

35224/H/09



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

RSKe  
628. Jg  
Mar  
8-1  
2009

TUGAS AKHIR - LL1327

## Pola Geometri Sebaran *Effluent* Akibat Pengaruh Arus dengan Perubahan Sudut Port pada *Buoyant Jet Outfall*

CHANDRA ELPUR MARTIN

NRP. 4304 100 015

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mukhtasor, M.Eng.

Muhammad Zikra, ST. M.Sc

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2009

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	18-2-2009
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	843





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - LL1327

**Geometric Pattern of Effluent Spreading : The  
Effects of Water Currents and Port Angles in  
Buoyant Jet Outfall**

CHANDRA ELPUR MARTIN

REG. 4304 100 015

Supervisors

Dr. Ir. Mukhtasor, M.Eng.

Muhammad Zikra, ST. M.Sc

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya 2009



**Pola Geometri Sebaran *Effluent* Akibat Pengaruh Arus dengan Perubahan  
Sudut Port pada *Buoyant Jet outfall***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Progran Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**CHANDRA ELPUR MARTIN**

NRP. 4304 100 015

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Mukhtasor, M.Eng. .... (Pembimbing 1)

2. Muhammad Zikra, ST. M.Sc. .... (Pembimbing 2)



SURABAYA, February 2009

# **Pola Geometri Sebaran *Effluent* Akibat Pengaruh Arus dengan Perubahan Sudut Port pada *Buoyant Jet outfall***

**Nama Mahasiswa** : Chandra Elpur Martin  
**NRP** : 4304 100 015  
**Jurusan** : Teknik Kelautan FTK – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Ir. Mukhtasor, M. Eng.  
Muhammad Zikra, ST. M.Sc

## **Abstrak**

*Ocean outfall* adalah suatu sistem teknologi rekayasa perpipaan bawah laut yang memfasilitasi pembuangan limbah dari terminal pembuangan di darat menuju titik pembuangan pada suatu sistem pembuangan limbah di laut. Faktor penting yang menentukan efektifitas suatu sistem *ocean outfall* ini adalah pola geometri sebaran limbah (*effluent*) tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari arus dan sudut port terhadap pola geometri sebaran *effluent* pada suatu sistem *ocean outfall* jenis *buoyant jet*. Metode percobaan yang digunakan adalah distribusi temperatur dengan cara mengalirkan *effluent* yang telah dipanaskan kedalam *ambient* (perairan) melalui suatu struktur hidraulika dan variasi perbandingan antara skala panjang momentum dan skala panjang *buoyancy* ( $lm/lb$ ) yang telah disesuaikan dengan perairan di Indonesia dan variasi sudut port sebanyak 3 buah, yaitu  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  dan  $90^\circ$ . Dari hasil percobaan dan analisa menunjukkan pola geometri sebaran *effluent* tersebut membentuk persamaan parabola. Disamping itu juga didapat hasil bahwa perubahan pola sebaran plume pada permukaan (*mixing zone*) yang cenderung semakin kecil dan jauh dari port pada setiap penambahan  $lm/lb$ , *Froude number* (ditunjukkan pada persamaan 4.11 dengan nilai  $lm/lb$  : 0,72), serta penambahan besarnya sudut port (ditunjukkan pada persamaan 4.7) pada pola geometri sebaran *effluent* dengan nilai  $lm/lb$  : 0,212 dan  $Fo$  : 5,855 pada sudut  $90^\circ$ .

**Kata kunci** : *ocean outfall*, *mixing zone*, *effluent*, arus



# **Geometric Pattern of Effluent Spreading : The Effects of Water Currents and Port Angles in Buoyant Jet Outfall**

**Name** : Chandra Elpur Martin  
**REG** : 4304 100 015  
**Department** : Ocean Engineering FTK – ITS  
**Supervisors** : Dr. Ir. Mukhtasor, M.Eng.  
Muhammad Zikra, ST. M.Sc

## **Abstract**

Ocean outfall is a technology system of under water piping engineering that facilitating waste exhaust from exhaust terminal onshore to waste exhaust point at sea. The important factor that determine the effectiveness of this ocean outfall system is the geometry pattern of effluent spread. This research intent on to find out the flow consequence and the port angle effect with geometry pattern of effluent spread in a ocean outfall system, buoyant jet tipe. The experiment method that used is temperature distribution in a way channeled the boiled effluent into the ambient water through a hydraulic system and comparison between length-scale momentum and length-scale buoyancy ( $lm/lb$ ) which has been apdapted with Indonesian waters and three variation of angle port,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ , and  $90^\circ$ . From the experiment result and the analysis indicate the geometry pattern of effluent spread make a parabola equation. Despitefully it also result that alteration of the plume spread pattern at the surface (mixing zone) prone to smaller and away from the port every increment of  $lm/lb$ , Froude Number (equation 4.11 with value of  $lm/lb$  0,72) and every increment of port angle value, it shown with this equation 4.7 in every geometry pattern of effluent spread, with value of  $lm/lb$  : 0,212 and  $Fo$  : 5,855.

**Keyword:** *ocean outfall, mixing zone, effluent, current*



## KATA PENGANTAR

Puji Syukur ke hadirat Bapa di Surga atas kasih karunia dan anugrahNya yang tidak pernah berkesudahan yang memberikan kekuatan dan pengharapan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhirnya yang berjudul “Pola Geometri Sebaran *Effluent* Akibat Pengaruh Arus dengan Perubahan Sudut *Port* pada *Buoyant Jet Outfall*”.

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Tugas Akhir ini mengkaji tentang adanya pengaruh kecepatan arus dan perubahan sudut port pada pola geometri sebaran *effluent* pada tipe *buoyant jet Outfall*.

Penulis mendapat banyak sekali manfaat, bimbingan serta fasilitas yang sangat mendukung hingga selesainya tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin pula menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapa di Surga yang telah memberikan kasih karunia dan AnugrahNya kepada penulis.
2. Kedua orang tuaku dan adik-adikku yang telah mendukungku baik secara moril maupun materiil.
3. Bapak Mukhtasor dan Bapak Zikra, selaku dosen pembimbing tugas akhir. Terima kasih atas segala saran dan bantuannya yang sangat bermanfaat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Wahyudi selaku Kepala Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut.
5. Bapak Murdjito, selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan.
6. Bapak Haryo, Bapak Arif, Bapak Musta'in, Bapak Sujantoko, selaku dosen penguji. Terima kasih atas masukan-masukan yang sangat berguna untuk menyempurnakan tugas akhir ini.
7. Mas Arif. Terima kasih atas waktu dan bantuannya.
8. Teman-teman TA (Tri, Yuniar, dan Galuh) serta angkatan 2004.
9. Seluruh dosen dan staf karyawan di Jurusan Teknik Kelautan. Terima kasih atas semua ilmu dan jasa yang diberikan kepada penulis.



10. Semua pihak yang telah membantu terselesainya tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik sangat penulis harapkan sebagai bahan penyempurnaan laporan selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang lingkungan kelautan, bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya. Akhir kata, atas perhatiannya penulis mengucapkan terimakasih. Tuhan Memberkati.

Surabaya, February 2009

Chandra Elpur Martin



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

DAFTAR NOTASI

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4

### **BAB 2 DASAR TEORI**

2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Ocean Outfall	8
2.3 Jet dan Plume	10
2.4 Buoyant Jet	11
2.5 Aliran Pada Zona Near Field dan Far Field	13
2.6 Pola Sebaran Plume	14
2.7 Pengaruh Arus pada Initial Dilution dan Pola Geometri Plume	16
2.8 Persamaan Parabola	17

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Prosedur Umum	19
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.3 Metode Percobaan	23
3.4. Kalibrasi Thermokopel	29

3.5 Kalibrasi Currentmeter	31
----------------------------	----

#### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Parameter Percobaan	33
4.2 Stabilitas Plume	35
4.3 Analisa Pengaruh Perubahan Sudut Port Terhadap Pola Geometri Sebaran Effluent	39
4.4 Analisa Pengaruh Kecepatan Arus Terhadap Pola Geometri Sebaran Effluent	48

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Desain <i>ocean outfall</i> yang digunakan di Massachusetts bay	7
Gambar 2.2 Desain <i>ocean outfall</i> dari darat menuju laut	9
Gambar 2.3 Pola sebaran <i>plume</i> di permukaan dengan nilai <i>Froude numbers</i> yang berbeda pada kondisi <i>buoyant jet</i> (a) $F = 0,1$ , (b) $F = 1,3$ , (c) $F = 12$ , (d) $F = 120$ . (Fischer, 1979)	15
Gambar 2.4 <i>Buoyant jet</i> tunggal pada kondisi arus silang dan <i>uniform</i>	16
Gambar 2.5 <i>Buoyant jet</i> tunggal pada kondisi arus silang dan <i>nonuniform</i>	17
Gambar 2.6 Geometris parabola	17
Gambar 2.7 Jenis-jenis persamaan baku parabola	18
Gambar 3.1 Diagram alir percobaan pola geometri sebaran <i>effluent</i>	20
Gambar 3.2 Set alat percobaan <i>outfall</i>	22
Gambar 3.3 <i>Flume tank</i>	23
Gambar 3.4 Jendela observasi	24
Gambar 3.5 <i>Current generator control program</i>	25
Gambar 3.6 <i>Reservoir</i>	26
Gambar 3.7 <i>Nozzle</i>	26
Gambar 3.8 <i>Larutan effluent</i>	27
Gambar 3.9 Kompur	27
Gambar 3.10 Lampu Halogen	27
Gambar 3.11 <i>Heater</i>	28
Gambar 3.12 Termokopel	28
Gambar 3.13 Kurva Kalibrasi Termokopel (Sensor 1)	30
Gambar 3.14 Kurva Kalibrasi Termokopel (Sensor 2)	30
Gambar 3.15 Kurva Kalibrasi Currentmeter	31
Gambar 4.1 Skema Percobaan Lee and Cheung (lee and cheung, 1991)	33
Gambar 4.2 Sebaran <i>Effluent</i> Tampak Samping pada Sudut Port $0^\circ$ dengan $lm/lb$ 0,212 dan $Fo$ 2,927	37
Gambar 4.3 Sebaran <i>Effluent</i> Tampak Samping pada Sudut Port $0^\circ$ dengan $lm/lb$ 0,520 dan $Fo$ 4,39	38
Gambar 4.4 Sebaran <i>Effluent</i> Tampak Samping pada Sudut Port $0^\circ$ Terhadap Arah Arus dengan $lm/lb$ 0,349 dan $Fo$ 2,927	40

Gambar 4.5 Pola Tampak Samping pada Sudut Port $0^\circ$ Terhadap Arah Arus dengan $lm/lb$ 0,349 dan $Fo$ 2,927	40
Gambar 4.6 Pola Tampak Samping pada Sudut Port $45^\circ$ Terhadap Arah Arus dengan $lm/lb$ 0,349 dan $Fo$ 2,927	41
Gambar 4.7 Pola Tampak Samping pada Sudut Port $90^\circ$ Terhadap Arah Arus dengan $lm/lb$ 0,349 dan $Fo$ 2,927	42
Gambar 4.8 Tampak Samping pada $lm/lb$ 0,349 dan $Fo$ 2,927 dengan Variasi Sudut Terhadap Arah Arus	42
Gambar 4.9 Pola Sebaran <i>Effluent</i> Tampak Atas pada Sudut Port $0^\circ$ Terhadap Arah Arus dengan $lm/lb$ 0,349 dan $Fo$ 2,927	44
Gambar 4.10 Pola Geometri Sebaran <i>Effluent</i> Tampak Atas pada Sudut Port $0^\circ$ Terhadap Arah Arus dengan $lm/lb$ 0,349 dan $Fo$ 2,927	45
Gambar 4.11 Pola Geometri Sebaran <i>Effluent</i> Tampak Atas pada Sudut Port $45^\circ$ Terhadap Arah Arus dengan $lm/lb$ 0,349 dan $Fo$ 2,927	46
Gambar 4.12 Pola Geometri Sebaran <i>Effluent</i> Tampak Atas pada Sudut Port $90^\circ$ Terhadap Arah Arus dengan $lm/lb$ 0,349 dan $Fo$ 2,927	47
Gambar 4.13 Pola Geometri Sebaran <i>Effluent</i> Tampak Atas dengan $lm/lb$ 0,349 dan $Fo$ 2,927 pada Perubahan Sudut Port Terhadap Arah Arus	47
Gambar 4.13 Pola Geometri Sebaran <i>Effluent</i> Tampak Atas dengan $lm/lb$ 0,349 dan $Fo$ 2,927 pada Perubahan Sudut Port Terhadap Arah Arus	50
Gambar 4.14 Pola Tampak Samping pada $Fo$ 2.927 dan Sudut Port $0^\circ$ Terhadap Arah Arus dengan Variasi $lm/lb$	50
Gambar 4.15 Pola Tampak Samping pada $lm/lb$ : 0.349 dan sudut port $90^\circ$ Terhadap Arah Arus dengan Variasi $Fo$	51
Gambar 4.16 Pola Tampak Samping pada $Fo$ 2.927 dan sudut $0^\circ$ Terhadap Arah Arus dengan Variasi $lm/lb$	52
Gambar 4.17 Pola Tampak Atas pada $lm/lb$ : 0.349 dan sudut $90^\circ$ Terhadap Arah Arus dengan Variasi $Fo$	54



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Proses dan skala pendekatan untuk <i>ocean outfall</i> (Roberts, 1996)	14
Tabel 4.1 Data Dimensi Percobaan yang Digunakan	34
Tabel 4.2 Data Parameter Skala panjang	34
Tabel 4.3 Perhitungan Data Parameter Skala Panjang pada Kecepatan 10 cm/s	35
Tabel 4.4 Perhitungan Data Parameter Skala Panjang pada Kecepatan 15 cm/s	35
Tabel 4.5 Perhitungan Data Parameter Skala Panjang pada Kecepatan 20 cm/s	36
Tabel 4.6 Kordinat Titik di Sumbu X dan Sumbu Z pada Pola Tampak Samping Sudut Port 0° Terhadap Arah Arus dengan $lm/lb$ 0,349 dan $Fo$ 2,927	41
Tabel 4.7 Kordinat Titik di Sumbu X dan Sumbu Z pada Pola Tampak Atas Sudut Port 0° Terhadap Arah Arus dengan $lm/lb$ 0,349 dan $Fo$ 2,927	45
Tabel 4.8 Persamaan Parabola pada Sudut Port 0° Terhadap Arah Arus dengan Variasi $lm/lb$ dan <i>Froude number</i>	55
Tabel 4.9 Persamaan Parabola pada Sudut Port 45° Terhadap Arah Arus dengan Variasi $lm/lb$ dan <i>Froude number</i>	55
Tabel 4.10 Persamaan Parabola pada Sudut Port 90° Terhadap Arah Arus dengan Variasi $lm/lb$ dan <i>Froude number</i>	56

## DAFTAR NOTASI

$Y$	=	Jarak vertikal dari <i>port</i> ke permukaan bebas
$D$	=	Diameter <i>port</i>
$U_0$	=	Kecepatan aliran jet
$\rho$	=	Massa jenis larutan <i>effluent</i>
$\rho_a$	=	Massa jenis air penerima
$g$	=	Percepatan gravitasi
$S$	=	<i>Initial dillution</i>
$M$	=	Momentum
$B$	=	Buoyancy
$Q$	=	Volume flux
$\theta$	=	Sudut pipa dengan arah horizontal arus
$A$	=	Luasan mulut pipa





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Sebagai salah satu negara maritim di dunia, Indonesia memiliki sumber daya alam yang tidak terbatas. Sumber daya alam tersebut diantaranya yaitu sumber daya alam terbarukan (meliputi hasil laut dan kekayaan alam yang ada di dalamnya) dan sumber daya alam yang tak terbarukan (meliputi barang tambang, baik yang ada di pantai ataupun di lepas pantai), yang keduanya merupakan modal dasar pembangunan guna mewujudkan Indonesia yang adil dan makmur. Didalam pengelolaan sumber daya alam tersebut diperlukan adanya pembangunan kelautan yang berkelanjutan dengan memperhatikan ketersediaan sumber daya alam, teknologi berbasis lingkungan hidup dan aspek kelestarian lingkungan hidup yang ada didalamnya, sehingga sumber daya alam tersebut dapat dipergunakan secara terus menerus tanpa mencemari dan merusak lingkungan hidup.

Perkembangan teknologi kelautan dan teknologi bangunan lepas pantai sudah semakin maju. Hal tersebut membawa pengaruh positif terhadap industri maritim dan bangunan lepas pantai yang ada di Indonesia. Beragamnya jenis transportasi laut dengan berbagai fungsi yang syarat dengan teknologi modern merupakan dampak positif terhadap perkembangan dunia teknologi maritim. Namun hal tersebut juga membawa dampak negatif terhadap lingkungan yang ada di sekitarnya. Pembuangan limbah sisa produksi minyak bumi yang tidak mengacu pada standart baku mutu limbah menyebabkan lingkungan hidup yang ada disekitarnya mengalami kerusakan. Begitu juga dengan pembuangan limbah akibat dari adanya perawatan kapal yang dilakukan oleh pihak pelabuhan terhadap kapal-kapal yang melakukan perawatan. Oleh karena itu, tidak sedikit para peneliti dan pemerhati lingkungan hidup yang memikirkan dan merencanakan suatu sistem pembuangan limbah di laut yang aman dan sesuai dengan standart baku mutu limbah yang berlaku.

Ada banyak sistem pengolahan dan pembuangan limbah saat ini. Diantaranya yaitu pembuangan limbah dengan *infiltrasi* tanah, teknologi *on-land waste water treatment* dan *ocean outfall*. *Ocean outfall* adalah pipa bawah laut yang membawa limbah buangan cair dari darat ke laut (Bishop, 1983). *Ocean outfall* sebagai salah satu sistem pembuangan limbah yang mempunyai tujuan untuk mengurangi kerusakan lingkungan yang terjadi akibat pembuangan limbah dengan cara melarutkan limbah dengan cepat, sehingga lingkungan yang berada di daerah sekitar pembuangan limbah tidak mengalami kerusakan akibat reaksi kimia bahaya yang terjadi pada limbah tersebut. Pada umumnya limbah yang dilarutkan oleh sistem *ocean outfall* ini merupakan limbah non-konservatif, artinya bahwa limbah tersebut tidak mudah terurai dan tidak mudah berubah bentuknya dalam waktu cepat di dalam suatu perairan. Limbah non-konservatif tersebut contohnya adalah limbah bakteri, limbah bahan-bahan organik dan limbah cairan panas.

Dalam membuat suatu desain *ocean outfall* di suatu daerah, tentunya banyak faktor yang perlu dipertimbangkan. Faktor keragaman *bathimetry* dan topografi antara satu tempat dengan tempat yang lainnya adalah salah satu penyebabnya. Faktor-faktor lain yang perlu dipertimbangkan dalam pendesainan suatu *ocean outfall* diantaranya adalah kedalaman laut, kondisi *bathimetry* dan topografi, konstruksi jumlah port, turbulensi, kondisi gelombang, proses *initial dilution*, kecepatan arus laut dan pola geometri persebaran *effluent*. Kecepatan arus laut dan pola geometri persebaran *effluent* merupakan beberapa faktor yang sangat signifikan dalam perancangan sistem *ocean outfall*.

Adanya teori dan percobaan yang telah dilakukan terhadap masalah *ocean outfall* yang membahas tentang keoptimuman pola geometri suatu effluent terhadap arus menyebabkan semakin berkembangnya teknologi *ocean outfall*. Namun hal tersebut belum mendapatkan hasil yang sistematis dan maksimal. Suatu penyelidikan awal yang dilakukan oleh Wright (1977) menjelaskan mengenai pengaruh aliran ambien *cross flow* dan stratifikasi densitas pada karakteristik dasar dari turbulensi di sekitar buoyant jets. Kemudian percobaan berikutnya dilakukanlah penyelidikan tentang model penyebaran perilaku



*effluent* yang menjelaskan bagaimana model suatu proses pencampuran air panas discharge pada sebuah *submerged multiport diffuser*, penyelidikan ini dilakukan oleh Kim dan Seo (2001).

Hal yang sama juga dilakukan oleh Pribadi (2005), dalam tugas akhirnya menganalisa pemodelan suatu dilusi *outfall* pada aliran arus lemah menggunakan transducer temperatur. Hasil yang didapat dari konfigurasi *outfall* menggunakan variasi sudut port yang berbeda pada arus searah (*co-flow*), di dapatkan bahwa dengan sudut  $60^\circ$  menghasilkan initial dilution paling besar. Sehingga dapat dianalogikan memiliki pola geometri yang optimum.

