akan naik.

Dengan demikian maka debit cairan masuk (Q) dijadikan sebagai variable bebas dalam penelitian dan setiap perubahan debit dilakukan pengambilan sample. Sample yang telah dihasilkan dari penelitian dilakukan analisis dengan menggunakan "spectro photometer infra red" dilaboratorium lingkungan Pusdiklat Migas Cepu, hasil pemeriksaan secara keseluruhan disajikan tabel 4.1.

Tabel 4.1

**KONSENTRASI MINYAK DALAM INLET DAN OUTLET  
HASIL PENELITIAN SECARA KESELURUHAN  
(mg/L)**

DEBIT (Q) L/menit	KONSENTRASI MINYAK DLM INLET (mg/L)		KEMIRINGAN CELL				
			25°	35°	45°	55°	65°
			KONSENTRASI MINYAK DLM OUTLET (mg/L)				
6	I	1.321,20	6,9	6,3	10,0	24,7	30,4
	II	1.320,08	6,4	5,6	9,8	25,5	26,6
	III	1.319,92	6,8	6,1	9,3	25,2	28,7
8	I	1.252,32	21,9	19,2	26,1	37,9	43,4
	II	1.250,24	21,8	18,9	25,0	36,5	45,5
	III	1.249,60	22,3	18,6	25,7	37,4	44,4
10	I	1.250,24	29,7	27,3	35,2	49,9	67,9
	II	1.248,06	30,8	26,5	34,8	50,2	70,1
	III	1.246,30	29,9	26,9	36,1	49,5	68,7
12	I	1.118,12	70,4	58,4	68,2	81,1	72,8
	II	1.110,30	68,8	54,8	61,3	76,4	82,8
	III	1.108,12	70,8	47,0	70,9	68,8	82,5

Catatan : Contoh I, II dan III inlet diambil pada posisi 25°, 45° dan 65°.

Dari tabel 4.1 tersebut diatas agar dapat digunakan untuk menganalisis hasil penelitian maka data I, II dan III dirata-ratakan, sedangkan hasil yang telah dirata-ratakan disajikan pada tabel 4.2

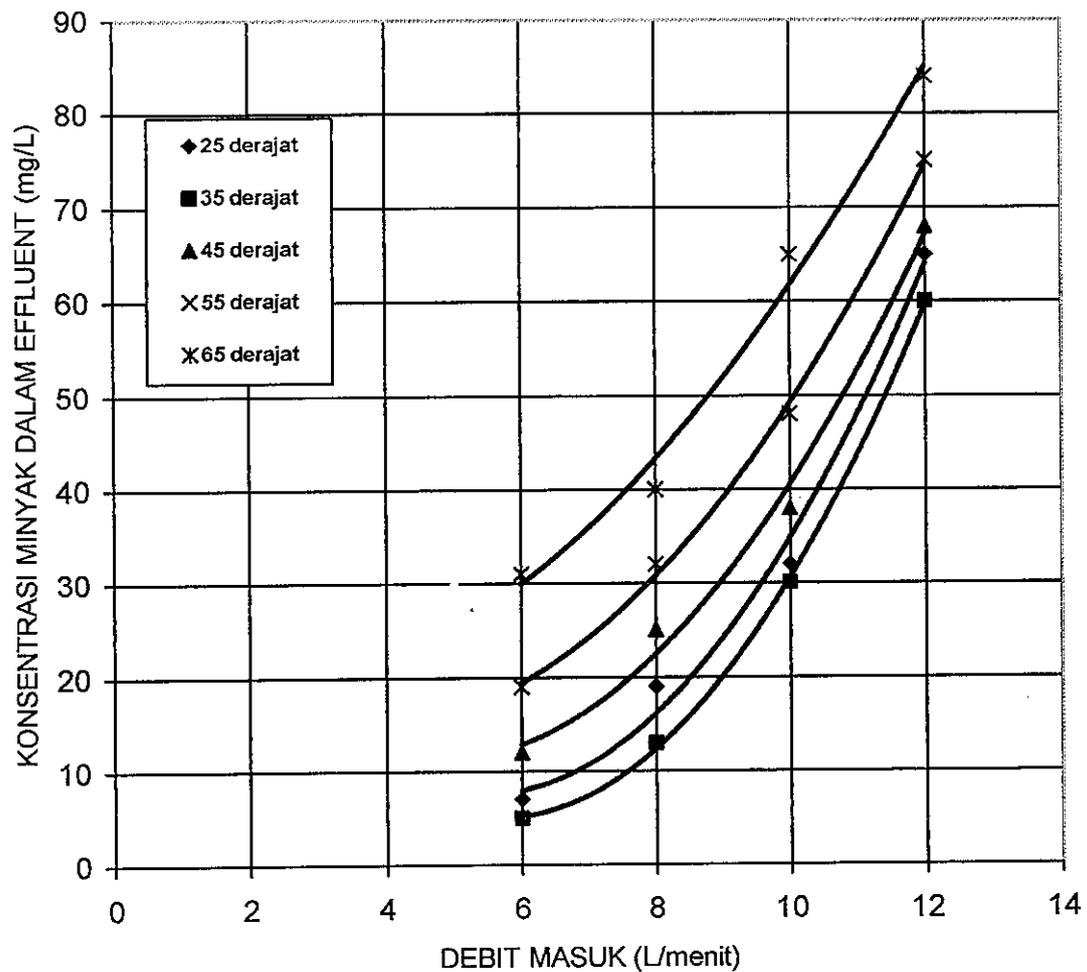
Tabel 4.2

**KONSENTRASI MINYAK RATA-RATA  
PADA INLET DAN OUTLET CPI**

DEBIT (Q) L/menit	KONSENTRASI MINYAK PADA INLET (mg/L)	KEMIRINGAN SEL				
		25°	35°	45°	55°	65°
		KONSENTRASI MINYAK DLM EFFLUENT (mg/L)				
6	1.320,40	6,7	6,0	9,7	25,1	28,6
8	1.250,72	22	18,9	25,6	37,3	44,4
10	1.248,20	30,1	26,9	35,4	49,9	68,9
12	1.112,16	70,0	53,4	66,8	75,4	79,4

Catatan : *Kapasitas rancangan = 6 liter / menit*

Hasil penelitian yang telah diolah seperti disajikan pada tabel 4.2 ditampilkan dalam beberapa grafik yang dapat digunakan untuk mengetahui debit yang sesuai dengan konsentrasi yang dikehendaki dalam operasi, kemiringan pelat sel yang optimum dan unjuk kerja yang maksimal dari peralatan, serta besarnya penyimpangan yang terjadi. Pengaruh debit masuk terhadap konsentrasi minyak dalam keluaran dapat dilihat pada Grafik 4.1.



Grafik 4.1 Pengaruh Debit masuk terhadap konsentrasi minyak dalam effluent pada tiap kemiringan sel dari 25° sampai dengan 65°

Bila memperhatikan grafik 4.1, pada kurva 25° semua konsentrasi minyak kondisinya sudah berada diatas konsentrasi minyak dalam kemiringan 35°, dengan melihat kondisi tersebut jelas bahwa kemiringan 25° konsentrasi minyak dalam effluent sudah menunjukkan peningkatan, sehingga dapat dipastikan bahwa pada kemiringan 25° tersebut tidak optimum dan justru sudah melewati titik optimum.

Bila dikehendaki konsentrasi minyak dalam keluaran  $\leq 20$  mg/L maka debit operasi maksimum adalah 8 L/menit sehingga kenaikan konsentrasi minyak dalam effluent pada setiap perubahan debit pada kurva kemiringan  $25^\circ$  terlihat sangat mencolok, dengan kondisi tersebut menunjukkan bahwa debit masuk sangat berpengaruh terhadap konsentrasi effluent.

Dalam kurva kemiringan  $35^\circ$ , garis kurvanya berada dibawah kurva  $25^\circ$ , kondisi tersebut menunjukkan bahwa kemiringan pelat sel  $35^\circ$  adalah kemiringan optimum yang terjadi, walaupun semua konsentrasi minyak pada setiap perubahan debit menunjukkan kenaikan, sehingga debit masuk tetap berpengaruh pada konsentrasi minyak dalam effluent, bila dikehendaki konsentrasi minyak dalam keluaran tidak lebih dari 20 mg/L maka operasi Corrugated Plate Interceptor dapat dioperasikan sampai dengan 8,5 L/menit.

Kemiringan pelat sel  $45^\circ$  adalah merupakan kemiringan rancangan, bila melihat kurva yang terjadi pada kemiringan  $45^\circ$  tersebut pengaruh kenaikan debit terlihat lebih setabil, namun kenaikan konsentrasi minyak pada setiap perubahan debit juga menunjukkan perubahan yang tinggi, sehingga kenaikan debit masih tetap sangat mempengaruhi konsentrasi minyak pada effluent, dengan kemiringan plat sel  $45^\circ$  bila dikehendaki konsentrasi minyak dalam keluaran  $\leq 20$  mg/L maka operasi Corrugated Plate Interceptor yang bisa dicapai hanya debit 8 L/menit dan kapasitas/debit yang bisa dicapai masih lebih kecil dibanding dengan kemiringan plat sel  $25^\circ$ .

Pada kemiringan pelat sel  $55^\circ$  kenaikan konsentrasi minyak yang terjadi pada setiap perubahan debit terlihat lebih tinggi dibanding dengan kemiringan  $45^\circ$ , demikian juga kenaikan konsentrasi pada setiap perubahan debit, sehingga dapat dipastikan bahwa debit masuk sangat berpengaruh pada konsentrasi minyak dalam effluent. Untuk kemiringan plat sel pada Corrugated plate Interceptor sebesar  $55^\circ$  dengan debit 6 L/menit, konsentrasi minyak dalam keluarannya sudah tidak memenuhi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan.

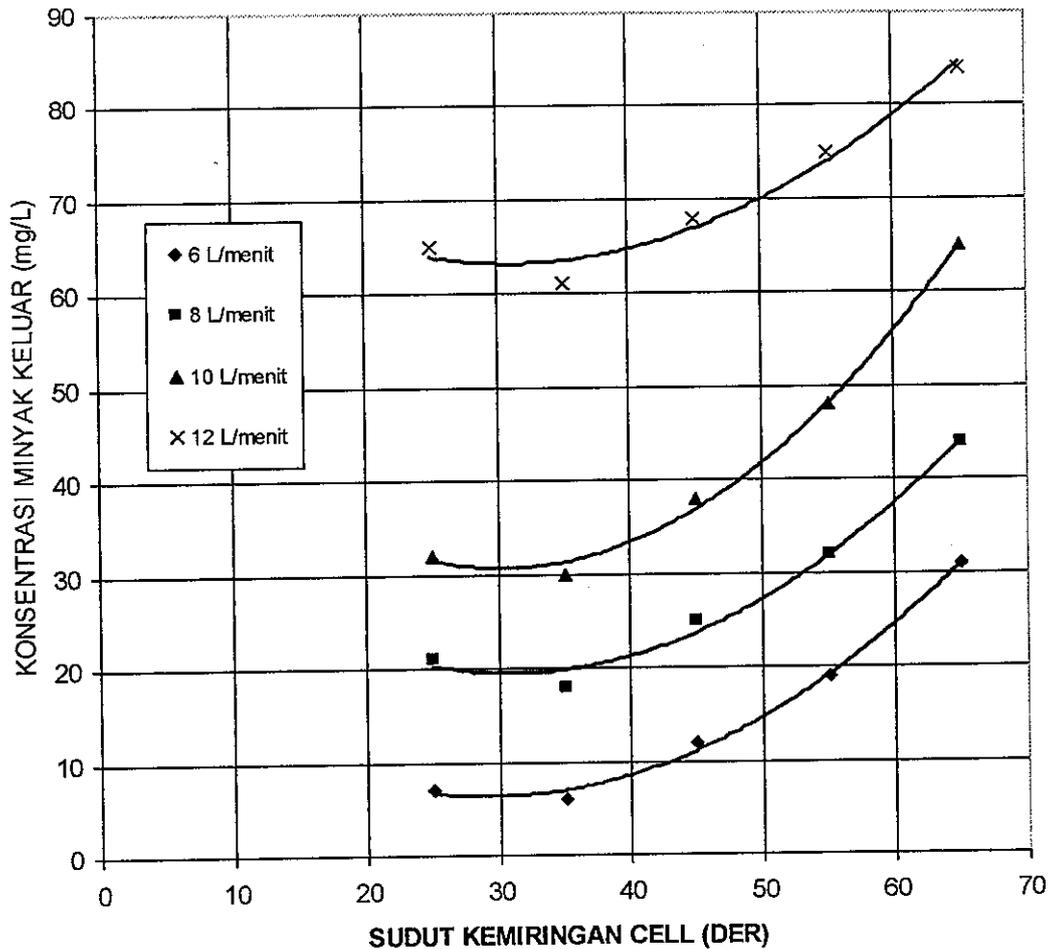
Karena konsentrasi minyak yang bisa dicapai adalah 25,1 mg/L, dan bila dikehendaki operasi 6 L/menit atau lebih maka pengolahan limbah harus dilakukan dua tahap.

Pada kemiringan pelat sel 65° arah kurvanya menunjukkan lengkung terbalik (cembung) pada setiap perubahan debit, hal tersebut menunjukkan bahwa kemiringan pelat sel 65° kurang sesuai untuk debit 6 L/menit sampai dengan 12 L/menit dan bila dikehendaki menggunakan kemiringan tersebut maka pengolahan limbah harus dilakukan dua tahap.

#### **4.4.2 Pengaruh Kemiringan Pelat Sel**

Kemiringan Pelat Sel diubah-ubah sesuai dengan kemiringan yang ditentukan, adapun kemiringan ditetapkan mulai dari : 25°; 35°; 45°; 55° sampai dengan 65°. Kemiringan Pelat Sel ditetapkan sebagai variable utama dalam penelitian, karena kemiringan pelat sel ini dapat mempengaruhi total luas pelat efektif untuk pengendapan / surface area (A), yaitu luasan untuk proses pemisahan partikel minyak dengan air, sehingga dengan diubah-ubahnya kemiringan pelat sel maka total luasan pelat efektif akan proses pemisahan akan mengalami perubahan sehingga konsentrasi minyak pada effluent akan berubah pula.

Dengan ditetapkannya kemiringan pelat sel sebagai variabel utama ini diharapkan hasil penelitian ini mendapat kemiringan pelat secara optimum yang selanjutnya dapat memperkecil dimensi Corrugated Plat Interceptor secara keseluruhan menjadi lebih kecil dibanding dengan ukuran yang sudah diproduksi saat ini, karena dengan dimensi yang lebih kecil maka akan mendapatkan efisiensi yang lebih besar dan pengoperasian peralatan relatif lebih mudah. Grafik pengaruh kemiringan plat sel terhadap konsentrasi minyak dalam keluaran Corrugated Plate Interceptor dapat dilihat pada Grafik 4.2



Grafik 4.2 Pengaruh sudut kemiringan sel terhadap konsentrasi minyak dalam Keluaran CPI untuk beberapa perubahan debit

Dari grafik 4.2 pada debit 6 L/menit kemiringan plat sel optimum terjadi pada kemiringan 35°, karena pada kemiringan 25° maupun 45° konsentrasi minyak pada keluarannya sudah menunjukkan angka yang lebih tinggi, demikian juga untuk kemiringan-kemiringan yang lain 55° dan 65° konsentrasi minyak dalam keluarannya semakin meningkat secara kuadratis, sehingga dapat ditentukan bahwa debit 6 L/menit

Optimumnya adalah pada kemiringan sel  $35^\circ$ . Perlu diketahui bahwa debit 6 L/menit adalah merupakan debit rancangan.