Percobaan kali ini mencoba memodelkan secara fisik suatu pola geometri dari aliran *effluent* akibat pengaruh arus dengan perubahan sudut port pada sistem *ocean outfall*. Dengan adanya percobaan tersebut diharapkan didapat suatu pola geometri yang optimum pada aliran *effluent* akibat pengaruh arus dengan perubahan sudut port dalam suatu sistem *ocean outfall*, sehingga tidak membahayakan lingkungan sekitar.

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana pola geometri sebaran *effluent* akibat pengaruh arus pada suatu *outfall* jenis *buoyant jet*?
2. Bagaimana pola geometri sebaran *effluent* akibat adanya perubahan sudut *port* pada suatu *outfall* jenis *buoyant jet*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Dari perumusan masalah diatas, dapat diambil suatu tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu :

1. Mengetahui pengaruh arus terhadap pola geometri sebaran *effluent* pada suatu *outfall* jenis *buoyant jet*.
2. Mengetahui pengaruh perubahan sudut *port* terhadap pola geometri sebaran *effluent* dari suatu *effluent* yang dibuang ke perairan melalui *ocean outfall* jenis *buoyant jet*.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Dengan mengetahui suatu pola geometri sebaran *effluent* yang dihasilkan dari sistem *outfall* akibat pengaruh arus dan adanya perubahan sudut *port*, maka dapat diketahui bagaimana perancangan yang tepat dalam merencanakan sistem pembuangan limbah (*ocean outfall*).

#### **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Batasan masalah dari penulisan tugas akhir ini antara lain :

1. Permodelan pola geometri sebaran *effluent* hanya dipengaruhi oleh arus, dan tidak dipengaruhi oleh besarnya gelombang atau angin.
2. Kecepatan arus sama (uniform), baik di permukaan ataupun di dasar.
3. Perubahan zat warna terhadap perubahan masa jenis *effluent* diabaikan.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini dimulai dengan pendahuluan pada bab satu yang menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan tugas akhir ini, manfaat yang diperoleh, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan laporan.

Dasar teori dan tinjauan pustaka yang menjadi sumber referensi dalam tugas akhir ini dijelaskan pada bab dua. Secara rinci bab ini berisikan tinjauan pustaka yang menjadi acuan dari penelitian tugas akhir, dasar-dasar teori dan rumus-rumus yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini dicantumkan dalam bab ini.

Bab tiga pada penulisan laporan tugas akhir ini menerangkan tentang metodologi penelitian yang digunakan untuk mengerjakan tugas akhir. Penjelasan mengenai cara kerja dan cara mendapatkan serta mengolah data percobaan juga dicantumkan dalam bab ini.

Seluruh hasil analisa penelitian pada tugas akhir ini akan dibahas dan diterangkan pada bab empat. Bab ini akan membahas pengolahan data hasil dari percobaan pemodelan *outfall* hingga menghasilkan kesimpulan yang



menjadi tujuan dari tugas akhir. Dimana kesimpulan beserta saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut dari tugas akhir akan diterangkan pada bab lima.

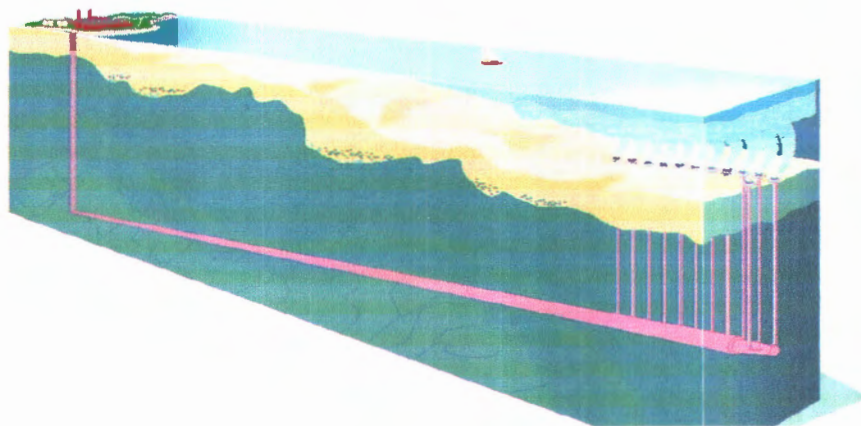
## BAB 2

### DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Sistem pembuangan limbah hasil produksi suatu pruduk industri atau limbah rumah tangga sudah banyak berkembang. Sistem pembuangan limbah tersebut diantaranya adalah pembuangan limbah dengan irigasi, pembuangan limbah dengan *infiltrasi* tanah, teknologi *on-land waste water treatment* dan pembuangan limbah sistem *ocean outfall*.

Teknologi *ocean outfall* memanfaatkan fasilitas rekayasa perpipaan bawah laut untuk mengalirkan limbah ke laut. Sehingga ketika limbah tersebut dilepaskan di laut, maka limbah tersebut akan terurai secara alami baik itu oleh arus ataupun oleh gelombang. Teknologi ini sebagai salah satu cara yang efektif dan ekonomis dalam pengolahan limbah buangan. Menurut Mukhtasor (2001), teknologi *ocean outfall* dapat menekan biaya pembangunan dan biaya operasi hingga 30% dibanding dengan teknologi *on-land Waste Water Treatment*. Begitu juga halnya pada aspek lingkungan, Teknologi *ocean outfall* mempunyai keunggulan karena dapat memanfaatkan faktor alami di laut dengan cara menyebarkan limbah cair yang bertujuan untuk menurunkan kandungan limbah sehingga kualitas lingkungan pantai dapat terjaga.



Gambar 2.1 Desain *ocean outfall* yang digunakan di Massachusetts bay



Penyebaran limbah cair yang keluar dari suatu sistem *ocean outfall* ke perairan laut diduga analog dengan keluarnya asap dari suatu cerobong pabrik (Wright, 1977). Penyebaran limbah cair dapat dikatakan baik jika mempunyai pola penyebaran *effluent* yang cepat menyebar, sehingga konsentrasi *effluent* tidak terkumpul dalam satu wilayah. Pola penyebaran *effluent* berbeda-beda tiap sistem *ocean outfall*, hal ini dipengaruhi oleh kedalaman permukaan, besarnya gelombang yang terjadi dan geometri *diffuser* yang dipakai. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk membuat suatu konstruksi *ocean outfall* yang baik.

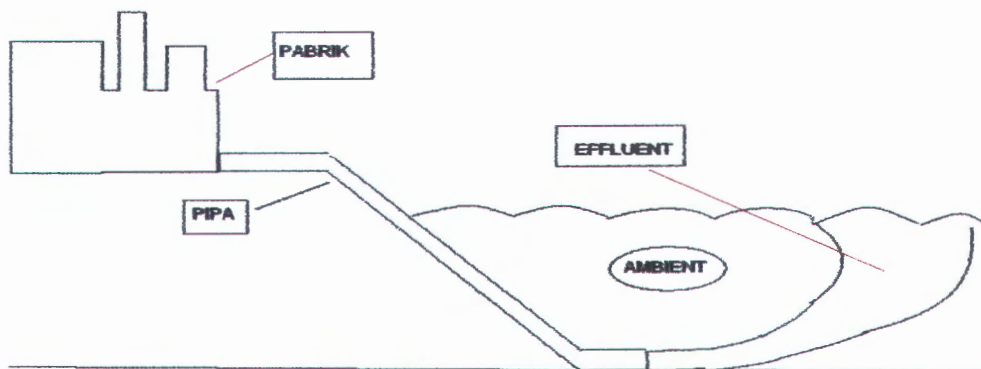
Mukhtasor (2002), dalam penelitiannya dilakukan pendekatan baru mengenai permodelan *initial dilution* pada daerah *buoyancy-dominated jet*, baik pada zona BDNF (*Buoyancy Dominated Near Field*) maupun BDF (*Buoyancy Dominated Far Field*). Sedangkan Londong (2008), dalam tugas akhirnya menganalisa bagaimana pengaruh kedalaman suatu *ocean outfall* terhadap *initial dilution* dan pola penyebaran *plume* permukaan di lingkungan laut bergelombang. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut, bahwa pola sebaran *plume* pada tiap-tiap kedalaman penempatan port mempunyai pola yang berbeda-beda yang membentuk sebuah persamaan kuadrat dalam  $y$ . Hasil berikutnya didapat bahwa pola sebaran *plume* terbesar adalah *plume* permukaan untuk  $h = 70$  cm.

Pada kondisi sebenarnya, perilaku pola geometri *plume* dari suatu *effluent* tidak hanya dipengaruhi oleh gelombang saja. Arus yang terjadi pada suatu perairan yang di instalasi suatu *ocean outfall* memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap pola geometri *plume* suatu *effluent*. Oleh karena itu penelitian selanjutnya sangat diperlukan guna menghasilkan pola geometri *plume* suatu *effluent* yang baik akibat pengaruh arus, sehingga sistem *ocean outfall* dapat mempunyai kinerja yang efisien dan maksimal.

## 2.2 Ocean Outfall

*Ocean outfall* adalah salah satu sistem pembuangan limbah cair yang memanfaatkan fasilitas teknologi rekayasa pipa dasar laut dari darat menuju

laut untuk dibuang melalui *diffuser*, sehingga limbah cair tersebut akan terlarut oleh gaya *initial momentum flux* dan *buoyancy flux* di laut.



Gambar 2.2 Desain *ocean outfall* dari darat menuju laut.

Dari segi perancangan, struktur *Outfall* dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Berdasarkan konstruksi : perpipaan (*tailing*) dan tunnel.
2. Berdasarkan jumlah port : *single port discharge* dan *multi port discharge*.

Sedangkan metode dari sebuah teknologi rekayasa pipa dasar laut dalam mengalirkan limbah cair dari darat menuju laut ada tiga buah. Hal tersebut telah dikemukakan oleh Mukhtasor (2007), diantaranya adalah :

1. *Outfall* dengan satu pipa (*single submerged pipe outfall*).
2. *Outfall* dengan pipa lebih dari satu (*multiport submerged diffuser outfall*).
3. *surface discharge*.

Didalam penggunaannya, ketiga cara tersebut bergantung pada faktor alam yang ada. Faktor-faktor alam yang mempengaruhi konstruksi *outfall* diatas adalah kedalaman, kecepatan arus, kondisi gelombang, difusi molekul dan turbulensi serta energi matahari di lapisan atas air laut yang berfungsi dalam proses reaksi biokimia. Tujuan dari teknologi *ocean outfall* sebenarnya adalah agar limbah cair (*effluent*) dapat larut secara alami oleh faktor alam yang ada dengan luas daerah pencemaran yang tidak terlalu melebar sehingga masih dalam batas baku mutu air laut yang telah ditetapkan.



### 2.3 Jet dan Plume

*Pure jet* atau yang sering disebut juga sebagai *non buoyant jet* merupakan suatu *discharge* pada sistem *ocean outfall* dimana momentum flux saja yang menyebabkan suatu *effluent* mengalami pencampuran turbulensi. Turbulensi yang dihasilkan oleh momentum flux ditandai dengan meningkatnya skala panjang gerak fluida dan *entrainment* dari lingkungan sekitarnya. Bagian terpenting dari jet adalah momentum fluks yang besarnya konstan sebanding dengan pertambahan skala gerak turbulen dengan jaraknya terhadap sumber (Chu, 1996). Pada turbulensi di sekitar *buoyant-jet discharge* pada aliran air dengan densitas yang sama, *momentum flux* secara fisik dapat dirumuskan sebagai berikut (Mukhtasor, 2002) :

$$M = u_o \cdot Q \quad (2.1)$$

Dengan keterangan sebagai berikut :

M = momentum flux ( $m^4/s^2$ )

$u_o$  = kecepatan effluent (m/s)

Q = debit air ( $m^3/s$ )

Karena jet merupakan suatu bentuk yang lebih dipengaruhi oleh momentum flux dari pada *buoyancy flux* itu sendiri, maka karakteristik jet ditandai dengan skala panjang berupa  $L_M$  dengan persamaan (2.1).

Sedangkan *plume* merupakan suatu *discharge* pada suatu sistem *ocean outfall* dimana *buoyancy flux* saja yang menyebabkan suatu *effluent* mengalami pencampuran turbulensi. Gerakan *plume* yang terjadi didominasi oleh *buoyancy*. *Buoyancy* tersebut dapat ditunjukkan dalam persamaan (2.4) berikut ini :

$$B = Q \cdot g' \quad (2.2)$$

dengan keterangan sebagai berikut :

Q = debit *effluent* yang dikeluarkan ( $m^3/s$ )

B = *buoyancy flux* ( $m^4/s^3$ )

$g'$  = percepatan gravitasi yang tereduksi ( $m/s^2$ )

*Buoyancy* itu sendiri dapat dihasilkan oleh *discharge* fluida *effluent* ( $\rho_0$ ) yang lebih rendah densitasnya dibanding reservoir penerima ( $\rho_a$ ) yang densitasnya lebih besar. Hal tersebut dapat dibuat suatu persamaan sebagai berikut :

$$g' = \frac{g(\rho_a - \rho_0)}{\rho_a} \quad (2.3)$$

dengan keterangan sebagai berikut :

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$\rho_a$  = densitas ambient ( $kg/m^3$ )

$\rho_0$  = densitas effluent ( $kg/m^3$ )



*Plume* merupakan suatu bentuk yang lebih dipengaruhi oleh *buoyancy flux* dari pada momentum flux itu sendiri, maka karakteristik *plume* ditandai dengan skala panjang berupa  $L_Q$  dengan persamaan (2.2). Apabila kedalaman atau elevasi ( $z$ ) sangat kecil dibandingkan dengan ( $l_Q$ ) maka perilaku dari *plume* sulit untuk diprediksikan. Sedangkan untuk kedalaman ( $z$ ) lebih besar dari ( $l_Q$ ) maka geometri dari jet tidak diperhitungkan dan perilaku dari aliran dibentuk oleh  $M$  dan  $B$ . Jika kedalaman ( $z$ ) lebih besar dari ( $l_M$ ) maka *buoyancy* menjadi lebih efektif dan membentuk suatu alirannya membentuk suatu *plume*. Jadi pada dasarnya *pure plume* dapat dianalisa dengan mudah dibandingkan dengan *pure jet*, hal ini disebabkan karena tidak adanya kecepatan awal pada *pure plume*, dan bentuk *pure plume* seperti asap dari sebuah cerobong asap pabrik.

#### 2.4 Buoyant Jet

*Buoyant jet* adalah suatu keadaan pencampuran antara dua fluida dimana momentum dan *buoyancy* berpengaruh terhadap suatu sistem *ocean outfall*. Karakteristik atau perilaku yang dimiliki oleh *buoyant jet*, bergantung pada volume awal dan *momentum fluxes*. Sedangkan pada *plume* bergantung pada *buoyancy fluxes* awal. Fenomena selanjutnya adalah ketika *buoyant jet* mengalir dan berada pada jarak yang cukup panjang maka sebuah *buoyant jet*



akan terpengaruh oleh karakter *plume* yang kemudian akan berubah menjadi sebuah *plume*.

Parameter dari *discharge* adalah kinematika sumber fluks dari volume (Q), buoyancy (B) dan momentum (M). Hal tersebut dapat di jelaskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$l_M = \frac{M^{3/4}}{B^{1/2}} \quad (2.4)$$

$$l_Q = \frac{Q}{M^{1/2}} \quad (2.5)$$

dengan keterangan sebagai berikut :

$l_M$  = skala panjang transisi *jet*

M = momentum flux ( $m^4/s^2$ )

B = Buoyancy flux ( $m^4/s^3$ )

$l_Q$  = skala geometri dari pembuangan

Q = debit effluen yang dikeluarkan ( $m^3/s$ )

Dari persamaan (2.1) dan (2.2) masing-masing mempunyai arti fisik.  $l_Q$  merupakan karakteristik jarak dari asal dimana sumber volume fluks menggunakan pengaruh dinamika. Sedangkan  $l_M$  merupakan karakteristik jarak dari asal dimana sumber momentum fluks penting. Apabila  $z$  sangat kecil dibandingkan dengan  $l_Q$  maka perilaku dari *plume* sulit untuk diprediksikan. Untuk  $z > l_Q$ , geometri dari *jet* tidak diperhitungkan dan perilaku dari aliran dibentuk oleh M dan B, dan dimana  $z > l_M$  maka buoyancy menjadi lebih efektif dan membentuk suatu alirannya membentuk suatu *plume*.

Dengan adanya kecepatan arus ambient, dapat dibentuk 2 persamaan skala panjang,  $l_m$  dan  $l_b$ , yang didefinisikan sebagai berikut :

$$l_m = \frac{M^{1/2}}{u_a} \quad (2.6)$$

$$l_b = \frac{B}{u_a^3} \quad (2.7)$$

Skala panjang  $l_m$  menghubungkan interaksi antara momentum yang mendominasi gerakan effluent dengan besarnya arus yang terjadi. Sedangkan  $l_b$  menunjukkan jarak vertical pada kecepatan yang dipengaruhi buoyansi (proporsional untuk  $B^{1/3}/z^{1/3}$ ) terdegradasi oleh kecepatan arus ambient  $u_a$ .

## 2.5 Aliran Pada Zona Near Field dan Far Field

*Near field* merupakan suatu zona atau area buangan dimana lintasan dan proses pencampuran dipengaruhi momentum fluks, bouyansi fluks, geometri dari *discharge port* dan geometri dari effluent (Doneker, 1996). Karena limbah yang dibuang kelaut sangat *buoyant*, jet menjadi *plume* yang memungkinkan bercampur dengan lingkungan sekitar pada saat limbah naik kepermukaan. *Mixing* dan dilusi terjadi secara cepat di daerah ini dan disebabkan oleh turbulensi yang dihasilkan oleh *discharge*. Daerah ini disebut dengan daerah *near field* atau *initial mixing region*. Atau dapat juga didefinisikan sebagai daerah disekitar pembuangan yang secara dinamis dipengaruhi oleh *buoyancy*, geometri dan momentum dari sumber pembuangan (Mukhtasor, 2006). Effluent mengalir dari *submerged discharge port* memberikan diskontinuitas kecepatan antara effluent dengan fluida ambient. Terbentuk suatu penambahan lebar aliran fluida yang turbulen di segala arah akibat entrainment pada sisi-sisi luar lintasan. Proses pencampuran, dipengaruhi oleh kejadian arus silang (cross flow) atau perbedaan densitas, termasuk jet mixing, buoyant mixing, interaksi dengan air permukaan dan batas dasar perairan. Berdasarkan kestabilan buangnya, aliran *near field* dibagi menjadi 2, yaitu :

- a. *Stable discharge*, biasanya terjadi karena kombinasi gaya apung yang besar, momentum yang lemah dan pada laut yang dalam.
- b. *Unstable discharge*, terjadi karena buoyansi yang lemah dan di kedalaman laut yang kecil (dangkal).

Pada daerah *near field flow* besarnya perbandingan skala panjang dapat didefinisikan sebagai berikut, untuk  $z/l_m \ll 1$  aliran didominasi oleh



momentum (*momentum dominated flows*) dan  $z/l_b \ll 1$  untuk daerah aliran yang didominasi bouyansi (*buoyancy dominated flows*). Semburan effluen tidak mengalami penyimpangan (*deflected*) dan tetap bergerak naik secara vertical. Percepatan yang berasal dari tekanan nozzle (*pressure jet*) dan entrainment momentum horizontal dari arus silang, yang disebabkan oleh adanya gaya geser turbulen (*turbulent shear*) yang berasal dari kecepatan horizontal yang berbeda dapat memberikan efek terhadap *deflected*. Percepatan ini hanya sedikit sekali terjadi pada diameter nozzle dan area dimana  $z/l_Q$  kecil (Roberts,1996).

Berdasarkan pada stratifikasi densitas dari air laut maka *plume* dapat mencapai pada level *neutral buoyancy*, atau yang sering disebut dengan *trapping level*, dimana *plume* berhenti naik dan mulai menyebar secara lateral. Daerah penyebaran ini disebut dengan *established wastefield*. *Established wastefield* kemudian hanyut dengan arus laut dan terdifusi oleh turbulensi laut di suatu daerah yang disebut *far field*. *Far field* didefinisikan sebagai daerah yang lebih jauh dari *near field* dimana efek dinamis dari pipa pembuangan tidak berpengaruh lagi, namun lebih dipengaruhi oleh keadaan perairan (seperti arus dan gelombang) (Mukhtasor, 2006). Pada tabel dibawah ini akan disajikan proses dan skala pendekatan untuk *ocean outfall*.