Pada debit 8 L/menit optimum terjadi pada sudut kemiringan  $35^\circ$ , untuk kemiringan plat sel  $25^\circ$ , hasilnya pemisahan minyak yang terkandung dalam keluarannya adalah 22 mg/L, berarti sudah tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 20 mg/L, tetapi untuk kemiringan  $35^\circ$  hasilnya adalah 18,9 mg/L, masih berada dibawah baku mutu yang ditetapkan sehingga pada debit 8 L/menit dengan kemiringan plat sel  $35^\circ$  masih mungkin untuk dioperasikan, tetapi untuk kemiringan  $45^\circ$ ,  $55^\circ$  dan  $65^\circ$  bila dikehendaki untuk dioperasikan pengolahan limbah harus dilakukan dua tahap atau diparalel, karena konsentrasi minyak dalam keluarannya  $> 25$  mg/L.

Bila debit dinaikkan menjadi 10 L/menit konsentrasi minyak pada keluaran semakin naik, adapun konsentrasi minyak dalam keluarannya yang paling rendah adalah 26,9 mg/L, berada pada kemiringan plat sel  $35^\circ$ , dengan demikian untuk debit 10 L/menit optimumnya adalah tetap pada kemiringan plat sel  $35^\circ$ .

Bila debit dinaikkan menjadi dua kali kapasitas rancangan atau 12 L/menit konsentrasi minyak pada outlet akan menjadi naik secara drastis bila dibanding dengan debit 10 L/menit, adapun konsentrasi minyak dalam keluarannya pada semua sudut kemiringan perubahannya sangat fluktuatif. Konsentrasi minyak dalam keluarannya yang paling kecil adalah 53,4 mg/L, pada posisi kemiringan sel  $35^\circ$ . Dengan demikian hasil pemisahan dari debit 12 L/menit pada kemiringan plat sel berapapun sudah tidak memenuhi syarat, karena sudah dua kali dari baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah.

#### **4.4.3 Pengaruh Konsentrasi Minyak masuk**

Konsentrasi minyak pada Inlet (masukan) akan mempengaruhi konsentrasi minyak pada Outlet (keluaran), karena dengan semakin besar konsentrasi minyak pada inlet maka kecepatan pemisahan ( $V_s$ ) akan berubah sehingga memerlukan luasan pelat efektif sesuai dengan konsentrasi minyak pada inlet.

Untuk hal tersebut konsentrasi minyak pada inlet tidak akan diubah karena bila diubah akan menyulitkan penelitian dan tetap tidak dirubah seperti kondisi awal, walaupun sedikit ada penurunan sesuai dengan kondisi lapangan, sehingga konsentrasi minyak pada inlet dianggap sebagai variable tetap. Tetapi konsentrasi minyak masuk tetap dianalisis untuk mengetahui unjuk kerja (efisiensi) alat yang dirancang. Dari hasil yang didapat ternyata bila konsentrasi minyak pada inlet naik maka unjuk kerja alat akan turun dan bila konsentrasi minyak pada inlet naik maka konsentrasi outlet akan turun.

#### 4.5 Unjuk kerja Corrugated Plat Interceptor (CPI)

Unjuk kerja suatu peralatan adalah merupakan bukti kesesuaian hasil rancangan, oleh karena itu maka sangat penting untuk diketahui berapa besarnya efisiensi yang dicapai bila menggunakan peralatan tersebut. Unjuk kerja dihitung dengan membandingkan antara konsentrasi minyak pada masukan (inlet) dengan konsentrasi minyak keluarannya (outlet), dengan formula :

$$\eta = \frac{C_i - C_o}{C_i} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

*Keterangan :*

$\eta$  = unjuk kerja / efisiensi (%)

$C_i$  = konsentrai minyak pada inlet (mg/liter)

$C_o$  = konsentrasi minyak pada outlet (mg/liter)

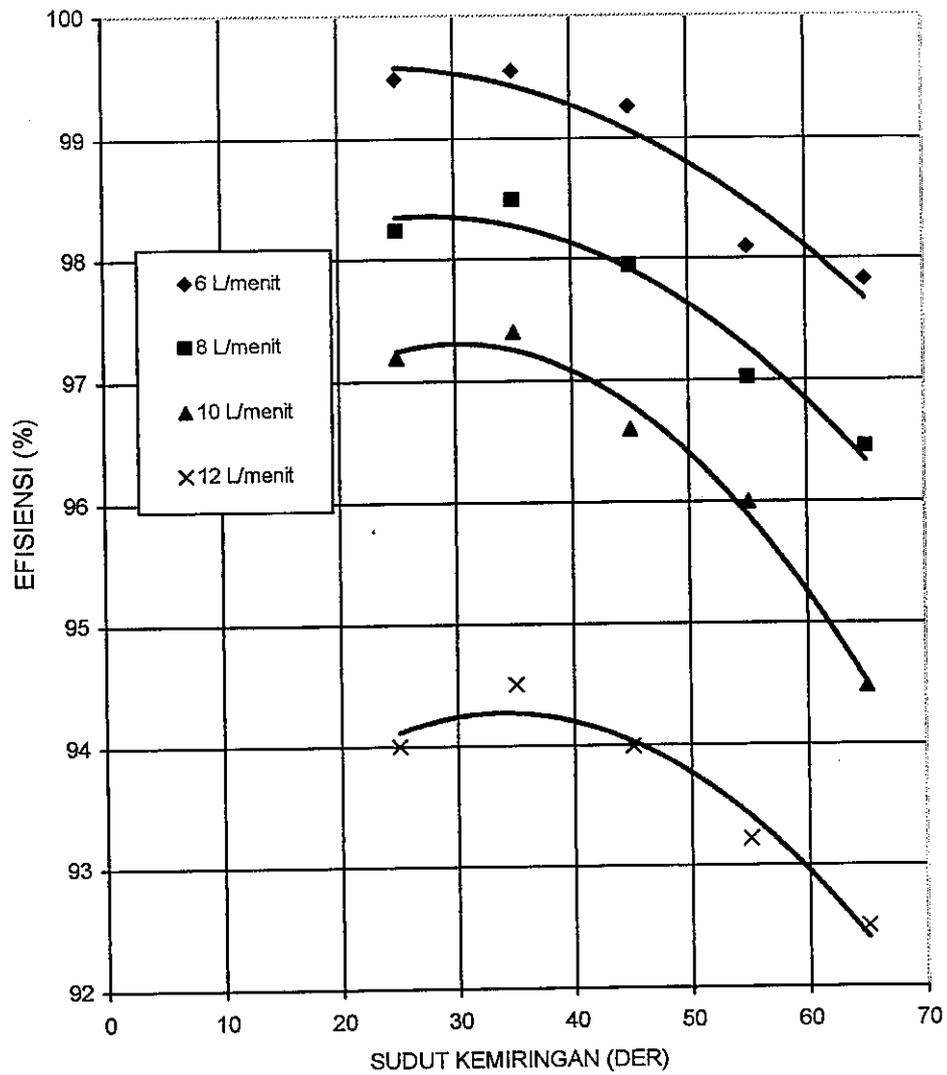
Dengan menggunakan formula 4.1 maka unjuk kerja Corrugated Plat dalam berbagai kemringan pelat Sel dan berbagai debit disajikan dalam tabel 4.3