Tabel 2.1 Proses dan skala pendekatan untuk *ocean outfall* (Roberts, 1996)

Fase	Fenomena	skala jarak (m)	skala waktu
Near field	Pencampuran yang disebabkan oleh buoyancy dan momentum dari discharge	10-1.000	1-10 menit
Far field	Adveksi oleh arus laut dan difusi oleh turbulensi laut	100- 10.000	1-20 jam

## 2.6 Pola Sebaran Plume

Sebaran plume suatu *ocean outfall* bisa berbeda-beda. Hal ini bergantung pada kedalaman permukaan, besarnya gelombang atau arus yang terjadi dan geometri dari diffuser. Saat *effluent buoyant jet* naik dari *diffuser* maka akan dipengaruhi oleh arus, yang mana *buoyant jet* tersebut bergantung pada orientasi dari port itu sendiri, apakah sejajar ataupun tegak lurus atau bahkan

membentuk sudut terhadap *diffuser*. Selanjutnya, saat rising *plume* mencapai level *buoyancy* netral atau permukaan bebas, aliran *plume* tersebut menjadi horizontal meskipun *buoyancy* dapat terus menyebabkan penyebaran pada arah yang memotong arus.

Didalam pola sebaran *plume*, kecepatan arus (U) dan kedalaman dari *submergence* (z), serta panjang *diffuser* (L) sangat berpengaruh dalam menentukan bentuk dan arah *plume*. Fischer (1979) menyatakan bahwa pola geometri sebaran *effluent* suatu limbah buangan akan sangat dipengaruhi oleh stabilitas *discharge* dan *Froude number*. Semakin besar angka *Froude number* nya maka pola sebaran *effluent* semakin menyempit (Londong, 2008). Hal tersebut diperkuat oleh Hino (1994), dia menyatakan bahwa perbandingan kedalaman dengan diameter pipa harus  $> 0.22 Fo$ . Dalam persamaan, dapat ditulis sebagai berikut :

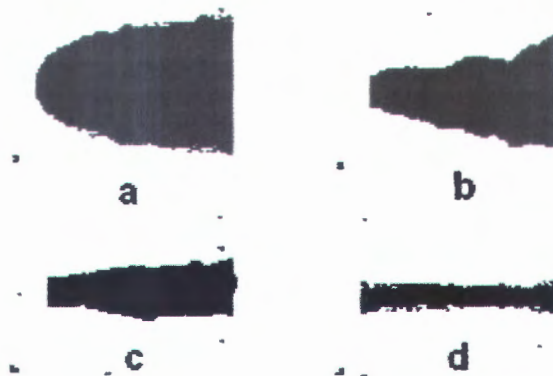
$$\frac{z}{D} > 0,22Fo \quad (2.8)$$

dengan keterangan sebagai berikut:

z = Kedalaman diatas pipa pembuangan (m)

D = Diameter pipa (m)

Fo= *Froude number*



Gambar 2.3 Pola sebaran *plume* di permukaan dengan nilai *Froude numbers* yang berbeda pada kondisi *buoyant jet* (a)  $F = 0,1$ , (b)  $F = 1,3$ , (c)  $F = 12$ , (d)  $F = 120$ . (Fischer, 1979).



Sedangkan untuk persamaan pada *Froude number*, dapat ditulis sebagai berikut :

$$F_o = \frac{u_o}{\sqrt{g'D}} \quad (2.9)$$

dengan keterangan sebagai berikut :

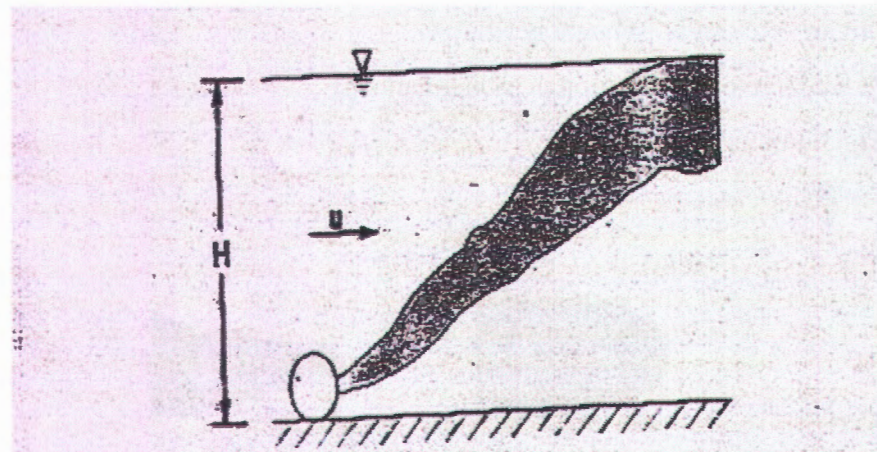
$u_o$  = Kecepatan *effluent* (m/s)

$g'$  = Densimetrik percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

$D$  = Diameter pipa (m/s)

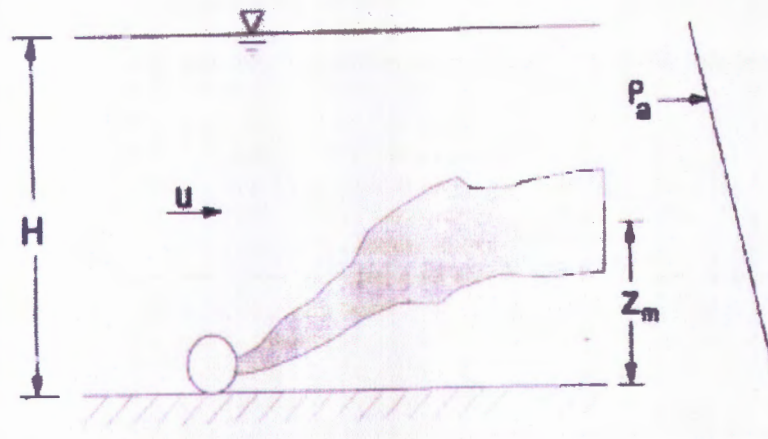
### 2.7 Pengaruh Arus Pada Initial Dilution dan Pola Geometri *plume*

Dalam suatu sistem *ocean outfall*, pengaruh pergerakan arus dapat menyebabkan *plume* membentuk suatu arus bawah dan menambah besarnya dilusi. *Plume* yang membentuk aliran arus bawah akan menunjukkan aliran tipe *buoyant jet* tunggal pada kondisi arus silang dan uniform, yang dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Buoyant jet tunggal pada kondisi arus silang dan *uniform*

Hal tersebut akan sangat berbeda dalam kondisi sistem *ocean outfall* tipe *buoyant jet* tunggal pada kondisi arus silang dan *nonuniform* *Vertical buoyant jet* yang disajikan pada gambar 2.5. Didalam suatu aliran yang memiliki perbedaan densitas serta adanya pengaruh arus dan mendapatkan solusi untuk peristiwa dimana *buoyancy* mendominasi pergerakan semburan *effluent*.



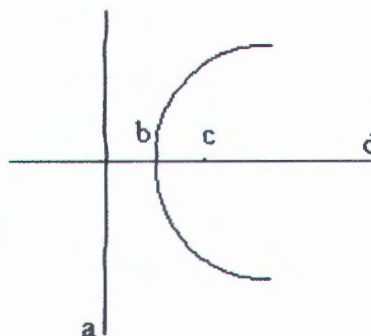
Gambar 2.5 Buoyant jet tunggal pada kondisi arus silang dan *nonuniform*

### 2.8 Persamaan parabola

Parabola adalah himpunan semua titik pada bidang datar yang berjarak sama terhadap suatu garis tertentu dan suatu titik yang tidak berada pada garis tersebut (Soehardjo, 1995). Parabola simetris terhadap garis yang melalui fokus dan tegak lurus dengan *direktris*. Garis ini disebut dengan sumbu atau sumbu simetri dari parabola, memotong parabola pada suatu titik yang disebut puncak (*vertex*). Persamaan parabola secara umum adalah sebagai berikut :

$$x - p = a(y - q)^2 \quad (2.10)$$

Keterangan :  
 a: Direktris  
 b: Titik puncak  
 c: Titik fokus  
 d: Sumbu parabola

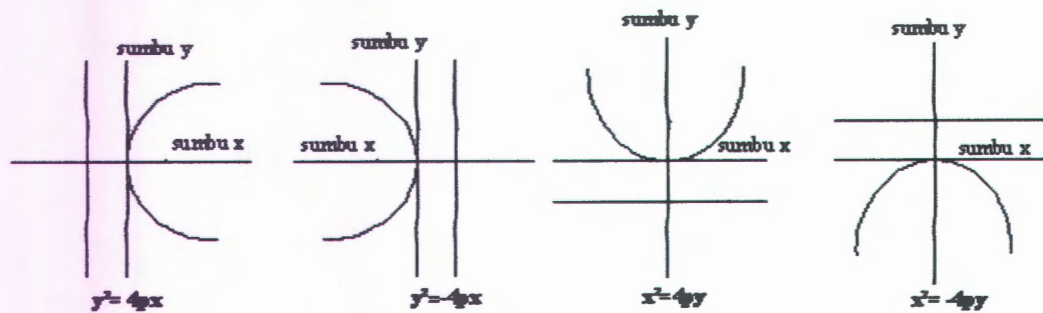


Gambar 2.6 Geometris parabola

Persamaan parabola sangat sederhana jika sumbu koordinat ditempatkan sedemikian sehingga puncaknya pada titik asal dan sumbu simetri pada sumbu x atau sumbu y. Empat macam cara yang bisa dilakukan seperti



terlihat pada gambar 2.6. Cara-cara ini disebut posisi standar dari parabola dan persamaan yang dihasilkan disebut persamaan baku.



Gambar 2.7 Jenis-jenis persamaan baku parabola

Untuk menggambar grafik parabola ada beberapa langkah yang perlu dilakukan, yang pertama-tama adalah tentukan apakah ada sumbu simetri berada pada sumbu x atau pada sumbu y. Hal ini dapat diketahui dari bentuk kuadrat dalam persamaan tersebut, jika sumbu simetri berada pada sumbu x maka mempunyai persamaan bentuk  $y^2$ , jika sumbu simetri berada pada sumbu y maka persamaannya dalam bentuk  $x^2$ .

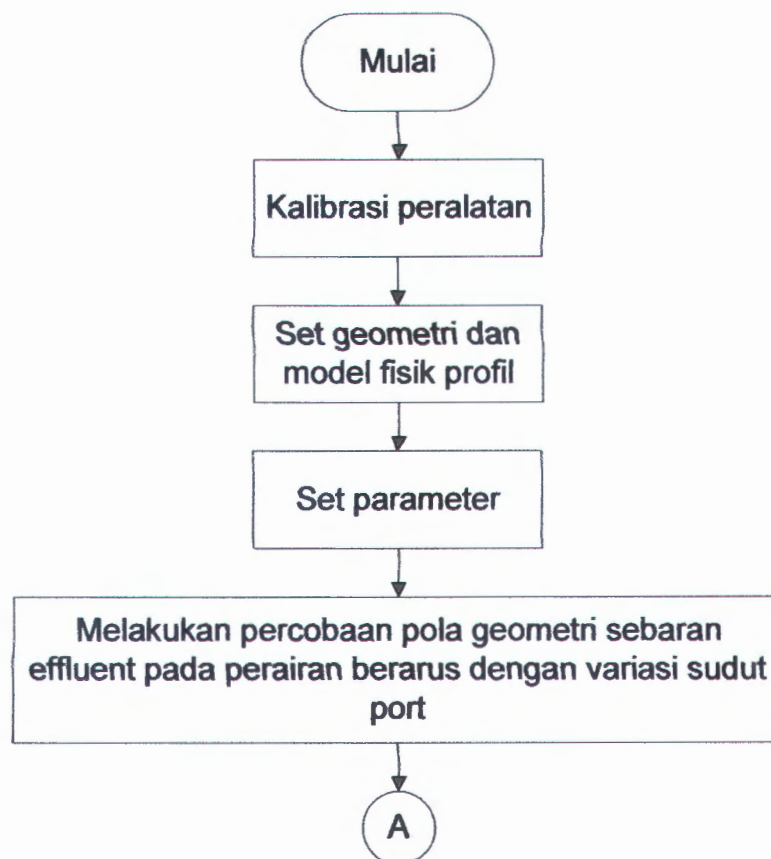
Setelah diketahui persamaan parabola, maka tentukan kearah mana parabola terbuka. Jika sumbu simetri berada pada sumbu x, maka parabola terbuka kekanan jika koefisien dari x positif, dan terbuka kekiri jika koefisien dari x negative. Jika sumbu simetri pada sumbu y maka parabola terbuka keatas untuk koefisien dari y positif, dan terbuka kebawah jika koefisien dari y negatif.

Setelah langkah diatas selesai, maka langkah berikutnya adalah menentukan nilai p dan gambar sebuah kotak dengan lebar p satuan dari titik awal pada sumbu simetri dalam arah kemana parabola terbuka dan lebar 2p satuan pada masing-masing sisi dari sumbu simetri. Setelah itu, gunakan kotak sebagai panduan. Sket parabola sedemikian hingga puncaknya berada pada titik awal dan melalui sudut-sudut kotak tersebut.

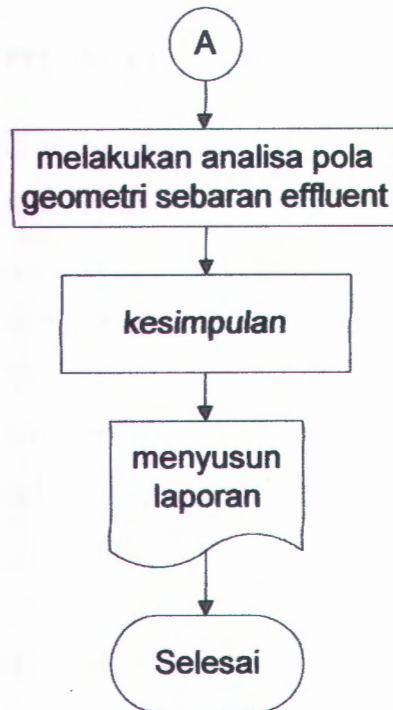
## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Prosedur Umum

Percobaan yang dilakukan di Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut Jurusan Teknik Kelautan-ITS ini bertujuan untuk mengetahui suatu pola geometri sebaran *effluent* yang dipengaruhi oleh arus dengan perubahan sudut port dan perubahan kecepatan pada *ocean outfall*. Dengan adanya percobaan tersebut maka diharapkan dapat diperoleh suatu model *ocean outfall* yang tepat dalam merencanakan pembuangan limbah dilaut. Percobaan untuk memodelkan secara fisik polutan limbah panas ini dilakukan di *flume tank* yang telah dilengkapi dengan *current generator* untuk menggerakkan arus. Langkah-langkah metodologi penelitian dapat digambarkan secara sistematis dalam diagram alir sebagai berikut :







Gambar 3.1 diagram alir percobaan pola geometri sebaran *effluent*

Dari gambar diagram alir diatas dapat dijelaskan tahap-tahap penelitian sebagai berikut:

#### 1. Kalibrasi peralatan

Peralatan yang dikalibrasi dalam percobaan ini adalah currentmeter dan termokopel. Currentmeter dikalibrasikan menggunakan percobaan fisik dengan menggunakan *stereofom*. *Stereofom* diletakan diatas permukaan air kemudian dihitung waktu yang diperlukan untuk mencapai jarak 50 centimeter, hal tersebut dilakukan hingga delapan kali. Dari data yang diperoleh tersebut, maka dikalibrasikan dengan pencatatan dari currentmeter sendiri. Sedangkan untuk thermokopel dikalibrasikan dengan termometer.

#### 2. Set geometri dan model fisik profil

Pada percobaan ini menggunakan jenis *outfall buoyant jet* pada kondisi air yang *uniform* dengan pengaruh arus, dimana datanya disesuaikan dengan data percobaan Lee and Cheung (1991) .

Data geometri pada percobaan ini menggunakan data sebagai berikut :

2.1 Data percobaan meliputi :

diameter <i>port/nozzle</i>	: 0,75 cm
kedalaman port	: 40 cm
luas port	: 0,442 cm <sup>2</sup>
temperatur <i>effluent</i>	: 50 – 70°C

2.2 Data lingkungan meliputi :

kecepatan arus	: 0,22 – 3,16 cm/s
kedalaman air	: 80 cm

3. Set Parameter

Beberapa percobaan ini dilakukan pada kondisi *buoyancy dominated* secara vertikal pada pengaruh arus dan pada kondisi momentum *dominated*. Parameter yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut :

- a. Untuk memperbesar efek daripada *buoyancy* sumber maka besarnya bilangan *Froude* harus bernilai dimana:

$$F_o = \frac{u_o}{\sqrt{g'D}} < 4 \text{ (Lee dan Cheung, 1991)}$$

- b. Sedangkan untuk memperkecil efek daripada *buoyancy*, maka besarnya bilangan *Froude* sebagai berikut :

$$F_o = \frac{u_o}{\sqrt{g'D}} > 4 \text{ (Lee dan Cheung, 1991)}$$

- c. Pada pemodelan ini, agar gerakan *effluent* didominasi oleh buoyansi sehingga pergerakannya menjadi suatu *plume* atau *smoke*, maka :

$$\frac{Z}{l_b} \ll 1$$

4. Melakukan percobaan pola geometri sebaran *effluent* pada perairan berarus dengan variasi sudut port.

Pada tahapan ini percobaan dilakukan dengan melihat pola geometri sebaran *effluent* dan menyimpan polanya dengan kamera digital. Pada percobaan ini dilakukan secara berulang dengan variasi sudut port sebanyak 3 sudut, yaitu sudut 0°, 45° dan 90°. Sedangkan untuk



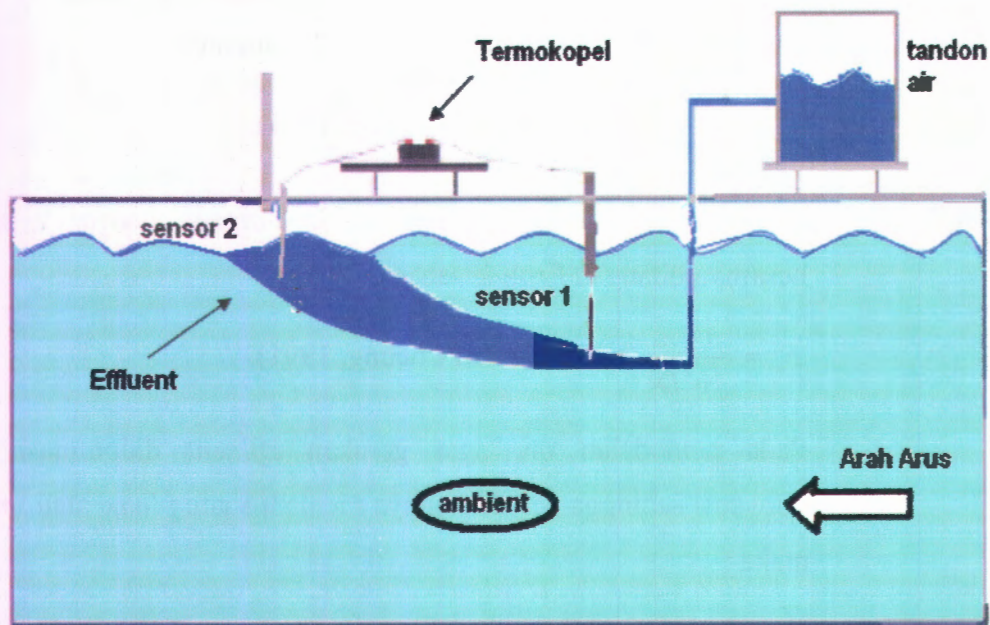
perubahan kecepatan *effluent* dilakukan sebanyak 3 kecepatan yaitu kecepatan 10 cm/s, 15 cm/s dan 20 cm/s.

5. Melakukan analisa pola geometri sebaran *effluent*

Setelah dilakukan percobaan, kemudian didapat data-data visualisasi berupa gambar pola sebaran geometri. Dari data-data tersebut kemudian dianalisa dengan memasukan titik-titik koordinat pada excel sehingga didapat pola sebaran geometri berupa parabola dan persamaannya.

6. Kesimpulan

Dari hasil analisa data yang diperoleh pada percobaan yang telah dilakukan, maka akan dibuat suatu kesimpulan tentang pengaruh perubahan sudut port pada perairan berarus terhadap pola geometri sebaran *effluent* suatu *buoyant jet ocean outfall*.



Gambar 3.2 Set alat percobaan *outfall*

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS pada bulan November – Desember 2008.