Tabel 4.3

UNJUK KERJA CORRUGATED PLAT INTERCEPTOR  
DALAM BERBAGAI KEMIRINGAN PELAT SEL DAN BERBAGAI DEBIT

DEBIT (L/menit)	KONSENTRASI MINYAK PADA INLET (mg/L)	KEMIRINGAN PELAT SEL				
		25°	35°	45°	55°	65°
		KONSENTRASI MINYAK DLM OUTLET (mg/L) DAN UNJUK KERJA (%)				
6	1.320,40	6,7	6,0	9,7	25,1	28,6
		99,49	99,55	99,26	98,10	97,83
8	1.250,72	22	18,9	25,6	37,3	44,4
		98,24	98,49	97,95	97,02	96,45
10	1.248,20	30,1	26,9	35,4	49,9	68,9
		97,59	97,84	97,16	96	94,48
12	1.112,16	70,0	53,4	66,8	75,4	79,4
		93,7	95,2	93,99	93,22	92,9

Dengan melihat hasil / unjuk kerja Corrugated Plate Interceptor pada tabel 4.3 tersebut maka debit dan kemiringan sama-sama berpengaruh. Untuk memperjelas efisiensi yang terjadi tabel tersebut dapat digambarkan kurva efisiensi seperti terlihat pada grafik 4.3

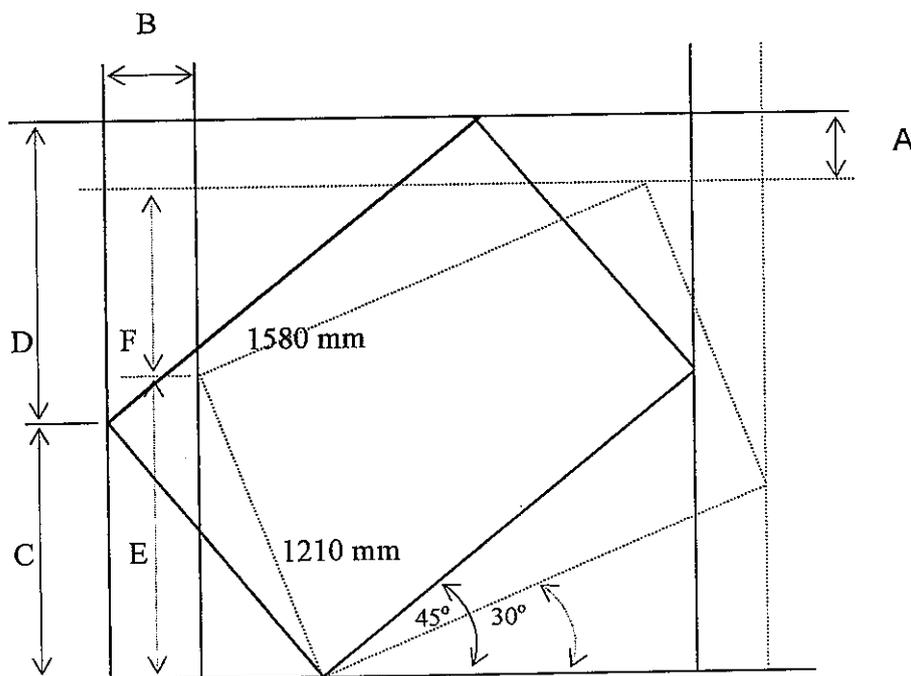


Grafik 4.3 Unjuk Kerja Corrugated Plate Interceptor dalam beberapa kemiringan pelat sel

Dengan melihat kurva 4.3 dapat terlihat lebih jelas bahwa efisiensi yang tertinggi pada debit debit 6 L/menit, karena debit tersebut adalah debit rancangan, sedangkan terhadap kemiringan plat sel yang paling optimum pada debit 6 L/menit sampai dengan 12 L/menit adalah pada kemiringan plat sel  $35^\circ$ .

#### 4.6 Perubahan Dimensi Corrugated Plat Interseptor

Sesuai dengan tujuan penelitian yang terakhir adalah untuk mendapatkan dimensi Corrugated Plat Interseptor yang lebih kecil maka dengan didapatkan sudut kemiringan pelat sel optimum sebesar  $35^\circ$ , maka pengecilan dimensi dapat dihitung secara matematis, namun dalam kenyataannya untuk membuat kemiringan  $35^\circ$  dalam fabrikasi sangat sulit, oleh karena kesulitan dalam pembuatan tersebut maka kemiringan plat sel ditetapkan  $30^\circ$ ; adapun hitungan pengecilan ukuran secara matematis adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1 : Perubahan Sudut Pemasangan Sel CPI.

$$\begin{aligned} \text{Panjang A} &= (C + D) - (E + F) \\ &= (\sin 45^\circ \cdot 1210 + \cos 45^\circ \cdot 1580) - (\sin 60^\circ \cdot 1210 + \cos 60^\circ \cdot 1580) \\ &= 134,34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang B} &= \cos 45^\circ \cdot 1210 - \cos 60^\circ \cdot 1210 \\ B &= 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dengan ukuran yang didapat dari perhitungan tersebut bila diaplikasikan kedalam gambar ternyata masih bisa memperkecil dimensi sebagai berikut :

- 1) Panjang semula 6750 mm, menjadi 5800 mm
- 2) Lebar semula 1940 mm, menjadi 1940 mm (tetap)
- 3) Tinggi semula 2905 mm, menjadi 2655 mm

Atau Volume semula  $38,04 \text{ m}^3$ , menjadi  $29,87 \text{ m}^3$  (berkurang menjadi  $= 8,17 \text{ m}^3$ )

Untuk perubahan ukuran setelah dipasang sel pada kemiringan  $30^\circ$  adalah sebesar :

$$V = \frac{38,04 - 29,87}{38,04} \times 100\% = 21,48 \%$$

Jadi volume berkurang menjadi  $100\% - 21,48\% = 78,52\%$

Gambar pemasangan sel dalam bak dapat dilihat pada lampiran 2.a s/d 2.f

Keuntungan lain apabila pelat sel dipasang pada kemiringan  $30^\circ$  maka luasan pelat secara efektif akan bertambah menjadi lebih besar, dengan tambahnya luasan efektif tersebut maka kapasitas Corrugated Plat Interceptor akan menjadi lebih besar pula, sehingga penambahan kapasitas tersebut dapat dihitung :

$$Q' = \frac{\cos 30^\circ - \cos 45^\circ}{\cos 45^\circ} \times 100\%$$

$$= \frac{0,866 - 0,707}{0,707} \times 100\%$$

$$= 22,47 \%$$

Jadi penambahan kapasitas dengan alat yang sama bila dipasang miring  $30^\circ$  kapasitasnya akan naik 22,47 %

#### 4.7. Model Regresi Yield

Model regresi untuk variabel proses dapat dibuat 2 (dua) model :

- Model untuk mencari kinerja CPI
- Model untuk mencari konsentrasi minyak pada outlet

##### a) Model untuk mencari unjuk kerja CPI

Dengan menggunakan hasil penelitian pada tabel 4.3 dibuat tabel *lon* seperti lampiran 3, hasil tabel *lon* tersebut diolah dengan Statistic Program Solving Solution (SPSS) pada lampiran 4.a s/d 4.c diperoleh persamaan :

$$Y = -0,0140 X_1 - 0,0241 X_2 + 0,243 X_3 + 2,959 \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

$$\ln Y = -0,0140 \ln Q - 0,0241 \ln S + 0,243 \ln Ci + 2,959 \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

$$Y = 19,28 Q^{-0,0140} S^{-0,0241} Ci^{0,243} \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

*Keterangan :*

$Y = \eta =$  unjuk kerja CPI (%)

$Q =$  debit (L/menit)

$Ci =$  konsentrasi minyak pada inlet (mg/L)

$S =$  sudut kemiringan plat sel (derajat)

**b) Model untuk mencari konsentrasi minyak dalam Outlet**

Dengan menggunakan tabel *lon* seperti lampiran 3, hasil tabel *lon* tersebut diolah dengan Statistic Program Solving Solution (SPSS) pada lampiran 5.a s/d 5.c maka didapatkan persamaan :

$$Y = 0,832 X_1 + 1,960 X_2 - 1,687 X_3 + 8,132 \quad \dots\dots\dots (4.5)$$

$$\ln Y = 8,132 + 0,832 \ln S + 1,960 \ln Q - 1,687 \ln Ci \quad \dots\dots\dots (4.6)$$

$$Y = 3401,60 S^{0,832} Q^{1,960} Ci^{-1,687} \quad \dots\dots\dots (4.7)$$

*Keterangan :*

$Y = Co$  = konsentrasi minyak dalam outlet CPI (mg/L)

$Q$  = debit (L/menit)

$Ci$  = konsentrasi minyak dalam inlet (mg/L)

$S$  = sudut kemiringan plat sel (derajat)

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah mempelajari dari pembahasan masalah, selanjutnya dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Kemiringan optimum pelat sel Corrugated Plat Interceptor (CPI) pada semua debit adalah  $35^\circ$ , namun karena sudut  $35^\circ$  bagi tukang dilapangan umumnya kesulitan dalam pengukuran, maka untuk lebih mudahnya dalam pembuatan dapat dipakai sudut kemiringan sel  $30^\circ$ .
- 2) Dengan merubah kemiringan pelat sel pada Corrugated Plat Interceptor dari  $45^\circ$  menjadi  $30^\circ$ , maka hasil pemisahan partikel minyak dengan air (kinerja) CPI akan lebih maksimal, karena dengan jumlah luas pelat yang sama luasan pelat efektif akan naik, sehingga kapasitas CPI akan naik sebesar 22,47 %.
- 3) Dengan membuat kemiringan pelat Sel pada Corrugated Plat Interceptor dari  $45^\circ$  menjadi  $30^\circ$ , maka dimensi (ukuran) total CPI akan menjadi lebih kecil sebesar :

Semula volumenya  $38,04 \text{ m}^3$ , menjadi  $29,87 \text{ m}^3$

Ukuran volume berkurang sebesar  $= 8,17 \text{ m}^3$ , atau  $= 21,48 \%$

Kapasitas tersebut dihitung dan berlaku untuk Corrugated Plat Interceptor dengan kapasitas operasi : 8.000 BPD.

## 5.2 Saran

Dengan telah diketahuinya kemiringan secara optimum yaitu sekitar  $30^\circ$ , maka disarankan :

- 1) Dalam rancang bangun Corrugated Plat Interceptor dimasa mendatang disarankan dapat menggunakan kemiringan pelat sel sebesar  $30^\circ$ , karena sudut  $30^\circ$  lebih familier bagi tukang.
- 2) Bila menghendaki konsentrasi minyak dalam effluent tidak lebih dari 20 mg/L, sebaiknya Corrugated Plat Interseptor dioperasikan sesuai dengan kapasitas desain atau dua tahap operasi.

## RINGKASAN

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Kilang Pusat Pendidikan dan Pelatihan (Pusdiklat) Migas Cepu dalam kegiatan pengolahan Minyak Bumi akan menghasilkan limbah cair. Limbah cair yang dikeluarkan oleh Kilang Pusdiklat Migas Cepu berjumlah maksimal 200 m<sup>3</sup>/jam, termasuk air hujan dan drain tangki.

Untuk menjaga kelestarian lingkungan, sebelum membuang limbah pengolahan minyak dari kilang ke perairan bebas (Bengawan Solo) Pusdiklat Migas Cepu terlebih dahulu melakukan pengolahan limbahnya, sehingga memenuhi baku mutu air buangan yang telah ditetapkan oleh Pemerintah.

Pengolahan limbah tersebut melalui beberapa tahapan :

- Tahap pertama, limbah yang terproduksi di Kilang diolah dengan alat pemisah limbah cair yang disebut dengan API separator (American Petroleum Institute)
- Tahap kedua, outlet dari API separator tersebut diolah lagi dengan CPI (Corrugated Plate Interceptor).

Pemisahan limbah minyak dari kedua peralatan tersebut pada dasarnya menggunakan sistim Gravitasi dengan beda berat jenis (Gravity beda density).

Corrugated Plate Interceptor yang digunakan untuk mengolah limbah minyak di kilang Pusdiklat Migas Cepu atau yang digunakan di industri migas saat ini menggunakan kemiringan cell 45°.

Untuk mendapatkan unjuk kerja dari peralatan tersebut menjadi lebih baik, maka kami akan mengembangkan dengan melakukan penelitian lebih lanjut, tentang pengaruh kemiringan plate terhadap kandungan minyak pada outlet (*effluent*) nya.

## 1.2 Rumusan masalah

Bila mengamati kondisi fisik Corrugated Plate Interceptor (CPI) yang ada dan sistim operasinya maka ada beberapa masalah yang perlu dilakukan penelitian antara lain :

- Kemiringan Plat sel yang terpasang pada CPI saat ini adalah  $45^\circ$  dirasa terlalu besar
- Hasil pemisahan minyak ikutan dalam air buangan (kinerja) CPI dirasa masih kurang maksimal
- Dimensi CPI secara keseluruhan (unit) masih terlalu besar sehingga memerlukan lahan yang relatif luas dan dengan besarnya dimensi tersebut maka pengoperasiannya menjadi kurang praktis

### 1.2.1 Tujuan Penelitian

- Tujuan penelitian yang utama adalah untuk mendapatkan kemiringan plat sel pada Corrugated Plate Interceptor secara optimum
- Mendapatkan kinerja Corrugated Plate Interceptor yang paling maksimal
- Untuk mendapatkan ukuran/dimensi plat sel yang seminimal mungkin, agar Corrugated Plate Interceptor secara keseluruhan mempunyai ukuran ruangan yang relatif kecil.

### 1.2.2 Manfaat Penelitian

- Meminimalkan kadar minyak yang terikut dalam air buangan (limbah) dari industri migas
- Mencegah terjadinya pencemaran lingkungan akibat buangan limbah industri Migas, sesuai dengan Kepmen LH. No. 09/MENLH/1997, Tahun 1997, Tentang Baku mutu limbah cair bagi kegiatan Migas.
- Menunjang program pemerintah dalam rangka program pembangunan berkelanjutan, karena meminimalkan ikutan sumber daya alam yang akan terbuang.

- Dengan dimensi yang lebih kecil akan memperoleh keuntungan antara ruangan yang diperlukan relative lebih sempit dan kemudahan operasional dilapangan.