### 3.3 Metode Percobaan

#### 3.3.1 Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam percobaan kali ini adalah :

A. *Flume Tank*, *current generator* dan akusisi data.

Spesifikasi untuk *flume tank* adalah sebagai berikut :

##### 1. Material

- Dinding samping : *Toughened glass* dan *Mild steel* (SS400)
- Lantai dan dinding akhir : *Mild steel* (SS400)

##### 2. Dimensi

- Badan utuh :
  - Panjang : 20.3 m
  - Lebar : 2.3 m
  - Tinggi : 2.5 m



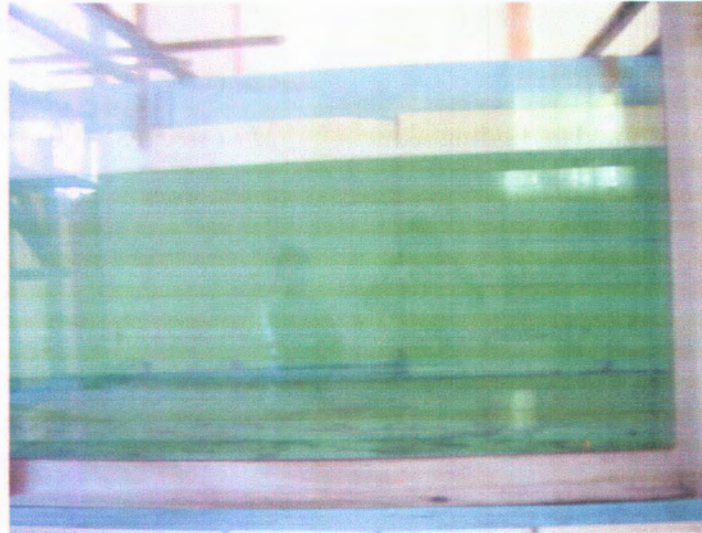
Gambar 3.3 *Flume tank*

- Bagian untuk pengukuran :
  - Panjang : 10.0 m
  - Lebar : 2.0 m
  - Tinggi : 1.5 m
  - Kedalaman air : 0.4 m



### 3. Jendela Observasi

- Panjang : 1.7 m
- Tinggi : 1.344 m
- Jumlah : 7 buah
- Material : *Toughned glass*

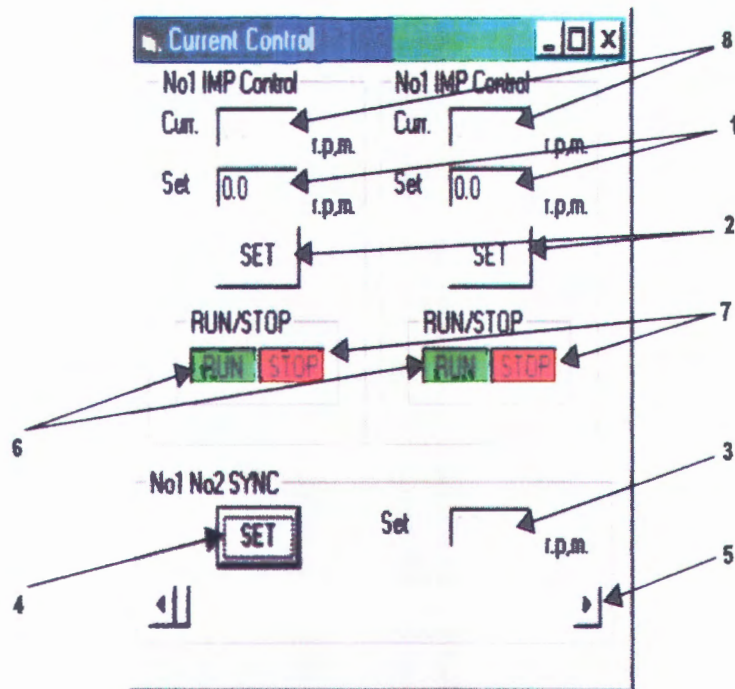


Gambar 3.4 Jendela observasi

Spesifikasi untuk *current generator* adalah sebagai berikut :

1. Type : 2 set *impeller*
2. Diameter pipa : 340 mm
3. Performance :
  - *Velocity range* : 2.5 cm/s – 10 cm/s
  - *Velocity distribution* :  $\pm 10\% \times 10$  cm/s
  - Posisi pengukuran : 2m dibawah *flow uniformer*
  - Akurasi pengukuran :  $\pm 1\%$  untuk skala penuh
  - Respon dinamik : 5 Hz

Untuk membangkitkan arus, *current generator* dihubungkan dengan *control panel* (Gambar 3.3) dan diolah melalui komputer yang telah terintegrasi secara *interface*.



Gambar 3.5 Current generator control program

Keterangan :

- 1 : Setting R.P.M input column
- 2 : Change condition command button
- 3 : Synchronize R.P.M input column
- 4 : Synchronize condition change command button
- 5 : Synchronize R.P.M input slide bar
- 6 : Run command button
- 7 : Stop command button

Spesifikasi *hardware* dan *software* yang digunakan untuk pengolahan data hasil pengukuran adalah sebagai berikut :

1. *Hardware*

- *Type* : Desktop
- *CPU* : Pentium 266 MHz
- *RAM* : 64 MB
- *Hard Disk*: 3 GB
- *CRT* : 14 inch

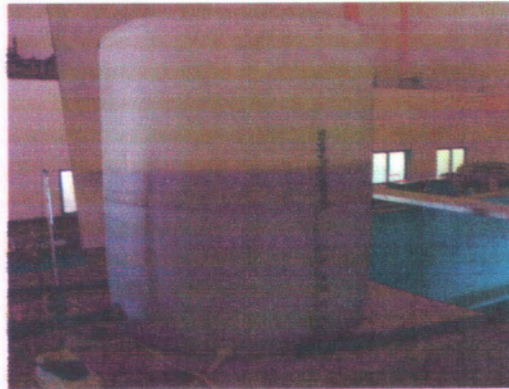


- *Expanded slot* : dua
- *CD-ROM Drive* satu
- *Floppy disk drive* : 3.5 inch, 1.4 MB
- *Data Acquisition interface* : A/D board, 16 channel, 12 bit, 16 kHz, plus counter

## 2. *Software*

- Sistem *software* yang digunakan adalah MS-DOS Ver. 6.2 dan WINDOWS 95

B. Reservoir berukuran  $D = 50$  cm



Gambar 3.6 *Reservoir*

C. Pipa PVC dengan ukuran diameter 0.5 dim, dan panjang  $\pm 4$  m.

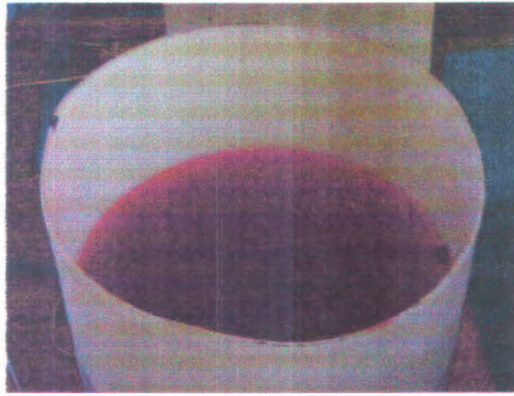
D. *Nozzle* dengan diameter luar 7.5 mm yang diletakkan di tengah *flume tank*.



Gambar 3.7 *Nozzle*

E. *Current meter*

F. Larutan *effluent*.



**Gambar 3.8 Larutan effluent**

**G. Kompor**



**Gambar 3.9 Kompor**

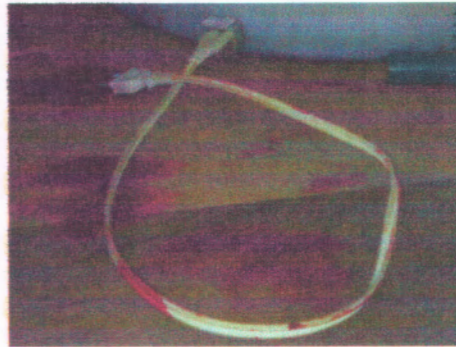
**H. Lampu Halogen**



**Gambar 3.10 Lampu Halogen**

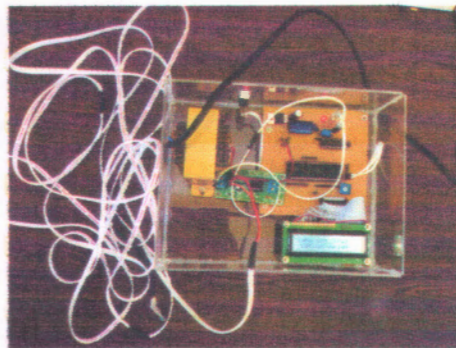


### I. Heater



Gambar 3.11 Lampu Halogen

### J. Thermokopel



Gambar 3.12 Thermokopel

### 3.3.2 Prosedur Percobaan Pola Geometri Sebaran Effluent

Dalam melakukan percobaan pola geometri sebaran *effluent* ada beberapa langkah yang perlu dilakukan diantaranya a dalah sebagai berikut :

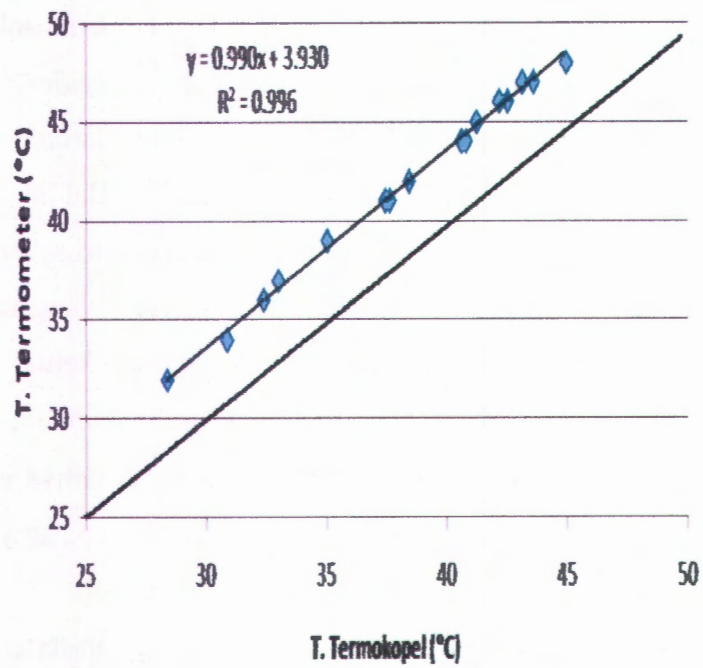
- a. *Flume tank* diisi dengan air tawar dengan kedalaman 80 cm.
- b. Memasang *nozzle* dengan diameter 0.75 cm secara vertikal ditengah-tengah dari *flume tank* dengan ketinggian 40 cm dari dasar.
- c. Memanaskan air dengan menggunakan kompor.

- d. Setelah air mendidih, air dimasukkan kedalam *reservoir* sampai pada ketinggian yang sudah ditentukan, untuk mempertahankan suhu agar berada pada suhu yang ditentukan maka digunakan *heater*.
- e. Setelah air berada pada *reservoir*, kemudian larutan *naftol* berupa *fluorescein* dimasukkan kedalam *reservoir* tersebut. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam proses visualisasi pola geometri sebaran *effluent*.
- f. Setelah siap maka *effluen* dialirkan dari *reservoir* yang telah dilengkapi dengan *heater*/pemanas melalui pipa sehingga air keluar melalui *nozzle* mempunyai suhu awal ( $T_0$ ) 50 – 70°C diatas suhu *ambient*.
- g. Mengukur kecepatan *effluent* tepat pada titik keluarnya *effluent* dengan menggunakan *currentmeter* untuk mendapatkan kecepatan yang diinginkan dengan cara memvariasikan ketinggian air di *reservoir*.
- h. Memasang *transducer thermocouple* pada ketinggian tertentu dari *nozzle*. Pada saat *effluent* mengenai *transducer* kemudian dicatat hasil pembacaan pada *layer digital*.
- i. Memvisualisasikan aliran dari proses pencampuran *effluen* dengan *ambient (mixing process)* dan dilusi menggunakan *handycam*, sehingga perubahan warna *effluen* yang terjadi juga dapat teramati.
- j. Melakukan kembali percobaan diatas dengan menggunakan kecepatan 10 cm/s, 15 cm/s, 20 cm/s dan orientasi sudut *nozzle* yang berbeda yaitu 0°, 45° dan 90° terhadap arah arus.
- k. Menginterpretasikan dan menganalisa data yang diperoleh.

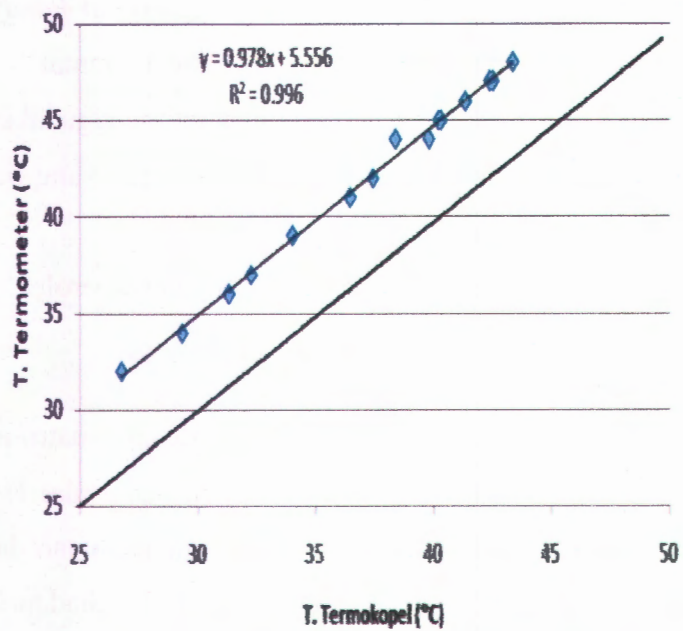
### 3.4 Kalibrasi Thermokopel

Kalibrasi adalah proses pencocokan skala bacaan suatu alat ukur yang digunakan untuk pengukuran suatu hal dengan suatu alat standar kalibrasi. Untuk mendapatkan keseksamaan pada proses pengamatan dan pengambilan data percobaan, maka perlu adanya suatu kalibrasi terhadap instrumen yang digunakan. Kalibrasi *tranducer temperatur* (termokopel) dilakukan dengan menggunakan termometer raksa, untuk mengetahui apakah temperatur yang terdeteksi oleh sensor panas sama dengan temperatur yang terdeteksi oleh air raksa. Berikut adalah hasil kalibrasi termokopel dengan termometer untuk 2 sensor yang digunakan dalam percobaan :





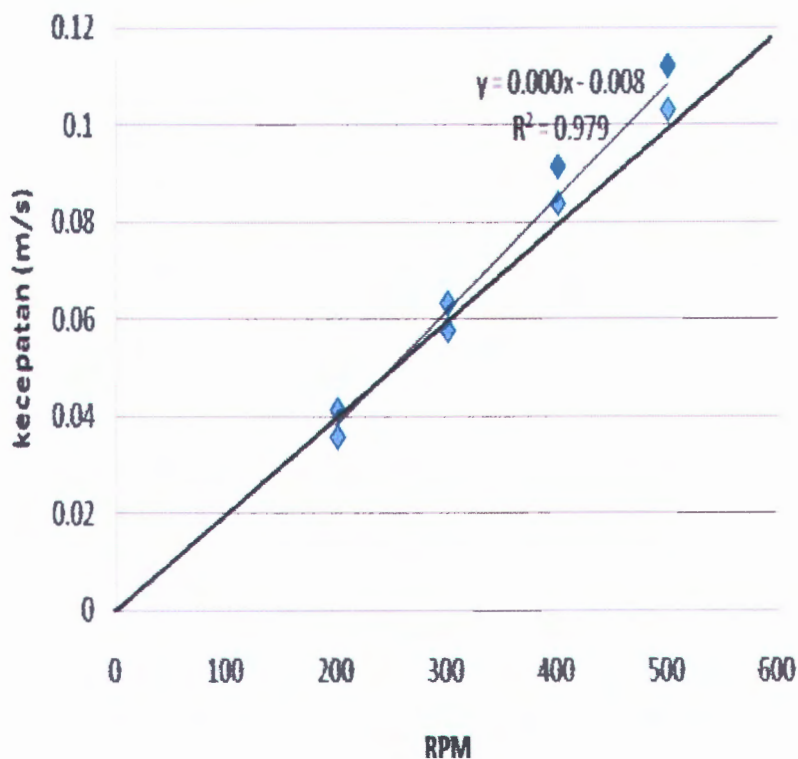
Gambar 3.13 Kurva Kalibrasi Termokopel (Sensor 1)



Gambar 3.14 Kurva Kalibrasi Termokopel (Sensor 2)

### 3.5 Kalibrasi Currentmeter

Pada bagian pengkalibrasian currentmeter, dilakukan kalibrasi antara *Current generator control program* yang mempunyai satuan rpm (*rotation permenit*) dengan currentmeter yang mempunyai satuan m/s. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan keseksamaan pada proses pengamatan dan pengambilan data percobaan, sehingga perlu adanya suatu kalibrasi terhadap instrumen yang digunakan. Kalibrasi currentmeter dilakukan dengan menggunakan *Current generator* pada *control program* yang dilakukan oleh operator laboratorium, dengan cara mengkalibrasikan berapa kali putaran (rotasi) yang dihasilkan dalam satu menit pada *Current generator* dengan berapa kecepatan yang diteliti pada currentmeter. Berikut didapat hasil kurva dari proses kalibrasi currentmeter :



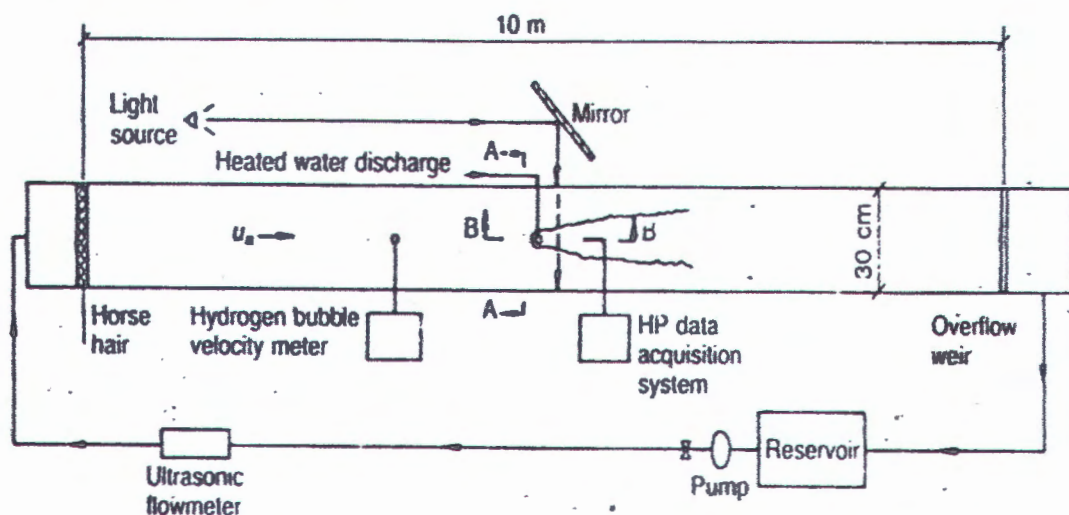
Gambar 3.15 Kurva Kalibrasi Currentmeter



## BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Parameter Percobaan

Permodelan pola geometri sebaran *effluent* ini dimodelkan di Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut Jurusan Teknik Kelautan-ITS pada kolam *flumetank* dengan dimensi panjang badan kolam 20,3 m dan lebar 2,3 m serta tinggi 2,5 m yang telah dilengkapi dengan *current generator* untuk menggerakkan arus. Pada percobaan permodelan pola geometri sebaran *effluent* ini menggunakan model outfall *buoyant jet* dengan parameter awal pendesainan yang sesuai dengan percobaan Lee & Cheung (1991) yang dapat dilihat pada gambar 4.1. Model *outfall buoyant jet* yang dilakukan di kolam *flumetank* memiliki diameter *port* 0.0075 m di tempatkan pada kedalaman (d) 0,40 m dari permukaan air flume tank yang memiliki kedalaman (H) 0.8 m dan divariasikan berdasarkan sudut yaitu 30°, 45° dan 90°. Polutan atau *effluent* dimodelkan dari *fresh water* yang dicampur dengan larutan *fluorescein* yaitu *Naftol* dan dipanaskan dengan *range* 50-70°C yang dikeluarkan dari *port*. Data-data tersebut berdasarkan data-data parameter dengan range skala panjang dari data kondisi lingkungan nyata pada perairan di Indonesia yang telah dilakukan penskalaan, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada table 4.1 dan table 4.2.