### 1.2.3 Batasan Masalah

Karena luasnya permasalahan dalam penelitian, dan agar penelitian ini menjadi lebih fokus maka batasan penelitian hanya diperuntukkan :

- 1) Proses kerja pemisahan minyak dalam air limbah migas dengan Corrugated Plate Interceptor (CPI) berdasarkan adanya Gravitasi dengan beda berat jenis (air dengan minyak ikutan);
- 2) Cairan yang akan diolah/dipisahkan bukan berbentuk emulsi, sludge atau partikel lain yang bukan minyak;
- 3) Minyak yang dapat dipisahkan dengan CPI hanya minyak yang mempunyai diameter partikel > 30 mikron;
- 4) Sebagai variabel penelitian ini adalah Debit (liter/menit), Konsentrasi inlet (ppm) dan kemiringan Sel CPI (derajat).

## 2. TINJAUAN UMUM

Tumpahan, ceceran maupun ikutan minyak bumi kedalam air buangan industri migas dapat membahayakan lingkungan hidup organisme perairan. Pengaruh kontaminasi minyak terhadap komunitas organisme bervariasi dari kecil sekali (*negligible*) sampai kemusnahan (*catastrophic*). Hal tersebut disebabkan oleh tipe/jenis dan dosis minyak serta kondisi organisme perairan atau biotanya

Dengan penelitian ini diharapkan hasilnya dapat bermanfaat untuk mengurangi kadar minyak dalam air buangan, sehingga air limbah industri migas dapat memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan dan dapat meminimalkan kerusakan lingkungan, yang berarti ikut memberi andil dalam pembangunan berkelanjutan.

## 2.1 Alur Pikir

Karena Corrugated Plate Interceptor merupakan peralatan pengolah limbah dengan cara kerja yang paling sederhana, dan ekonomis (tidak memerlukan tambahan energi), karena proses kerjanya berdasarkan adanya **Gravitasi dengan beda berat jenis** (Gravity beda density), oleh karena itu maka perlu dikembangkan, dengan melakukan penelitian, agar tidak ketinggalan dalam percaturan global.

## 2.2 Kerangka Teori

Dalam penelitian yang akan dilakukan didapat dari formula benda jatuh bebas berdasarkan hukum Newton. Pada umumnya cara gravitasi digunakan sebagai langkah awal untuk menghilangkan minyak dalam suatu limbah air buangan dari sumur produksi minyak atau kilang minyak. Proses pemisahan minyak dengan air ikutannya ini adalah berdasarkan adanya **Gravitasi dengan beda berat jenis** (*Gravity beda density*)

Proses pemisahan pada CPI tidak dapat memecah emulsi, sehingga apabila limbah yang akan diolah berbentuk emulsi maka harus diolah dulu pada peralatan lain.

## 3. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah Ekperimental dan dilakukan dengan skala laboratorium (dengan menggunakan peralatan secara laboratorium), dirancang dengan menggunakan rumusan dan formula seperti pada kerangka teori dengan menggunakan Hukum Stokes.

Cell CPI yang digunakan untuk penelitian dibuat dari plat Gelombang yang dimensinya :

- Lebar plat : 40 cm
- Panjang plat : 75 cm
- Tinggi Gelombang : 1,8 cm

- Jarak Gelombang : 7,6 cm
- Jarak antara plat : 1,5 cm
- Jumlah plat : 10 lembar

### 3.1 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian mulai tanggal 27 Maret s/d 15 Mei 2003 dilakukan pada siang hari antara jam 07.00 – 16.00, bertempat di Laboratorium Pusdiklat Migas Cepu, adapun tahapan pelaksanaan penelitian meliputi : Tahap Persiapan dan Tahap Penelitian.

#### a) Persiapan Penelitian

Peralatan yang akan digunakan untuk melakukan penelitian harus dipersiapkan secara maksimum sehingga dalam pelaksanaan penelitian tidak mengalami kesulitan.

#### b) Tahap Penelitian

Setelah semua tahap persiapan dilakukan secara cermat maka dilaksanakan penelitian dengan mengoperasikan peralatan yang sudah dipersiapkan. Bila kondisi sudah steady state (seimbang) maka dilakukan pengambilan sample inlet maupun outlet pada valve sampling yang sudah tersedia sesuai dengan prosedur sampling 1(satu) sample inlet dan 3 (tiga) sample Outlet. Satu periode kemiringan plat dengan debit 6 L/menit telah selesai dan diteruskan dengan penyetelan kemiringan plat cell dan variasi debit sampai mencapai jumlah sampling yang ditetapkan.

Sample yang telah dihasilkan tersebut dilakukan analisis dengan menggunakan "*spectro photometer infra red*" dilaboratorium.

#### c) Sample

Dalam penelitian (eksperimen) akan dilakukan beberapa kali perubahan kemiringan (perlakuan) yaitu : 25°; 35°; 45°; 55° dan 65° setiap perubahan

kemiringan debitnya diubah-ubah (divariasi), pada saluran masuk (inlet) dan keluarannya (outlet) akan diambil sampelnya, kemudian dilakukan analisis kandungan minyaknya dengan menggunakan alat "*Spectro photometer Infra red*".

### 3.2 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data-data yang dihasilkan dari analisis laboratorium dilakukan pencatatan dalam format yang telah disiapkan, sampai jumlah sampling memenuhi persyaratan untuk dianalisis.

Adapun metode pengolahan data dilakukan secara "*Deskriptif*", berdasarkan data hasil penelitian yang telah diolah, ditabelkan, dibuat kurva dan persamaan. Hasil tersebut kemudian dibandingkan sehingga dapat menentukan optimumnya.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Bahan Penelitian

Sebagai bahan penelitian adalah Limbah cair buangan dari Kilang Pusdiklat Migas Cepu yang berupa Air dengan campurannya minyak ikutan, minyak ikutan tersebut lebih dominant pada jenis Crude Oil, sedangkan spesifikasi selengkapnya dari bahan tersebut adalah :

- Kadar minyak (*oil content*) = 1.112 s/d 1.320 mg/liter
- Specific gravity air ( $\rho_w$ ) = 1,005
- Specific gravity minyak ( $\rho_o$ ) = 0,8799
- Viscositas air = 1,18 cSt
- Suhu operasi = sesuai suhu di lapangan
- Debit masuk (Q) divariasi = 6 L/menit; 8 L/menit; 10 L/menit dan 12 L/menit
- Kemiringan plat cell (divariasi) = 25°; 35°; 45°; 55° dan 65°

## 4.2 Variabel Penelitian

Seperti telah disebutkan dalam batasan masalah bahwa variable penelitian yang dilakukan adalah : Debit cairan masuk (Q), Kemiringan Plat Cell dan Konsentrasi Minyak masuk. Dari ketiga hal tersebut akan mempengaruhi proses penelitian.

## 4.3 Hasil Penelitian

### 4.3.1 Pengaruh Debit Cairan Masuk

Debit cairan masuk (Q) dalam proses penelitian diubah-ubah sesuai dengan debit yang ditentukan, mulai dari 6 L/menit; 8 L/menit; 10 L/menit dan 12 L/menit. Dengan diubahnya debit masuk dan luas penampang aliran (A) tidak ada perubahan maka debit tersebut akan mempengaruhi Kecepatan aliran (Vl), karena kecepatan aliran semakin tinggi dan kecepatan pemisahan (Vs) tidak ada perubahan maka akan mempengaruhi proses pemisahan, sehingga jumlah minyak ikutan (konsentrasi) dalam effluent akan naik. Dengan demikian maka debit cairan masuk (Q) dijadikan sebagai variable bebas dalam penelitian dan setiap perubahan debit dilakukan pengambilan sample. Sample yang telah dihasilkan dari penelitian dilakukan analisis dengan menggunakan "*spectro photometer infra red*" dilaboratorium lingkungan Pusdiklat Migas Cepu, hasil pemeriksaan yang telah dirata-ratakan disajikan pada tabel 4.1

Tabel 4.1

**KONSENTRASI MINYAK RATA-RATA  
PADA INLET DAN OUTLET CPI**

DEBIT (Q) L/menit	KONSENTRASI MINYAK PADA INLET (mg/L)	KEMIRINGAN SEL				
		25°	35°	45°	55°	65°
		KONSENTRASI MINYAK DLM EFFLUENT (mg/L)				
6	1.320,40	6,7	6,0	9,7	25,1	28,6
8	1.250,72	22	18,9	25,6	37,3	44,4
10	1.248,20	30,1	26,9	35,4	49,9	68,9
12	1.112,16	70,0	53,4	66,8	75,4	79,4

Hasil penelitian yang telah diolah seperti disajikan pada tabel 4. ditampilkan dalam beberapa grafik yang dapat digunakan untuk mengetahui debit yang sesuai dengan konsentrasi yang dikehendaki dalam operasi, kemiringan pelat sel yang optimum dan unjuk kerja yang maksimal dari peralatan, serta besarnya penyimpangan yang terjadi.

Bila memperhatikan grafik 4.1, pada kurva 25° semua konsentrasi minyak kondisinya sudah berada diatas konsentrasi minyak dalam kemiringan 35°, dengan melihat kondisi tersebut jelas bahwa kemiringan 25° konsentrasi minyak dalam effluent sudah menunjukkan peningkatan, sehingga dapat dipastikan bahwa pada kemiringan 25° tersebut tidak optimum dan justru sudah melewati titik optimum, bila dikehendaki konsentrasi minyak dalam keluaran  $\leq 20$  mg/L maka debit operasi maksimum adalah 8 L/menit sehingga

Kenaikan konsentrasi minyak dalam effluent pada setiap perubahan debit pada kurva kemiringan 25° terlihat sangat mencolok, dengan kondisi tersebut menunjukkan bahwa debit masuk sangat berpengaruh terhadap konsentrasi effluent.

Dalam kurva kemiringan 35°, garis kurvanya berada dibawah kurva 25°, kondisi tersebut menunjukkan bahwa kemiringan pelat sel 35° adalah kemiringan optimum yang terjadi, walaupun semua konsentrasi minyak pada setiap perubahan debit menunjukkan kenaikan, sehingga debit masuk tetap berpengaruh pada konsentrasi minyak dalam effluent, bila dikehendaki konsentrasi minyak dalam keluaran tidak lebih dari 20 mg/L maka operasi Corrugated Plate Interceptor dapat dioperasikan sampai dengan 8,5 L/menit.

Kemiringan pelat sel 45° adalah merupakan kemiringan rancangan, bila melihat kurva yang terjadi pada kemiringan 45° tersebut pengaruh kenaikan debit terlihat lebih stabil, namun kenaikan konsentrasi minyak pada setiap perubahan debit juga menunjukkan perubahan yang tinggi, sehingga kenaikan debit masih tetap sangat mempengaruhi konsentrasi minyak pada effluent, dengan kemiringan plat sel 45o bila dikehendaki konsentrasi minyak dalam keluaran  $\leq 20$  mg/L maka operasi Corrugated Plate Interceptor yang bisa dicapai hanya debit 8 L/menit dan kapasitas/debit yang bisa dicapai masih lebih kecil dibanding dengan kemiringan plat sel 25°.

Pada kemiringan pelat sel 55° kenaikan konsentrasi minyak yang terjadi pada setiap perubahan debit terlihat lebih tinggi dibanding dengan kemiringan 45°, demikian juga kenaikan konsentrasi pada setiap perubahan debit, sehingga dapat dipastikan bahwa debit masuk sangat berpengaruh pada konsentrasi minyak dalam effluent. Untuk kemiringan plat sel pada Corrugated plate Interceptor sebesar 55° dengan debit 6 L/menit, konsentrasi minyak dalam keluarannya sudah tidak memenuhi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan, karena konsentrasi minyak yang bisa dicapai adalah 25,1 mg/L, dan bila dikehendaki operasi 6 L/menit atau lebih maka pengolahan limbah harus dilakukan dua tahap.

Pada kemiringan pelat sel 65° arah kurvanya menunjukkan lengkung terbalik (cembung) pada setiap perubahan debit, hal tersebut menunjukkan bahwa kemiringan pelat sel 65° kurang sesuai untuk debit 6 L/menit sampai dengan 12 L/menit dan bila

dikehendaki menggunakan kemiringan tersebut maka pengolahan limbah harus dilakukan dua tahap.

#### 4.3.2 Pengaruh Kemiringan Pelat Sel

Kemiringan Pelat Sel diubah-ubah sesuai dengan kemiringan yang ditentukan, adapun kemiringan ditetapkan mulai dari :  $25^\circ$ ;  $35^\circ$ ;  $45^\circ$ ;  $55^\circ$  sampai dengan  $65^\circ$ . Kemiringan Pelat Sel ditetapkan sebagai variable utama dalam penelitian, karena kemiringan pelat sel ini dapat mempengaruhi total luas pelat efektif untuk pengendapan / surface area (A), yaitu luasan untuk proses pemisahan partikel minyak dengan air, sehingga dengan diubah-ubahnya kemiringan pelat sel maka total luasan pelat efektif akan proses pemisahan akan mengalami perubahan sehingga konsentrasi minyak pada effluent akan berubah pula.

Dengan ditetapkannya kemiringan pelat sel sebagai variable utama ini diharapkan hasil penelitian ini mendapat kemiringan pelat secara optimum yang selanjutnya dapat memperkecil dimensi Corrugated Plat Interceptor secara keseluruhan menjadi lebih kecil dibanding dengan ukuran yang sudah diproduksi saat ini, karena dengan dimensi yang lebih kecil maka akan mendapatkan efisiensi yang lebih besar dan pengoperasian peralatan relatif lebih mudah.

Pada debit 6 L/menit kemiringan plat sel pada posisi  $25^\circ$  menunjukkan konsentrasi minyak dalam keluaran lebih tinggi dibanding dengan kemiringan kemiringan  $35^\circ$ , hal tersebut menunjukkan bahwa kemiringan sel Corrugated Plate Interceptor  $25^\circ$  tidak optimum. Untuk kemiringan yang lain pada sudut yang lebih besar kenaikan konsentrasi minyak dalam keluarannya semakin meningkat secara kuadratis, sehingga dapat ditentukan bahwa pada debit 6 L/menit optimumnya adalah pada kemiringan sel  $35^\circ$ . Perlu diketahui bahwa debit 6 L/menit adalah merupakan debit rancangan.

Pada debit 8 L/menit untuk kemiringan plat sel  $25^\circ$ , hasilnya pemisahan minyak yang terkandung dalam keluarannya adalah 22 mg/L, berarti sudah tidak

memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 20 mg/L, tetapi untuk kemiringan 35° hasilnya adalah 18,9 mg/L, masih berada dibawah baku mutu yang ditetapkan sehingga pada debit 8 L/menit dengan kemiringan plat sel 35° masih mungkin untuk dioperasikan, tetapi untuk kemiringan 45°, 55° dan 65° bila dikehendaki untuk dioperasikan pengolahan limbah harus dilakukan dua tahap atau diparalel, karena konsentrasi minyak dalam keluarannya > 25 mg/L.

Bila debit dinaikkan menjadi 10 L/menit konsentrasi minyak pada keluaran semakin naik pula, adapun konsentrasi minyak dalam keluarannya yang paling rendah adalah 26,9 mg/L, berada pada kemiringan plat sel 35°, dengan demikian untuk debit 10 L/menit optimumnya adalah pada kemiringan plat sel 35°.