Gambar 4.1 Skema Percobaan Lee and Cheung (lee and cheung, 1991)

Tabel 4.1 Data Dimensi Percobaan yang Digunakan

Parameter Dimensi	Dimensi Percobaan
kedalaman (h) discharge (m)	0.4
Sea Water Speed (m/s)	0.0022   0.0134
Diameter port (m)	0.0075
Luas permukaan port (m <sup>2</sup> )	0.0000442
V discharge (m <sup>3</sup> /s)	0.1
	0.15
	0.2
Kedalaman (d) (m)	0.8
Debit <i>effluent</i> (Q) (m <sup>3</sup> /s)	0.00000442
	0.00000663
	0.00000884

Tabel 4.2 Data Parameter Skala Panjang

Parameter Skala Panjang	minimum	maksimum
lm/lb	0.212	0.7260
Fo	2.927	5.855
H/(D.Fo)	9.1089	18.218

Sebelum melakukan *runing* percobaan pola geometri sebaran *effluent* terlebih dahulu dilakukan kalibrasi *thermokopel* dan kalibrasi arus (*current generator*). Proses kalibrasi *thermokopel* dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan keseksamaan dan keseragaman dalam pengambilan data percobaan. Kalibrasi *thermokopel* dilakukan dengan cara membandingkan besarnya suhu yang ditampilkan oleh *thermokopel* dengan yang dibaca oleh *thermometer*, untuk mengetahui perbedaan nilai yang terbaca oleh masing-masing alat ukur tersebut. Sedangkan Kalibrasi *current generator* dilakukan dengan mencocokkan nilai arus yang dikeluarkan oleh *current generator* dengan perhitungan manual yang dilakukan dengan *currentmeter*.



## 4.2 Stabilitas Plume

Permodelan pola geometri sebaran *effluent* didahului dengan melakukan proses perhitungan apakah dari dimensi yang telah ditentukan sudah memenuhi parameter-parameter yang ada, seperti kestabilan *plume*. Kestabilan *plume* dipenuhi dari harga perbandingan antara kedalaman port dengan diameter port yang lebih besar dibanding 0,22 kali dari harga *froude number*. Atau dapat ditulis dalam suatu persamaan 4.1 sebagai berikut:

$$\frac{H}{D} > 0.22F_o \quad (4.1)$$

Dengan membuat geometri awal serta kondisi batas yang ditentukan maka kestabilan *discharge* dan besarnya *Froude number* serta skala panjang *buoyancy* dari 36 kali percobaan diperoleh, hal tersebut ditunjukkan dalam Tabel 4.3; Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada halaman lampiran.

Tabel 4.3 Perhitungan Data Parameter Skala Panjang pada Kecepatan 10 cm/s

no perc	D (m)	h (m)	Ua (m s)	Uj1 (m s)	Fo	lm lb	H (D*Fo)	Keterangan H (D*Fo) > 0,22
1	0.0075	0.4	0.0148	0.1	2.927	0.212	18.218	memenuhi kestabilan
2	0.0075	0.4	0.019	0.1	2.927	0.349	18.218	memenuhi kestabilan
3	0.0075	0.4	0.0232	0.1	2.927	0.52	18.218	memenuhi kestabilan
4	0.0075	0.4	0.0274	0.1	2.927	0.726	18.218	memenuhi kestabilan

Tabel 4.4 Perhitungan Data Parameter Skala Panjang pada Kecepatan 15 cm/s

no perc	D (m)	h (m)	Ua (m s)	Uj1 (m s)	Fo	lm lb	H (D*Fo)	Keterangan H (D*Fo) > 0,22
5	0.0075	0.4	0.0148	0.15	4.391	0.212	12.145	memenuhi kestabilan
6	0.0075	0.4	0.019	0.15	4.391	0.349	12.145	memenuhi kestabilan
7	0.0075	0.4	0.0232	0.15	4.391	0.52	12.145	memenuhi kestabilan
8	0.0075	0.4	0.0274	0.15	4.391	0.726	12.145	memenuhi kestabilan

Tabel 4.5 Perhitungan Data Parameter Skala Panjang pada Kecepatan 20 cm/s

no perc	D (m)	h (m)	Ua (m.s)	Uj1 (m.s)	Fo	lm lb	H (D*Fo)	Keterangan H (D*Fo) > 0,22
9	0.0075	0.4	0.0148	0.2	5.855	0.212	9.109	memenuhi kestabilan
10	0.0075	0.4	0.019	0.2	5.855	0.349	9.109	memenuhi kestabilan
11	0.0075	0.4	0.0232	0.2	5.855	0.52	9.109	memenuhi kestabilan
12	0.0075	0.4	0.0274	0.2	5.855	0.726	9.109	memenuhi kestabilan

Dari hasil penghitungan parameter *froude number*, didapat nilai terkecil adalah 2,927 dan nilai terbesar Fo adalah 5,855. Hal ini menunjukkan bahwa pada  $Fo < 4$  efek dari momentum sumber adalah kecil karena nilai  $2,927 < 4$ , Sedangkan pada besarnya  $Fo > 4$ , efek dari momentum mendominasi Aliran *discharge*. Aliran *effluent* pada percobaan ini stabil sehingga tidak terjadi gerakan resirkulasi. Hal ini ditunjukkan dari nilai terkecil untuk  $\frac{H}{DF_o}$  adalah

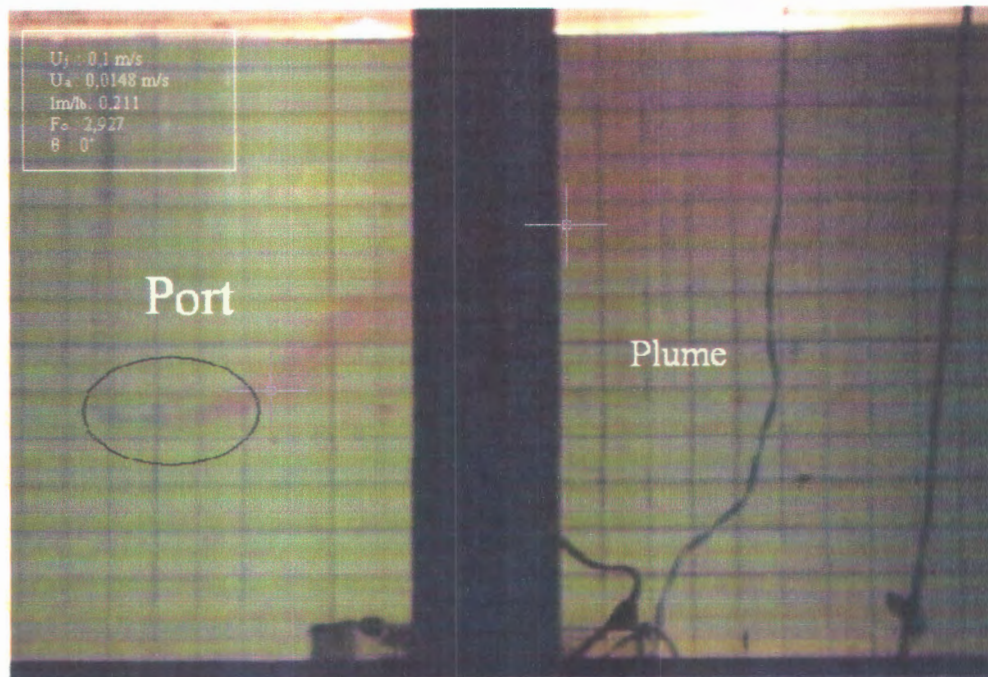
9,109, yang artinya  $\frac{H}{DF_o} > 0,22$ .

Sedangkan untuk mengetahui apakah aliran dari suatu *effluent* didominasi oleh *buoyancy* atau tidak, maka dilakukan perhitungan terhadap nilai dari *Froude number*. Perhitungan parameter tersebut dilakukan agar hasil percobaan sesuai dengan yang diharapkan. Parameter yang harus dipenuhi pada kondisi *buoyancy dominated* pada *heated water jet*, untuk memperkecil efek daripada momentum sumber maka besarnya bilangan *Froude* harus bernilai dibawah 4 (Lee dan Cheung, 1991) yang ditunjukkan pada persamaan 4.2. Disamping itu, pada pemodelan ini, agar gerakan *effluent* didominasi oleh *buoyancy* sehingga pergerakannya menjadi suatu *plume* atau *smoke*, maka nilai perbandingan skala panjang momentum dan skala panjang *buoyancy* ( $l_m/l_b$ ) ditunjukkan pada persamaan 4.3. Tipikal representasi dari *buoyancy dominated* dengan parameter yang harus dipenuhi akan terlihat seperti pada Gambar 4.2.

$$F_o = \frac{u_o}{\sqrt{g'D}} < 4 \quad (4.2)$$

$$\frac{l_m}{l_b} < 1 \quad (4.3)$$

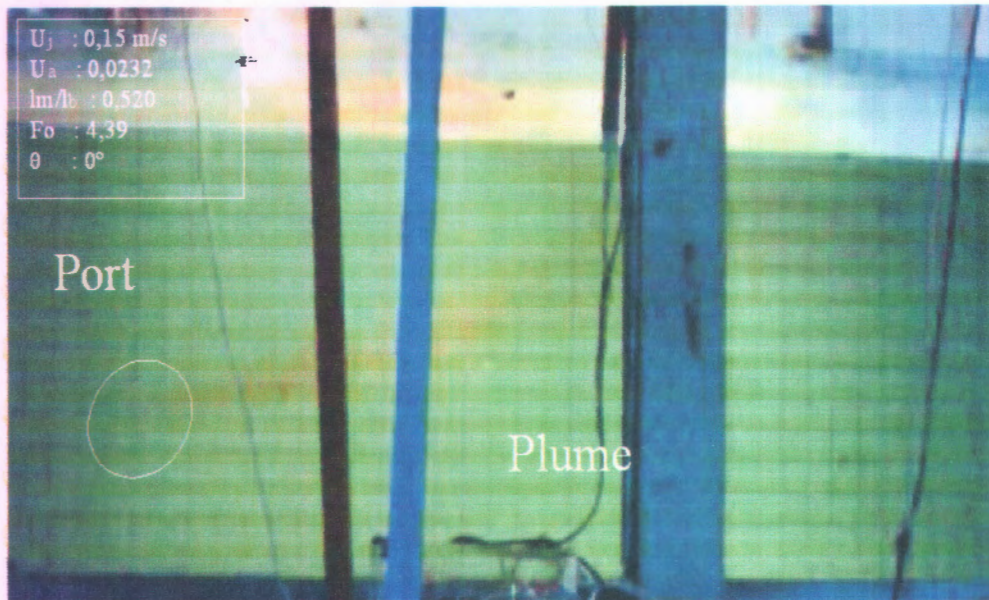




Gambar 4.2 Sebaran *Effluent* Tampak Samping pada Sudut Port 0° dengan  
lm/lb 0,212 dan Fo 2,927

Sedangkan pada kondisi *momentum dominated* untuk *heated water jet*, parameter yang harus dipenuhi pada kondisi ini adalah besarnya  $Fo > 4$  atau dapat dilihat pada persamaan 4.4. Hal tersebut dilakukan untuk memperbesar efek daripada momentum sumber maka besarnya bilangan *Froude* harus bernilai diatas 4 (Lee dan Cheung, 1991).

$$F_o = \frac{u_o}{\sqrt{g'd}} > 4 \quad (4.4)$$



Gambar 4.3 Sebaran *Effluent* Tampak Samping pada Sudut Port  $0^\circ$  dengan  $lm/lb$  0,520 dan  $Fo$  4,39

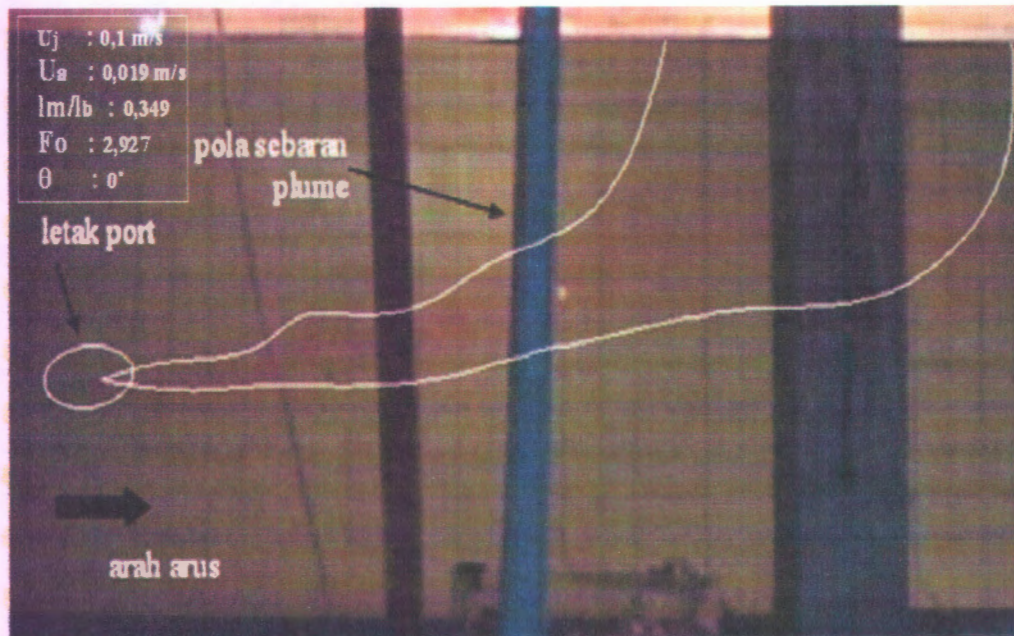
Setelah dilakukan proses perhitungan parameter, langkah selanjutnya adalah dengan melakukan percobaan pola geometri sebaran *effluent*. Proses percobaan pola geometri sebaran *effluent* didahului dengan memanaskan *effluent* hingga mencapai suhu  $50^\circ\text{C}$ - $70^\circ\text{C}$ , hal ini dilakukan agar masa jenis fluida lebih kecil dari pada masa jenis perairan (*ambient*). Hal tersebut juga didukung dengan pemilihan larutan *fluorescein* yaitu *Naftol* sebagai *effluent* yang membantu dalam proses visualisasi pola geometri sebaran *effluent*. Setelah *effluent* sudah mencapai suhu yang telah ditentukan, kemudian dilakukanlah *running* percobaan. Percobaan yang telah dilakukan mengambil sampel sebanyak 4 percobaan dari 15 percobaan yang ada, dengan setiap percobaan mengambil 3 variasi sudut port arah horisontal yang berbeda yaitu pada sudut  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  dan  $90^\circ$  sehingga total percobaan yang dilakukan sebanyak 36 percobaan dengan data yang diperoleh sebanyak 72 gambar (36 gambar tampak samping dan 36 gambar tampak atas).



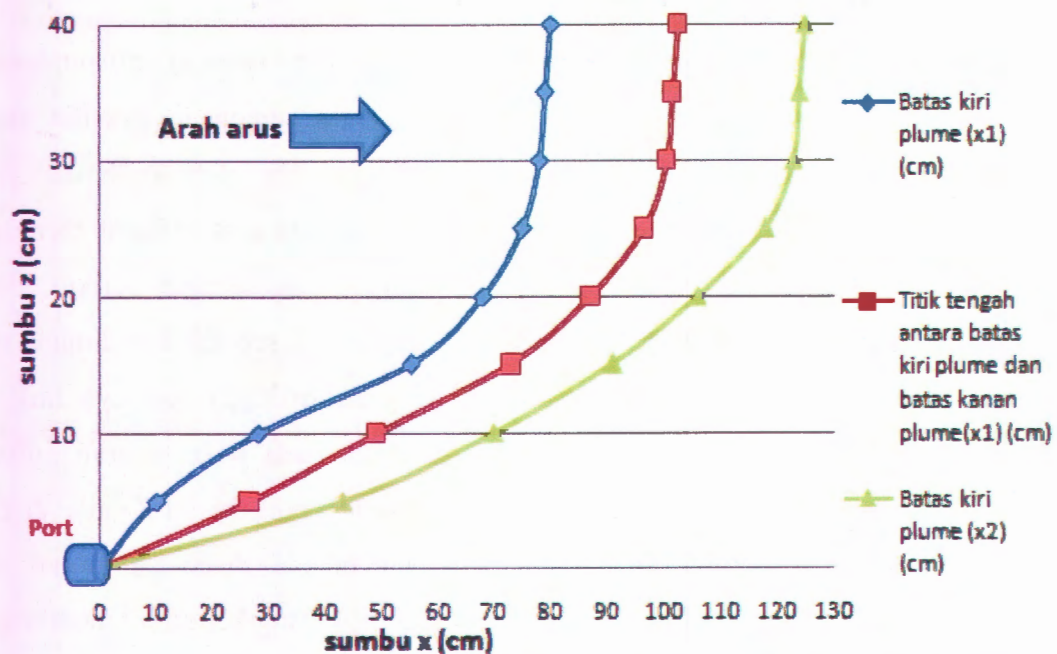
### 4.3 Analisa Pengaruh Perubahan Sudut Port Terhadap Pola Geometri Sebaran Effluent

Dalam proses penganalisaan pengaruh perubahan sudut *port* terhadap pola geometri sebaran *effluent* dapat dilihat dari tampak samping (kenaikan elevasi maksimum) dan dari tampak atas (pola sebaran plume dipermukaan). Untuk proses penganalisaan pengaruh perubahan sudut port terhadap elevasi maksimum *effluent* digunakan data hasil percobaan tampak samping, sehingga dapat diketahui pengaruh momentum atau *buoyancy* terhadap aliran *effluent* itu sendiri pada sudut port yang berbeda yaitu pada sudut  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  dan  $90^\circ$ . Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa karakteristik atau perilaku yang dimiliki oleh *buoyant jet*, bergantung pada *Froude number*, volume awal, *momentum flux* dan *buoyancy flux* awal. Fenomena selanjutnya adalah ketika *buoyant jet* mengalir dan berada pada jarak tertentu maka sebuah *buoyant jet* akan terpengaruh oleh karakter *plume* yang kemudian akan berubah menjadi sebuah *plume*.

Hal diatas juga terjadi pada percobaan pola geometri sebaran *effluent* dengan pengaruh arus dan perubahan sudut port. Pada percobaan tersebut aliran *effluent* membentuk suatu kurva yang dipengaruhi oleh  $lm/lb$  dan *ford number*. Dari kurva tersebut didapat tiga titik pada saat *effluent* mencapai permukaan. Ketiga titik tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut. Titik pertama ( $z_1$ ) yang membentuk kurva  $Z_1$  adalah titik sebelah kiri dimana titik tersebut berada pada jarak terdekat dari port, sehingga nantinya titik ini digunakan juga sebagai titik puncak parabola pada pola sebaran *effluent* tampak atas. Untuk titik kedua ( $z_2$ ) yang membentuk kurva  $Z_2$  adalah titik terjauh pada permukaan dimana titik ini berada disebelah kanan dan merupakan titik terjauh dari port. Sedangkan titik yang ketiga ( $z$ ) membentuk kurva  $Z$  adalah titik tengah antara titik pertama dan titik kedua (*centreline*). Dari setiap titik-titik tersebut kemudian dibuat suatu kurva dengan menghubungkannya pada titik keluarnya *effluent* dari suatu port, Sehingga didapat suatu kurva.