Bila debit dinaikkan menjadi dua kali kapasitas rancangan atau 12 L/menit konsentrasi minyak pada outlet akan menjadi naik secara drastis bila dibanding dengan debit 10 L/menit, adapun konsentrasi minyak dalam keluarannya pada semua sudut kemiringan perubahannya sangat fluktuatif. Konsentrasi minyak dalam keluarannya yang paling kecil adalah 53,4 mg/L, pada posisi kemiringan sel 35°. Dengan demikian hasil pemisahan dari debit 12 L/menit pada kemiringan plat sel berapapun sudah tidak memenuhi syarat, karena sudah dua kali dari baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah.

#### **4.3.3 Pengaruh Konsentrasi Minyak masuk**

Konsentrasi minyak pada Inlet (masukan) akan mempengaruhi konsentrasi minyak pada keluaran (effluent), karena dengan semakin besar konsentrasi minyak pada inlet maka kecepatan pemisaha ( $V_s$ ) akan berubah sehingga memerlukan luasan pelat efektif sesuai dengan konsentrasi minyak pada inlet.

Untuk hal tersebut konsentrasi minyak pada inlet tidak akan diubah karena bila diubah akan menyulitkan penelitian dan tetap tidak dirubah seperti kondisi awal, walaupun sedikit ada penurunan sesuai dengan kondisi lapangan, sehingga konsentrasi minyak pada inlet dianggap sebagai variable tetap.

#### 4.4 Unjuk kerja Corrugated Plate Interceptor (CPI)

Unjuk kerja suatu peralatan adalah merupakan bukti kesesuaian hasil rancangan, oleh karena itu maka sangat penting untuk diketahui berapa besarnya efisiensi yang dicapai adapun formulanya adalah sebagai berikut :

$$\eta = \frac{C_i - C_o}{C_i} \times 100\%$$

dimana :  $\eta$  = unjuk kerja / efisiensi (%)  
 $C_i$  = konsentrai minyak pada inlet (mg/liter)  
 $C_o$  = konsentrasi minyak pada outlet (mg/liter)

#### UNJUK KERJA CORRUGATED PLATE INTERCEPTOR DALAM BERBAGAI KEMIRINGAN PLAT CELL DAN BERBAGAI DEBIT

DEBIT (L/menit)	KONSENTRASI MINYAK PADA INLET (mg/L)	KEMIRINGAN PLAT CELL				
		25°	35°	45°	55°	65°
		KONSENTRASI MINYAK DLM OUTLET (mg/L) DAN UNJUK KERJA (%)				
6	1.320,40	6,7	6,0	9,7	25,1	28,6
		99,49	99,55	99,26	98,10	97,83
8	1.250,72	22	18,9	25,6	37,3	44,4
		98,24	98,49	97,95	97,02	96,45
10	1.248,20	30,1	26,9	35,4	49,9	68,9
		97,59	97,84	97,16	96	94,48
12	1.112,16	70,0	53,4	66,8	75,4	79,4
		93,7	95,2	93,99	93,22	92,9

#### 4.5 Dimensi Corrugated Plate Interseptor secara keseluruhan

Sesuai dengan tujuan penelitian yang terakhir adalah untuk mendapatkan dimensi Corrugated Plate Interseptor yang lebih kecil maka dengan didapatkan sudut kemiringan plat cell optimum sebesar  $30^\circ$ , pengecilan dimensi dari gambar dapat diketahui :

- 1) Panjang semula 6750 mm, menjadi 5800 mm
- 2) Lebar semula 1940 mm, menjadi 1940 mm (tetap)
- 3) Tinggi semula 2905 mm, menjadi 2655 mm

Atau Volume semula  $38,04 \text{ m}^3$ , menjadi  $29,87 \text{ m}^3$  (berkurang menjadi  $= 8,17 \text{ m}^3$ )

Untuk perubahan ukuran setelah dipasang cell pada kemiringan  $30^\circ$  adalah sebesar :

$$V = \frac{38,04 - 29,87}{38,04} \times 100\% = 21,48 \%$$

Jadi volume berkurang menjadi  $100\% - 21,48\% = 78,52\%$

Keuntungan lain apabila plat cell dipasang pada kemiringan  $30^\circ$  maka luasan plat secara efektif akan bertambah menjadi lebih besar, sehingga penambahan kapasitas tersebut dapat dihitung :

$$Q' = \frac{\text{Cos}30^\circ - \text{Cos}45^\circ}{\text{Cos}45^\circ} \times 100\% = 22,47 \%$$

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Setelah mempelajari dari pembahasan masalah, selanjutnya dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Kemiringan optimum pelat sel Corrugated Plat Interseptor (CPI) pada semua debit adalah  $35^\circ$ , namun karena sudut  $35^\circ$  bagi tukang dilapangan umumnya

kesulitan dalam pengukuran, maka untuk lebih mudahnya dalam pembuatan dapat dipakai sudut kemiringan sel  $30^\circ$ .

- 2) Dengan merubah kemiringan pelat sel pada Corrugated Plat Interceptor dari  $45^\circ$  menjadi  $30^\circ$ , maka hasil pemisahan partikel minyak dengan air (kinerja) CPI akan lebih maksimal, karena dengan jumlah luas pelat yang sama luasan pelat efektif akan naik, sehingga kapasitas CPI akan naik sebesar 22,47 %.
- 3) Dengan membuat kemiringan pelat Sel pada Corrugated Plat Interceptor dari  $45^\circ$  menjadi  $30^\circ$ , maka dimensi (ukuran) total CPI akan menjadi lebih kecil sebesar :

Semula volumenya  $38,04 \text{ m}^3$ , menjadi  $29,87 \text{ m}^3$

Ukuran volume berkurang sebesar  $= 8,17 \text{ m}^3$ , atau  $= 21,48 \%$

Kapasitas tersebut dihitung dan berlaku untuk Corrugated Plat Interceptor dengan kapasitas operasi : 8.000 BPD.

## 5.2 Saran

Dengan telah diketahuinya kemiringan secara optimum yaitu sekitar  $30^\circ$ , maka disarankan :

- 1) Dalam rancang bangun Corrugated Plat Interceptor dimasa mendatang disarankan dapat menggunakan kemiringan pelat sel sebesar  $30^\circ$ , karena sudut  $30^\circ$  lebih familier bagi tukang.
- 2) Bila menghendaki konsentrasi minyak dalam effluent tidak lebih dari 20 mg/L, sebaiknya Corrugated Plat Interceptor dioperasikan sesuai dengan kapasitas desain atau dua tahap operasi.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Cheremisinoff Nicholas P., Filtration Equipment For Waste Water Treatment, Prentice Hall, New Jersey.
2. Degremont, Water Treatment Handbook, John Wiley & Sons, New York, 1979
3. Feir & Gordon Masluw, Water and Waste Water Treatment Engineer Vol.2, John Wiley & Sons, New York 1977.
4. Hak Paten, Departemen Kehakiman Republik Indonesia, Nomor: I DO 001 106, 14 Nopember 1996
5. Huisman L., Sedimentation and Floatation Mechanical Filtration, Delft University Of Technology, Herdruk 1977.
6. Kardjono SA., Pengolahan Air, Akademi Minyak Dan Gas Bumi, "AKAMIGAS" Cepu, 2000.
7. Kepmen LH, Nomor : Kep. 09/Men LH/4/1997, Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Migas dan Pabum, Jakarta, 1977
8. Mustakim, Gravity Separation, Pusat Pengembangan Tenaga Perminyakan dan Gas Bumi, Cepu, 1987.
9. Schroeder end Edward D., Water and Waste Water Treatment, Mc.Grow-Hill, New York, 1977.
10. Supriharyono, Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2002