Gambar 4.4 Sebaran *Effluent* Tampak Samping pada Sudut Port 0° Terhadap Arah Arus dengan  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  2,927



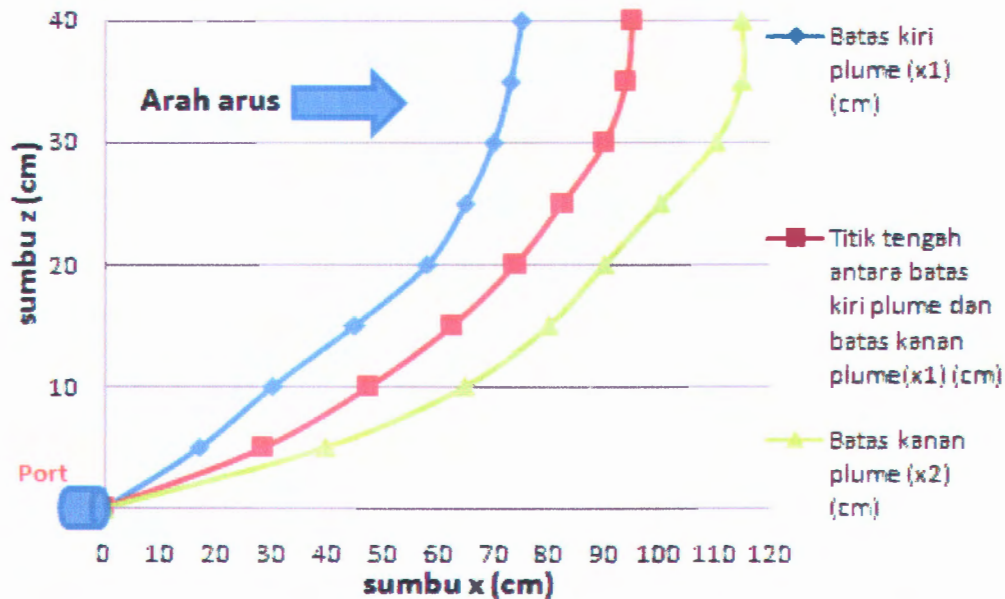
Gambar 4.5 Pola Tampak Samping pada Sudut Port 0° Terhadap Arah Arus dengan  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  2,927



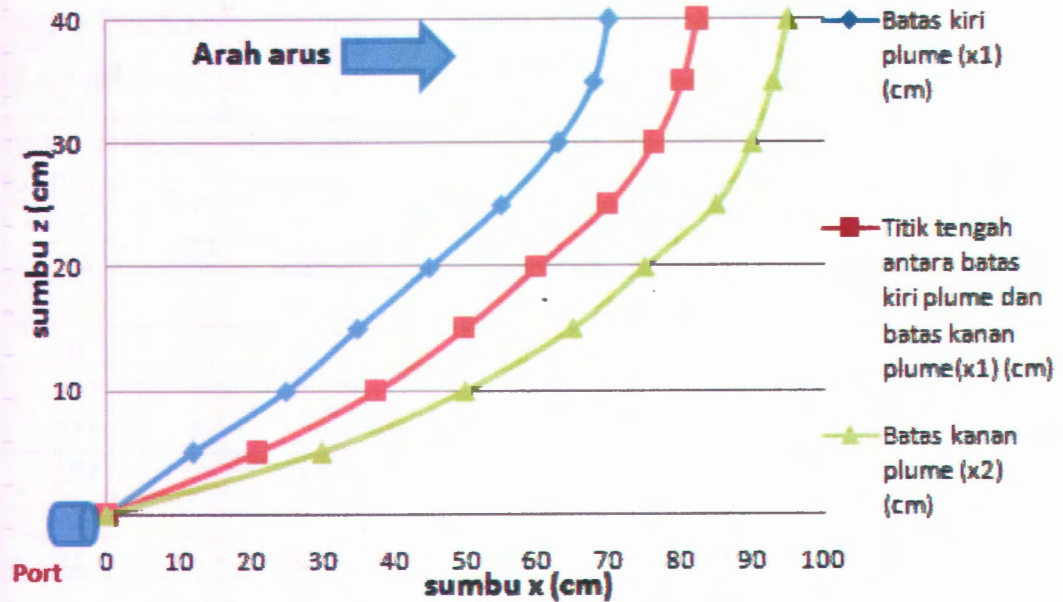
Tabel 4.6 Kordinat Titik di Sumbu X dan Sumbu Z pada Pola Tampak Samping Sudut Port 0° Terhadap Arah Arus dengan  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  2,927

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	10	26.5	43
3	10	28	49	70
4	15	55	73	91
5	20	68	87	106
6	25	75	96.5	118
7	30	78	100.5	123
8	35	79	101.5	124
9	40	80	102.5	125

Kedua gambar diatas merupakan *representasi* dari percobaan pada  $lm/lb$  : 0,349 dan  $Fo$  : 2,927 pada sudut Port 0°. Untuk mendapatkan data pengaruh sudut pada harga  $lm/lb$  dan harga  $Fo$  yang sama, maka perlu dilakukan langkah-langkah analisis yang sama pada sudut 45° dan 90°. Gambar 4.6 dan gambar 4.7 berikut akan disajikan hasil analisa data sebaran *effluent* tampak samping pada sudut port 45° dan 90°.

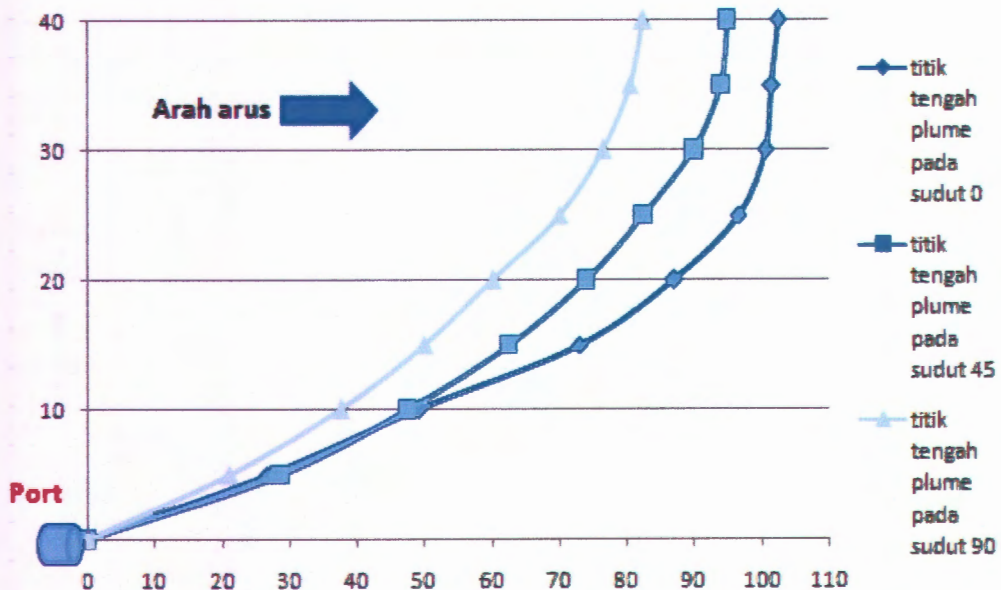


Gambar 4.6 Pola Tampak Samping pada Sudut Port 45° Terhadap Arah Arus dengan  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  2,927



Gambar 4.7 Pola Tampak Samping pada Sudut Port 90° Terhadap Arah Arus dengan  $l_m/l_b$  0,349 dan  $F_o$  2,927

Dari ketiga hasil pola tampak samping pada sudut 0°, 45° dan 90°, maka dapat diambil titik tengah setiap gambar pola tersebut sebagai *representasi* dari masing-masing pola yang kemudian digabungkan menjadi satu sehingga didapat hasilnya pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Pola Tampak Samping pada  $l_m/l_b$  0,349 dan  $F_o$  2,927 dengan Variasi Sudut Terhadap Arah Arus



Dari gambar 4.8 dapat kita analisa dari titik tengah `setiap pola geometri samping bahwa semakin besar sudut perencanaan port yang direncanakan, maka semakin besar kenaikan elevasi yang terjadi. Jika dibandingkan antara sudut  $0^\circ$ , sudut  $45^\circ$  dan sudut  $90^\circ$ , maka dapat kita analisa bahwa pada jarak  $x$  yang sama yaitu 100 cm kenaikan elevasi pada sudut  $0^\circ$  baru mencapai tinggi ( $z$ ) 29 cm. Sedangkan pada sudut  $45^\circ$ , pada jarak yang sama yaitu  $x : 100$  cm kenaikan elevasi *effluent* mencapai ketinggian ( $z$ ) 30 cm. Dan jika dibandingkan dengan sudut  $90^\circ$ , maka kenaikan elevasi *effluent* pada jarak  $x : 100$  cm adalah 40 cm yang berarti bahwa semakin besar sudut port yang direncanakan maka akan berakibat semakin besar atau semakin maksimum kenaikan elevasi *effluent* yang akan berakibat pada pendeknya jarak tempuh *effluent* untuk mencapai permukaan. Hal tersebut juga berlaku pada  $lm/lb : 0,212; 0,520$  dan  $0,726$  serta pada  $Fo : 4,391$  dan  $5,855$ .

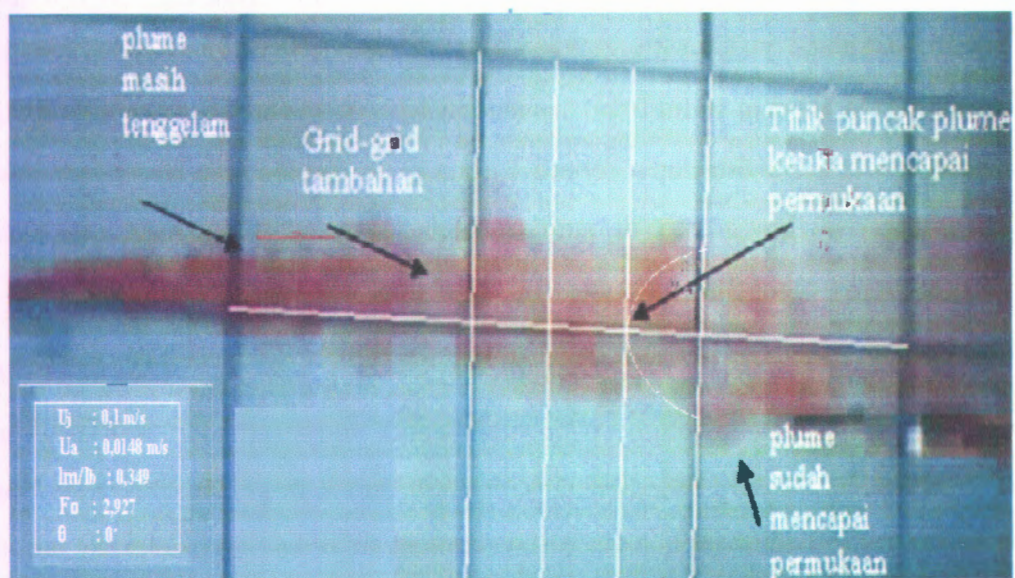
Dapat dilihat pada gambar semakin besar sudut port desain yang direncanakan maka daerah mixing zone yang terjadi adalah semakin dekat dari *discharge port* tersebut. Hal itu ditunjukkan oleh lebih panjangnya garis berwarna biru tua (garis dengan sudut  $0^\circ$ ) daripada garis berwarna biru muda (garis dengan sudut  $90^\circ$ ). Hal itu dapat terjadi karena pada sudut  $90^\circ$  aliran *effluent* yang keluar dari *port* lebih didominasi oleh *buoyancy* (B) dibanding dengan momentum (M).

Pada *port discharge* yang membentuk sudut terhadap arah arus akan menimbulkan suatu plume yang membentuk sudut terhadap arah arus juga. Sudut *port* ( $\theta$ ) yang membentuk sudut terhadap arah gerakan horisontal pada *discharge* berpengaruh pada perilaku kenaikan *plume* pada elevasi tertentu. Pada jarak tertentu ketika momentum sudah tidak berpengaruh lagi pada suatu aliran *effluent*, maka aliran tersebut akan membelok mengikuti arus dan ketika aliran tersebut dipengaruhi oleh *buoyant* maka aliran *effluent* mengalami pembelokan (*Bent over*) menuju permukaan.

Sedangkan untuk menganalisa pengaruh sudut *port* terhadap pola geometri sebaran *effluent* digunakan data hasil percobaan tampak atas, hal ini

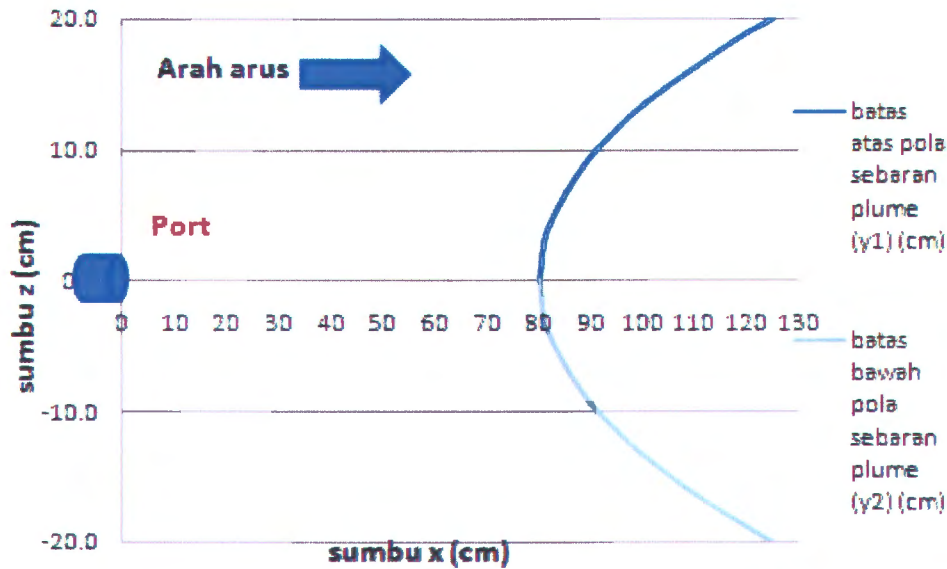
dilakukan agar dapat diketahui pengaruh momentum atau *buoyancy* terhadap persebaran *effluent* itu sendiri pada saat mencapai permukaan dengan memvariasikan sudut port yang berbeda yaitu sudut  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  dan  $90^\circ$ . Seperti yang telah diketahui pada data tampak samping bahwa bahwa karakteristik atau perilaku yang dimiliki oleh *buoyant jet*, bergantung pada *Froude number*, volume awal, *momentum flux* dan *buoyancy flux* awal. Hal diatas juga terjadi pada sebaran pola geometri *effluent* tampak atas dengan pengaruh arus dan perubahan sudut port.

Pada percobaan ini aliran *effluent* (yang membentuk *plume*) tampak atas membentuk suatu kurva parabola. Dari kurva tersebut didapat dua titik pada saat *effluent* mencapai permukaan. Titik pertama ( $y_1$ ) yang membentuk kurva  $y_1$  adalah titik positif atau titik teratas dari sebuah kurva parabola. Untuk titik kedua ( $y_2$ ) yang membentuk kurva  $y_2$  adalah titik positif atau titik terbawah dari sebuah kurva parabola. Dari kedua titik tersebut didapat suatu kurva.



Gambar 4.9 Pola Sebaran *Effluent* Tampak Atas pada Sudut Port  $0^\circ$  Terhadap Arah Arus dengan  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  2,927





Gambar 4.10 Pola Geometri Sebaran *Effluent* Tampak Atas pada Sudut Port 0° Terhadap Arah Arus dengan  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  2,927

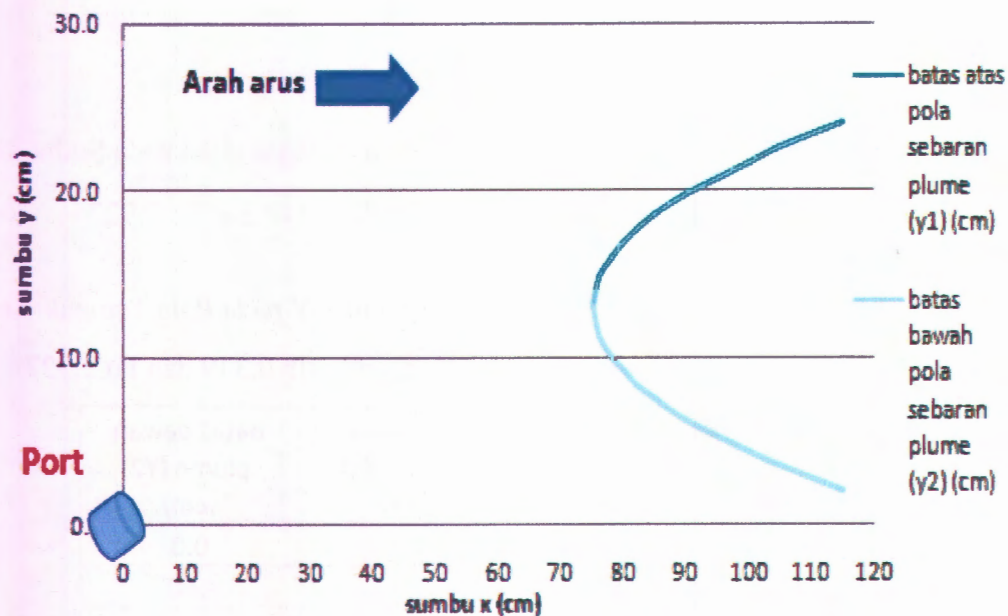
Tabel 4.7 Kordinat Titik di Sumbu X dan Sumbu Y pada Pola Tampak Atas Sudut Port 0° Terhadap Arah Arus dengan  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  2,927

Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	80	0.0	0.0
2	81	3.0	-3.0
3	82	4.2	-4.2
4	85	6.7	-6.7
5	90	9.4	-9.4
6	95	11.5	-11.5
7	100	13.3	-13.3
8	110	16.3	-16.3
9	120	18.9	-18.9
10	125	20.0	-20.0

Gambar 4.9 dan gambar 4.10 diatas adalah *representasi* dari percobaan pada  $lm/lb$  : 0,349 dan  $Fo$  : 2,927 pada sudut 0°, Sehingga dari data diatas dapat dicari persamaan parabola dengan menggunakan titik puncak dan salah satu titik lainnya yang dilintasi dari kurva parabola tersebut yaitu sebagai berikut :

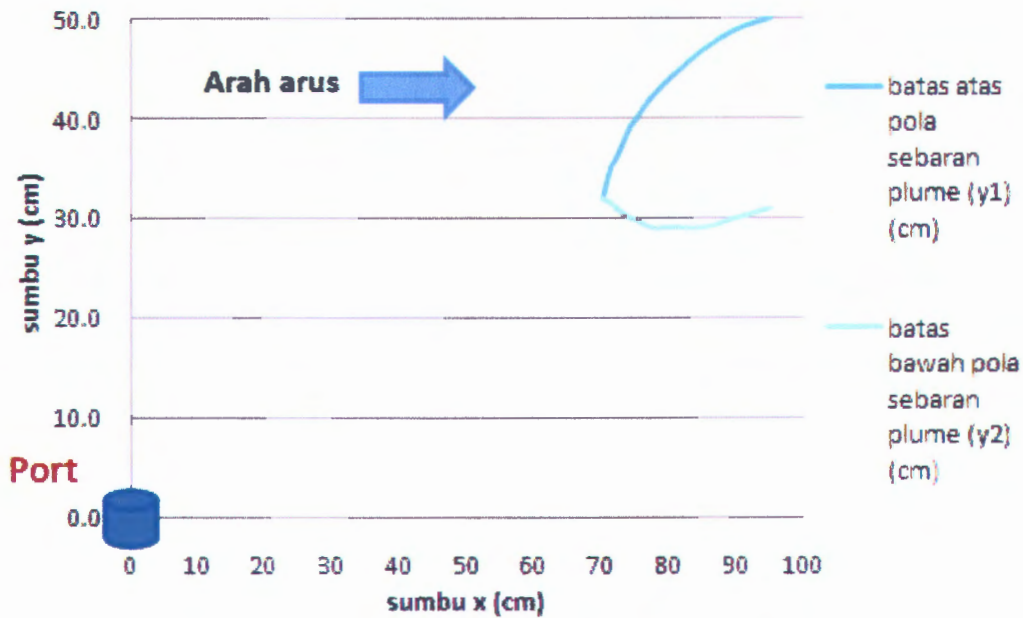
$$y^2 = 8,89x - 711,11 \quad (4.5)$$

Persamaan parabola tersebut didapat dari titik pusat (80,0) dan titik lainnya (125,20) yang kemudian dimasukkan kedalam persamaan parabola umum  $(x-p)=a(y-q)^2$ . Untuk mendapatkan data pengaruh sudut pada harga  $lm/lb$  dan harga  $Fo$  yang sama, maka perlu dilakukan langkah-langkah analisis yang sama pada sudut  $45^\circ$  dan  $90^\circ$ . Gambar 4.11 dan gambar 4.12 berikut akan disajikan hasil analisa data sebaran pola geometri *effluent* tampak atas pada sudut  $45^\circ$  dan  $90^\circ$ .



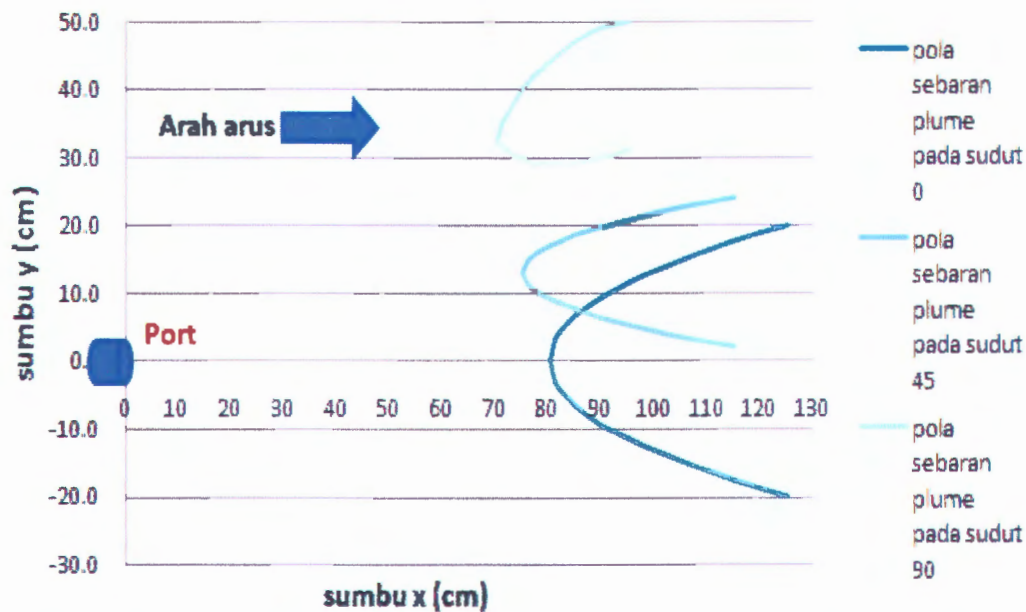
Gambar 4.11 Pola Geometri Sebaran *Effluent* Tampak Atas pada Sudut Port  $45^\circ$  Terhadap Arah Arus dengan  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  2,927





Gambar 4.12 Pola Geometri Sebaran *Effluent* Tampak Atas pada Sudut Port 90° Terhadap Arah Arus dengan  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  2,927

Dari ketiga hasil pola tampak atas pada sudut 0°, 45° dan 90°, maka dapat digabungkan hingga membentuk suatu bentuk dengan satu sumbu x-y yang disajikan dalam gambar 4.13.



Gambar 4.13 Pola Geometri Sebaran *Effluent* Tampak Atas dengan  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  2,927 pada Perubahan Sudut Port Terhadap Arah Arus

Dari gambar 4.13 dapat kita analisa pola geometri sebaran *effluent* tampak atas bahwa semakin besar sudut perencanaan port yang direncanakan, maka semakin sempit luasan pola geometri sebaran *effluent* yang dihasilkan disamping itu juga semakin besar sudut perencanaan port yang direncanakan maka jarak sebaran semakin dekat dengan sumber port. Hal itu dapat terjadi karena pada sudut 90° aliran *effluent* yang keluar dari *port* dibelokkan searah dengan arah arus dan pada jarak tertentu mengalami *buoyancy* dan mengalami pembelokan kearah permukaan sehingga dari dua kali pembelokan tersebut besarnya luasan *plume* yang ada pada aliran tersebut menjadi berkurang ketika mencapai permukaan. Hal ini berbeda pada sudut 0° dimana aliran *plume* langsung di bawa oleh arus menuju arah horisontal dan pada jarak tertentu gaya *buoyancy* mempengaruhi peergerakannya untuk membelok kepermukaan. Dari data pada gambar 4.13 dapat diperoleh suatu persamaan parabola pada sudut 45° dan 90° dengan memasukan titik puncak dan salah satu titik lainnya yang melewati kurva parabola tersebut. Untuk persamaan parabola pada harga  $lm/lb : 0,349$  dan besarnya *Froude number* 2,927 pada sudut 45°, dapat diperoleh sebagai berikut :

$$y^2 - 150y = 3x - 5664 \quad (4.6)$$

Sedangkan pada sudut 90° dengan harga  $lm/lb 0,349$  dan besarnya *Froude number* 2,927 dapat diperoleh persamaan parabola sebagai berikut :

$$0,866x - 0,5y = -0,56(0,5x + 0,866y)^2 + 86,5(0,5x + 0,866y) - 3175,3 \quad (4.7)$$

#### 4.4 Analisa Pengaruh Kecepatan Arus Terhadap Pola Geometri Sebaran Effluent

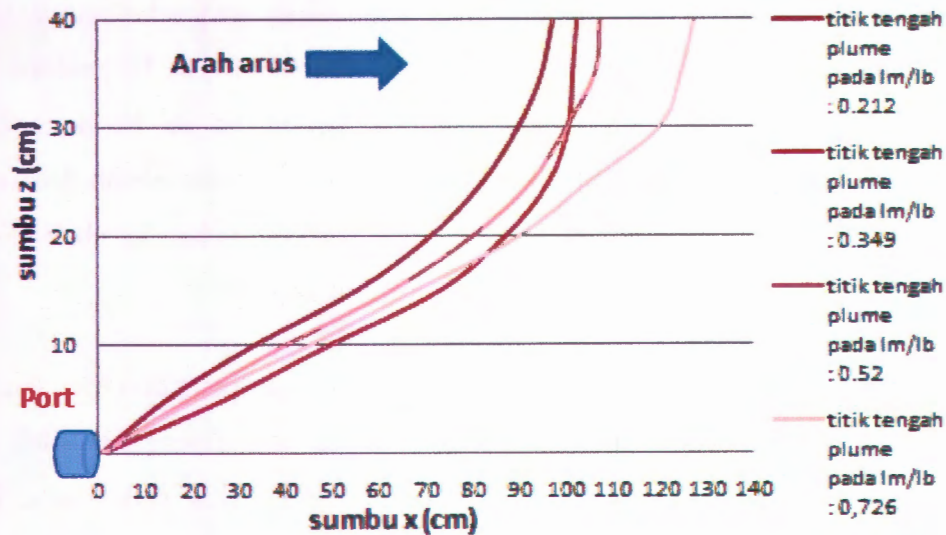
Proses penganalisaan pengaruh kecepatan arus terhadap pola geometri sebaran *effluent* pada dasarnya sama dengan proses penganalisaan pengaruh perubahan sudut port terhadap pola geometri sebaran *effluent*. Untuk data tampak samping digunakan foto-fot hasil percobaan tampak samping, sehingga dapat diketahui pengaruh momentum atau *buoyancy* terhadap aliran *effluent* itu sendiri pada  $lm/lb$  yang berbeda yaitu pada  $lm/lb : 0,211$ ;  $lm/lb: 0,349$ ;  $lm/lb:$



0,520 dan  $lm/lb$ : 0,726. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa karakteristik atau perilaku yang dimiliki oleh *buoyant jet*, bergantung pada *Froude number* dan *buoyancy fluxs* awal. Fenomena ini berlanjut ketika *buoyant jet* mengalir dan berada pada jarak tertentu maka sebuah *buoyant jet* akan terpengaruh oleh karakter *plume* yang kemudian akan berubah menjadi sebuah *plume* dan bergerak naik menuju permukaan.

Hal tersebut juga terjadi pada percobaan ini, dengan pengaruh arus dan *ford number* aliran *effluent* membentuk suatu kurva yang dipengaruhi oleh  $lm/lb$  dan *ford number*. Dari kurva tersebut didapat tiga titik pada saat *effluent* mencapai permukaan. Ketiga titik tersebut dijelaskan pada sub bab berikutnya. Titik pertama ( $z_1$ ) adalah titik sebelah kiri. Sedangkan untuk titik kedua ( $z_2$ ) adalah titik terjauh pada permukaan dimana titik ini berada disebelah kanan dan titik yang ketiga ( $z$ ) membentuk kurva Z adalah titik tengah antara titik pertama dan titik kedua (*centreline*). Dari setiap titik-titik tersebut kemudian dibuat suatu kurva dengan menghubungkannya pada titik keluarnya *effluent* dari suatu port, Sehingga didapat suatu kurva.

Dari setiap kurva tersebut didapat titik tengah masing-masing  $z/lb$  dan digabungkan pada sudut yang sama serta *Froude number* yang sama. Data tampak samping yang telah diperoleh dengan memvariasikan *Froude number* dan  $lm/lb$ , maka dapat dianalisa pengaruhnya terhadap kenaikan elevasi *effluent* dalam suatu desain outfall. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa aliran yang dibentuk oleh suatu *effluent* yang membentuk suatu *plume* dipengaruhi oleh *Froude number* dan *buoyancy fluxs*, hal tersebut lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



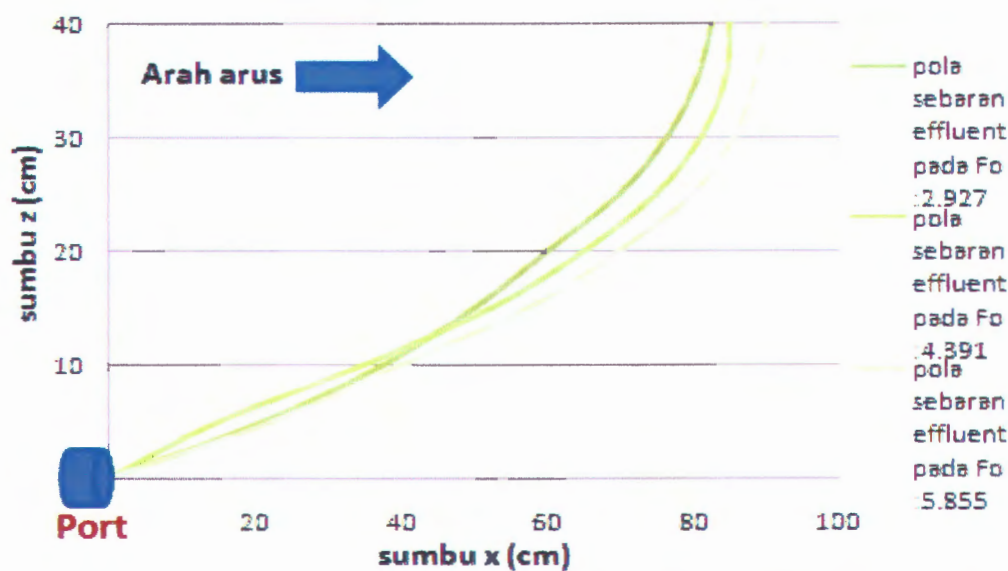
Gambar 4.14 Pola Tampak Samping pada  $Fo$  2.927 dan Sudut Port  $0^\circ$  Terhadap Arah Arus dengan Variasi lm/lb

Dari gambar 4.14 diatas dapat diketahui bahwa semakin besar harga lm/lb, maka semakin lambat kenaikan elevasi aliran *effluent* hal tersebut berakibat pada semakin jauhnya jarak *effluent* dari port untuk mencapai permukaan. Hal itu ditunjukkan pada jarak x yang sama yaitu jarak x : 95 cm. Pada jarak tersebut untuk nilai lm/lb : 0,726 mempunyai harga kenaikan elevasi sebesar z : 22 cm, sedangkan lm/lb : 0,52 ketinggian elevasinya mencapai 25 cm, sementara untuk lm/lb : 0,349 mempunyai ketinggian elevasi 28 cm, dan untuk jarak x yang sama kenaikan elevasi lm/lb : 0,33 sudah mencapai 40 cm.

Hal tersebut dapat terjadi karena pada harga lb yang lebih besar dari pada harga lm pada suatu *effluent*, maka aliran akan lebih didominasi oleh gaya *buoyancy* daripada gaya momentum, sehingga kenaikan elevasi suatu *effluent* lebih maksimum dibanding dengan harga lb yang lebih kecil daripada harga lm. Gaya *buoyancy* yang mendominasi suatu aliran akan membuat aliran tersebut terangkat keatas. Sedangkan pada harga lm/lb yang lebih besar, maka gaya momentum yang lebih berpengaruh pada suatu aliran sehingga membuat aliran tersebut didorong oleh gaya momentum yang menyebabkan kenaikan elevasi untuk mencapai permukaan menjadi semakin melambat, namun pada jarak tertentu ketika gaya momentum tersebut berkurang maka aliran akan



dipengaruhi oleh *buoyancy* yang menyebabkan aliran tersebut membelok menuju permukaan. Hal itu mengakibatkan jarak *effluent* untuk mencapai permukaan menjadi semakin jauh dibanding aliran yang dipengaruhi oleh *buoyancy*. Sedangkan untuk pengaruh *Froude number* pada suatu sistem *outfall* dapat dilihat dalam gambar 4.15



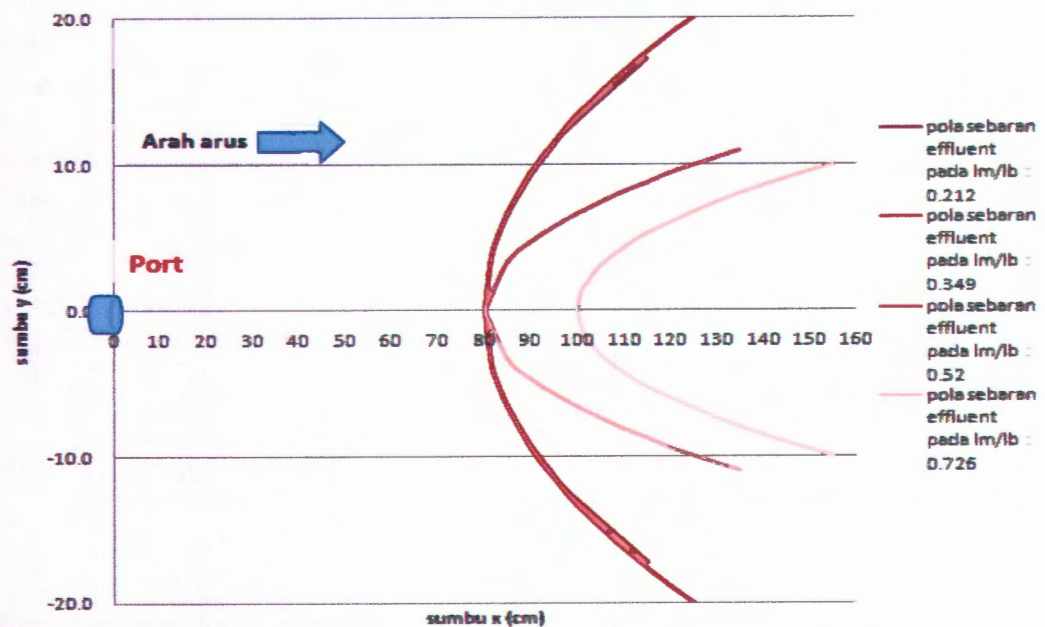
Gambar 4.15 Pola Tampak Samping pada  $lm/lb : 0.349$  dan sudut port  $90^\circ$  Terhadap Arah Arus dengan Variasi  $Fo$

Dari gambar 4.15 dapat diketahui pengaruh *Froude number* pada kenaikan elevasi suatu *effluent* yaitu bahwa semakin besar harga *Froude number*, maka semakin kecil kenaikan elevasi suatu *effluent* untuk mencapai permukaan. Hal ini dapat dilihat, bahwa pada jarak  $x$  yang sama yaitu 80 cm *Froude number* : 2,927 telah mencapai kenaikan elevasi maksimum di banding *Froude number* lainnya.

Hal ini terjadi karena pada *Froude number* yang kecil maka pengaruh gaya *buoyancy* menjadi semakin besar dan untuk harga *Froude number* yang besar dipengaruhi oleh gaya momentum yang besar, hal ini menyebabkan aliran tersebut membutuhkan jarak yang lebih jauh agar pengaruh momentum melemah dan pengaruh *buoyancy* semakin besar. Hal tersebut memberikan informasi dalam pendesainan suatu sistem *ocean outfall* dimana pada sudut yang keberapa terjadi kenaikan elevasi *effluent* maksimum dalam merancang

suatu pembuangan limbah, sehingga dapat mengetahui jarak aman kenaikan *plume* yang masih dalam ambang batas toleransi pencemaran, khususnya di lepas pantai.

Untuk mengetahui pengaruh *Froude number* dan *lm/lb* pada pola geometri sebaran *effluent*, maka dapat diamati dengan memvariasikan besarnya *Froude number* dan harga *lm/lb*, hal tersebut lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.16 Pola Tampak Samping pada  $Fo$  2,927 dan sudut  $0^\circ$  Terhadap Arah Arus dengan Variasi *lm/lb*

Dari gambar 4.16 diatas dapat diketahui bahwa semakin besar harga *lm/lb*, maka semakin makin jauh jarak *effluent* untuk mencapai permukaan. Hal itu ditunjukkan dengan berbedanya jarak titik puncak parabola pada *lm/lb* : 0,212; *lm/lb* : 0,349; *lm/lb* 0,52 dan 0,726. Dari kurva parabolik tersebut, maka dapat kita cari persamaan setiap kurva parabola dengan memakai titik puncak dan titik lainnya yang melintasi kurva parabola tersebut, sehingga dapat diperoleh persamaan parabola untuk *lm/lb* : 0,212 dan *Froude number* : 2,927 pada sudut  $0^\circ$  yaitu :

$$y^2 = 8,5x - 682 \quad (4.8)$$



Sedangkan untuk kurva parabola yang memiliki harga  $lm/lb$  : 0,349 dan *Froude number* : 2,927 serta sudut  $0^\circ$  memiliki persamaan parabola :

$$y^2 = 8,89x - 711,11 \quad (4.9)$$

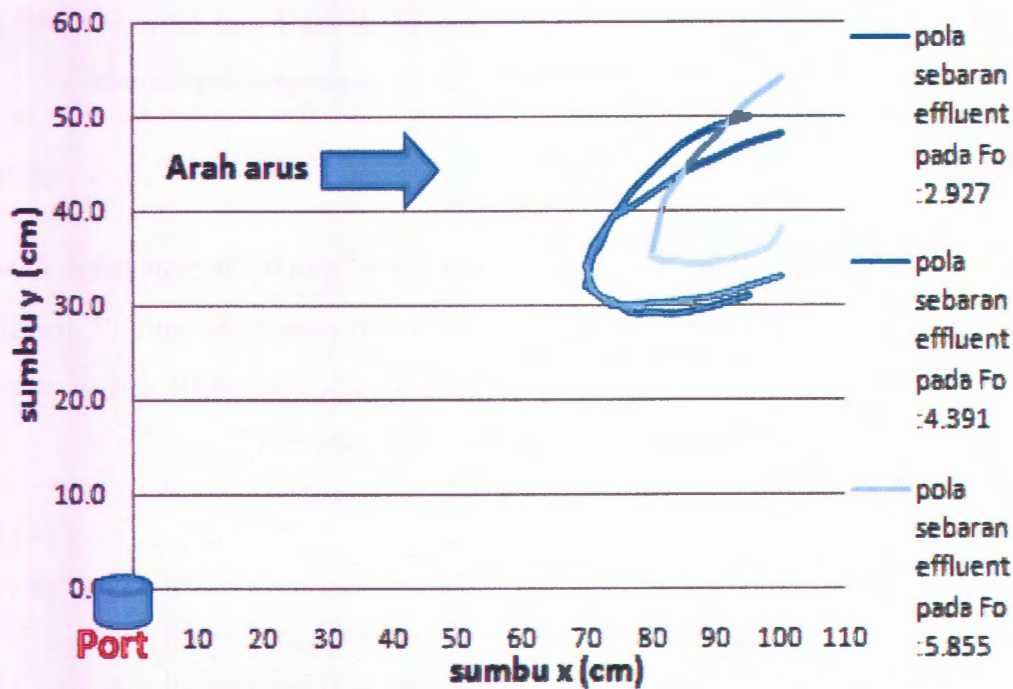
Untuk kurva parabola dengan harga  $lm/lb$  : 0,52 dan 0,726 pada harga *Froude number* yang sama yaitu 0,2922 dan sudut port yang sama yaitu  $0^\circ$ , memiliki persamaan parabola yang ditunjukkan pada persamaan 4.10 dan persamaan 4.11 yaitu sebagai berikut :

$$y^2 = 2,2x - 176,02 \quad (4.10)$$

$$y^2 = 1,82x - 181,82 \quad (4.11)$$

Semakin kecilnya luasan pola sebaran geometri akibat penambahan dari  $lm/lb$  yang ditunjukkan pada persamaan 4.16 tersebut dapat terjadi karena pada harga  $lm/lb$  yang kecil aliran suatu *effluent* lebih didominasi oleh gaya *buoyancy*. Hal itu mengakibatkan jarak *effluent* untuk mencapai permukaan menjadi semakin dekat dibanding aliran yang mempunyai  $lm/lb$  besar. Sedangkan untuk pengaruh *Froude number* pada suatu sistem *outfall* dapat dilihat dalam gambar 4.17. Dari gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa semakin besar harga *Froude number*, maka luasan pola geometri sebaran *effluent* akan semakin mengecil dengan jarak titik puncak parabola semakin menjauh dari sumber port.





Gambar 4.17 Pola Tampak Atas pada  $lm/lb : 0,349$  dan sudut  $90^\circ$  Terhadap Arah Arus dengan Variasi  $Fo$

Dari gambar 4.17 dapat diketahui bahwa *ford number* berpengaruh pada luas atau sempitnya pola sebaran *effluent*. Pada setiap kurva yang ditunjukkan pada gambar 4.17 dapat diperoleh suatu persamaan parabola dengan menggunakan titik puncak dan salah satu titik yang dilewati oleh kurva tersebut. Persamaan parabola dengan harga  $lm/lb : 0,349$  pada sudut port  $90^\circ$  dan harga *Froude number* : 2,927 adalah sebagai berikut :

$$0,866x - 0,5y = -0,56(0,5x + 0,866y)^2 + 86,5(0,5x + 0,866y) - 3175,3 \quad (4.12)$$

Untuk harga  $lm/lb : 0,349$  dan sudut port  $90^\circ$  dengan harga *Froude number* : 4,391, memiliki persamaan parabola sebagai berikut :

$$0,866x - 0,5y = -3(0,5x + 0,866y)^2 - 397,2(0,5x + 0,866y) - 37473,8 \quad (4.13)$$

Sedangkan pada persamaan parabola yang memiliki harga *Froude number* : 5,855 dengan harga  $lm/lb$  dan sudut port yang sama yaitu  $lm/lb : 0,349$  dan sudut port  $90^\circ$ , memiliki persamaan parabola sebagai berikut :



$$0,866x-0,5y = -2,77(0,5x+0,866y)^2 - 439,43(0,5x+0,866y) + 50,59 \quad (4.14)$$

Hal tersebut memberikan informasi dalam pendesainan suatu sistem *ocean outfall* dimana pada sudut dan besarnya *Froude number* yang keberapa terjadi pola sebaran *effluent* yang tidak terlalu luas dalam merancang suatu pembuangan limbah, sehingga dapat mengetahui luasan atau daerah *mixing zone* yang aman yang masih dalam ambang batas toleransi pencemaran, khususnya di lepas pantai.

Dari hasil visualisasi dan analisa kurva parabola, maka didapat persamaan parabola dengan menggunakan titik puncak dan salah satu titik lainnya yang dilewati oleh kurva parabola tersebut pada setiap harga *lm/lb*, *Froude number* dan besarnya sudut port. Pada setiap besarnya harga *lm/lb*, *Froude number*, dan besarnya sudut port dapat diperlihatkan pada table 4.8 sampai table 4.10.

Tabel 4.8 Persamaan Parabola pada Sudut Port 0° Terhadap Arah Arus dengan Variasi *lm/lb* dan *Froude number*

Besarnya Harga Froude number lm/lb	2,927	4,391	5,855
0,212	$y^2 = 8,5x - 682$	$y^2 = 72,9x - 6561,2$	$y^2 = 15x - 1201,9$
0,349	$y^2 = 8,89x - 711,11$	$y^2 = 18,23x - 1640,54$	$y^2 = 17,86x - 1785,7$
0,52	$y^2 = 2,2x - 176,02$	$y^2 = 10,75x - 1021,78$	$y^2 = 17,64x - 1851,85$
0,726	$y^2 = 1,82x - 181,82$	$y^2 = 13,3x - 1533,33$	$y^2 = 8,82x - 1146,59$

Tabel 4.9 Persamaan Parabola pada Sudut 45° Terhadap Arah Arus dengan Variasi *lm/lb* dan *Froude number*

Besarnya Harga Froude number lm/lb	2,927	4,391	5,855
0,212	$y^2 - 26y = 6,4x - 553$	$y^2 - 32y = 22,5x - 1544$	$y^2 - 40y = 6x - 820$
0,349	$y^2 - 150y = 3x - 5664$	$y^2 - 32y = 4,22x - 594$	$y^2 - 40y = 5,33x - 853,05$
0,52	$y^2 - 26y = 1,31x - 267,4$	$y^2 - 32y = 4,8x - 664$	$y^2 - 40y = 3,67x - 749,12$
0,726	$y^2 - 26y = 1,4x - 309$	$y^2 - 32y = 1,2x - 388$	$y^2 - 40y = 3,1x - 725,5$

Tabel 4.8 Persamaan Parabola pada Sudut 90° Terhadap Arah Arus dengan Variasi lm/lb dan Froude number

Besarnya Harga Froude number lm/lb	2,927	4,391	5,855
0,212	$0,866x-0,5y=0,093(0,5x+0,866y)^2+$ $-15,06(0,5x+0,866y)-799,77$	$0,866x-0,5y=0,614(0,5x+0,866y)^2-$ $78,13(0,5x+0,866y)-2509,8$	$0,866x-0,5y=-0,21(0,5x+0,866y)^2+$ $30,2(0,5x+0,866y)-802,9$
0,349	$0,866x-0,5y=-0,56(0,5x+0,866y)^2+$ $86,5(0,5x+0,866y)-3175,3$	$0,866x-0,5y=-3(0,5x+0,866y)^2-$ $397,2(0,5x+0,866y)-37473,8$	$0,866x-0,5y=-2,77(0,5x+0,866y)^2-$ $439,43(0,5x+0,866y)+50,59$
0,52	$0,866x-0,5y=0,032(0,5x+0,866y)^2+$ $4,9(0,5x+0,866y)-406,67$	$0,866x-0,5y=-0,69(0,5x+0,866y)^2+$ $101,92(0,5x+0,866y)-3663,8$	$0,866x-0,5y=-1,67(0,5x+0,866y)^2+$ $253,95(0,5x+0,866y)+2240,6$
0,726	$0,866x-0,5y=-0,37(0,5x+0,866y)^2+$ $59(0,5x+0,866y)-2259,6$	$y^2-68y=2,32x-1341,6$	$y^2-70y=1,16x-1329,4$

Dari hasil persamaan parabola pada setiap besarnya perubahan sudut port, lm/lb serta Froude number dapat disimpulkan bahwa pada sudut port 0°, 45° dan 90° pada setiap perubahan besarnya lm/lb dan Froude number memiliki perbedaan. Untuk persamaan parabola pada sudut port 0° memiliki persamaan yang sederhana dibandingkan pada persamaan parabola pada sudut port 45° ataupun 90°, yaitu persamaan y kuadrat. Hal itu terjadi karena titik puncak berada di garis sumbu y pada titik 0. Sedangkan untuk persamaan parabola pada sudut port 45° memiliki karakteristik persamaan parabola yaitu y kuadrat minus y. Namun hal itu berbeda pada persamaan parabola pada sudut port 90°, pada persamaan parabola dengan sudut port 90° memiliki persamaan parabola yang rumit. Persamaan parabola pada sudut port 90° adalah hasil persamaan parabola yang telah di rotasikan sebesar sudut 30° (karena pola persebaran effluent tampak atas mempunyai kecenderungan membentuk sudut sebesar 30° dari sumbu y).



## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil percobaan dan analisa data pada pola geometri sebaran *effluent*, dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin besar arus yang terjadi pada suatu perairan (ditunjukkan dengan *lm/lb*) yang difasilitasi sistem *outfall*, maka semakin kecil kenaikan elevasi *effluent* untuk mencapai permukaan. Hal itu mengakibatkan semakin kecilnya luasan pola geometri sebaran *effluent* dan semakin jauhnya jarak *effluent* untuk mencapai permukaan hal ini ditunjukkan dengan persamaan parabola 4.11. Persamaan parabola 4.11 tersebut menyatakan bahwa pada harga *lm/lb* yang terbesar (yaitu pada *lm/lb* : 0,72), sebaran *effluent* mengalami luasan *mixing zone* terbaik dibandingkan pada *lm/lb* 0,212; 0,349 dan 0,52.
2. Semakin besar sudut yang digunakan dalam perencanaan sistem *ocean outfall*, maka kenaikan elevasi *effluent* semakin besar. Hal tersebut berpengaruh pada luasan pola geometri sebaran *effluent* yang semakin kecil dan dekat dengan sumber port, hal ini dapat ditunjukkan dengan persamaan parabola 4.7. Persamaan parabola 4.7 menyatakan bahwa pada sudut port 90° dari arah arus, sebaran *effluent* mengalami luasan *mixing zone* terbaik dibandingkan pada sudut 0° dan 45°.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian *outfall* berikutnya adalah hendaknya menambah variasi sudut port berlawanan dengan arah arus sehingga dapat diketahui pola sebaran *effluent* dari *negative buoyant jet outfall*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bishop, P L. 1983. **Marine Pollution and Its Control**. New York : McGraw-Hill Book Company.
- Chu, V.H. 1996. Jets and plume, dalam **Environmental Hydraulics**, diedit oleh V. P. Singh and W. H. Hager. Kluwer Academic Publisers. Printed in Netherlands.
- Fischer, H.B. 1979. **Mixing in Inland and Coastal Waters**. Academic Press. New York.
- Hino, M. 1994. **Water Quality and Its Control**. Departement of Civil Engineering. Tokyo Institute of Technology, O-Okayama, Meguroku, Tokyo-Japan.
- Kim, D.G dan Seo, I.W. 2001. Modelling the mixing of heated water discharged from a submerged multiport diffuser. **Journal of Hidraulic Research**, vol.38. 2000, no. 4.
- Lee, J.H.W dan V. Cheung,. 1991. Mixing of buoyancy-dominated jets in a weak current. **Proc. Institute Civil Engineerings**, part 2, 1991, march., 113-129.
- Londong. 2008. "Analisa Pengaruh Kedalaman *Ocean Outfall* Terhadap *Initiall Dilution* Dan Pola Sebaran *Plume* Permukaan Di Lingkungan Laut Bergelombang ". **Tugas Akhir S1**. Fakultas Teknologi Kelautan ITS. Surabaya.
- Mukhtasor. 2001a. "Hydrodynamic Modeling Ecological Risk-based Design of Produced Water Discharge from An Offshore Platform". **Ph.D Thesis**. Memorial University of Newfoundland St.John's NL. Canada
- Mukhtasor.2001b."Unjuk Kerja Teknologi *Ocean Outfall* : Mencari Alternatif Penanganan Limbah di Lingkungan Pantai". **Jurnal Teknologi Kelautan**, Vol. 5, No 1, Januari 2001, hal. 38 - 42.
- Mukhtasor, L.M. Lee, dan J.J. Sharp. 2002. A new approach to modelling initial dilution of buoyancy-dominated jet in moving water. **Journal Environmental Engineering, Sci.**, vol.1. 2002.
- Mukhtasor. 2007. **Pencemaran Pesisir dan Laut**. PT PRADNYA PARAMITA. Surabaya.



Pribadi. 2005. "Pemodelan Dilusi *Outfall* Pada Aliran Arus Lemah Menggunakan Transducer Temperatur ". **Tugas Akhir S1**. Fakultas Teknologi Kelautan ITS. Surabaya.

Sembiring, R. K. 2003. **Analisis Regresi**. Penerbit ITB: Bandung.

Wright, S.J. 1977. Effect of ambient crossflows and density stratification on the characteristic behavior of round turbulent buoyant jets. **Report no. KH-R-36**.

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a blue shield with a white emblem inside, followed by the letters 'ITS' in a bold, sans-serif font. The logos are arranged in a grid-like pattern across the entire page.

**LAMPIRAN A**  
**DATA PERCOBAAN**



## Lampiran A : Data Percobaan

### Data Percobaan I (Dengan nilai kecepatan effluent 10 cm/s)

no percobaan	D cm	A cm <sup>2</sup>	h cm	Ua cm/s	Uj1 cm/s	Q cm <sup>3</sup> /s	peff	pamb	$\Delta peff/pamb$
1	0.75	0.44	40	1.48	10	4.42	980.5	996.3	0.016
2	0.75	0.44	40	1.9	10	4.42	980.5	996.3	0.016
3	0.75	0.44	40	2.32	10	4.42	980.5	996.3	0.016
4	0.75	0.44	40	2.74	10	4.42	980.5	996.3	0.016

### Data Percobaan II (Dengan nilai kecepatan effluent 15 cm/s)

no percobaan	D cm	A cm <sup>2</sup>	h cm	Ua cm/s	Uj1 cm/s	Q cm <sup>3</sup> /s	peff	pamb	$\Delta peff/pamb$
5	0.75	0.44	40	1.48	15	6.62	980.5	996.3	0.016
6	0.75	0.44	40	1.9	15	6.62	980.5	996.3	0.016
7	0.75	0.44	40	2.32	15	6.62	980.5	996.3	0.016
8	0.75	0.44	40	2.74	15	6.62	980.5	996.3	0.016

### Data Percobaan III (Dengan nilai kecepatan effluent 20 cm/s)

no percobaan	D cm	A cm <sup>2</sup>	h cm	Ua cm/s	Uj1 cm/s	Q cm <sup>3</sup> /s	peff	pamb	$\Delta peff/pamb$
9	0.75	0.44	40	1.48	20	8.83	980.5	996.3	0.016
10	0.75	0.44	40	1.9	20	8.83	980.5	996.3	0.016
11	0.75	0.44	40	2.32	20	8.83	980.5	996.3	0.016
12	0.75	0.44	40	2.74	20	8.83	980.5	996.3	0.016

The background of the page is a repeating pattern of the ITS logo, which consists of a blue shield with a white emblem inside, followed by the letters 'ITS' and the text 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember' in a smaller font.

**LAMPIRAN B**  
**DATA SKALA PANJANG DAN**  
**PARAMETER PERCOBAAN**



**Lampiran B : Data Skala Panjang dan Parameter Percobaan**

**Data Skala Panjang dan Parameter Percobaan I (Dengan nilai kecepatan effluent 10 cm/s)**

no percobaan	Ua cm/s	M cm <sup>4</sup> /s <sup>2</sup>	B cm <sup>4</sup> /s <sup>3</sup>	Im cm	Ib cm	Im/Ib	g	Fo	H/D <sup>3</sup> Fo
1	1.48	44.16	68.70	4.48	21.19	0.212	15.56	2.927	18.21
2	1.9	44.16	68.70	3.50	10.02	0.349	15.56	2.927	18.21
3	2.32	44.16	68.70	2.88	5.50	0.521	15.56	2.927	18.21
4	2.74	44.16	68.70	2.48	3.34	0.726	15.56	2.927	18.21

**Data Skala Panjang dan Parameter Percobaan II (Dengan nilai kecepatan effluent 15 cm/s)**

no percobaan	Ua cm/s	M cm <sup>4</sup> /s <sup>2</sup>	B cm <sup>4</sup> /s <sup>3</sup>	Im cm	Ib cm	Im/Ib	g	Fo	H/D <sup>3</sup> Fo
5	1.48	0.00	0.00	0.34	0.01	0.212	15.56	4.394	12.14
6	1.9	0.00	0.00	0.37	0.01	0.349	15.56	4.394	12.14
7	2.32	0.00	0.00	0.40	0.01	0.521	15.56	4.394	12.14
8	2.74	0.00	0.00	0.43	0.01	0.726	15.56	4.394	12.14

**Data Skala Panjang dan Parameter Percobaan III (Dengan nilai kecepatan effluent 20 cm/s)**

no percobaan	Ua cm/s	M cm <sup>4</sup> /s <sup>2</sup>	B cm <sup>4</sup> /s <sup>3</sup>	Im cm	Ib cm	Im/Ib	g	Fo	H/D <sup>3</sup> Fo
9	1.48	176.63	137.38	8.98	42.38	0.212	15.56	5.855	9.10
10	1.9	176.63	137.38	6.99	20.03	0.349	15.56	5.855	9.10
11	2.32	176.63	137.38	5.73	11.00	0.521	15.56	5.855	9.10
12	2.74	176.63	137.38	4.85	6.68	0.726	15.56	5.855	9.10

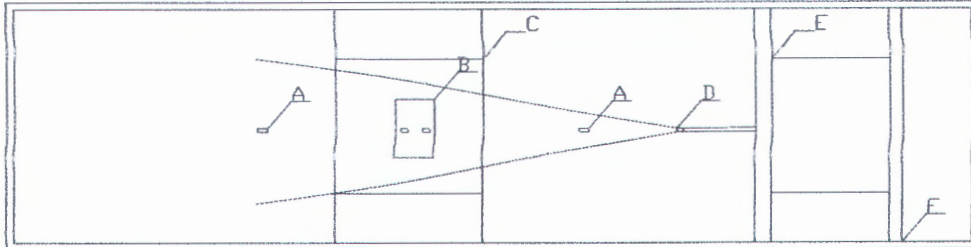
The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a blue shield with a white emblem inside, followed by the letters 'ITS' in a bold, sans-serif font. The logos are arranged in a grid-like pattern across the entire page.

**LAMPIRAN C**  
**SET PERCOBAAN**

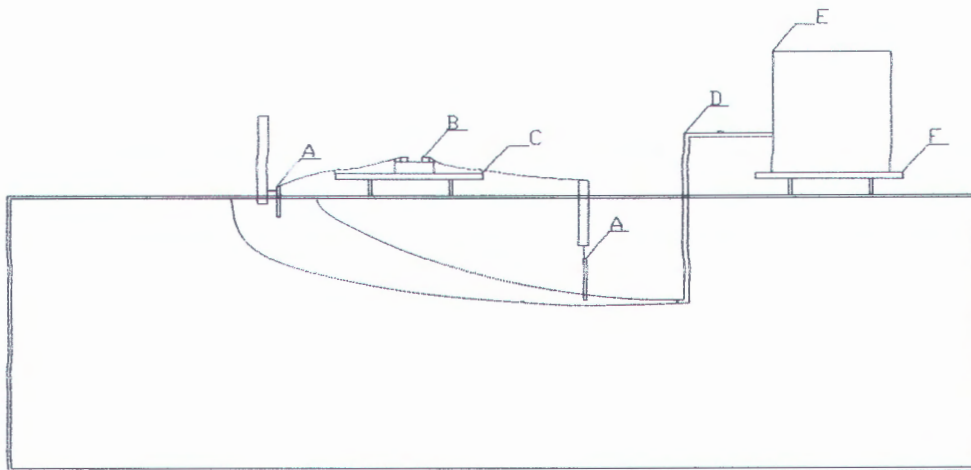


Lampiran C : Set Percobaan Pola Geometri Sebaran *Effluent*

Tampak Atas



Tampak Samping



- Keterangan gambar:
- A : Transducer
  - B : Thermocopel
  - C : Tempat dudukan Thermokopel
  - D : Pipa port
  - E : Reservoar
  - F : Tempat dudukan reservoar

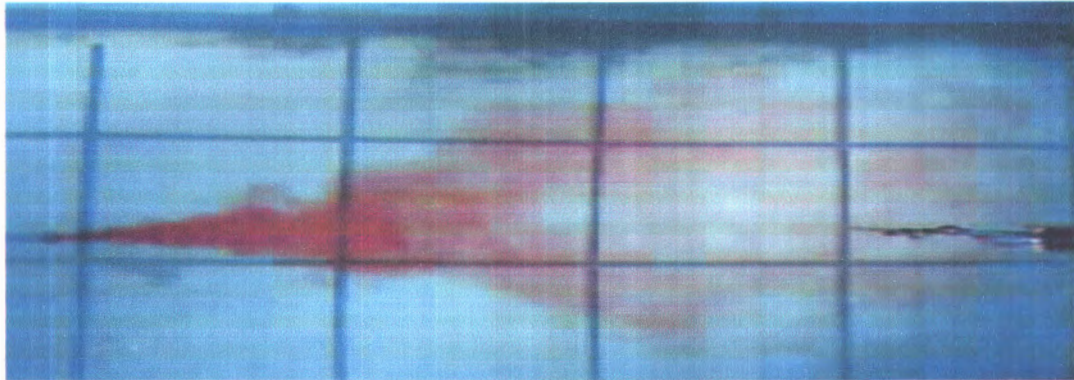
Gambar c.1 Set Percobaan Pola Geometri Sebaran *Effluent*

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a blue shield with a white emblem inside, followed by the letters 'ITS' in a bold, sans-serif font. The logos are arranged in a grid-like pattern across the entire page.

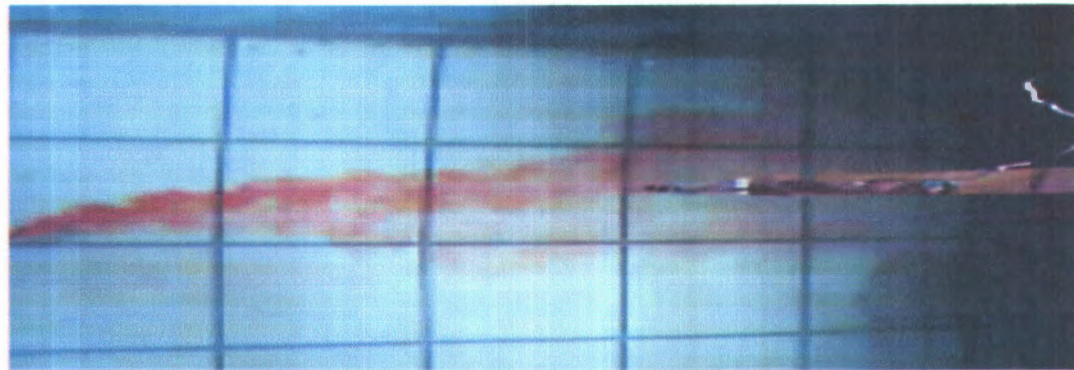
**LAMPIRAN D**  
**FOTO HASIL PERCOBAAN**  
**POLA GEOMETRI SEBARAN**  
***EFFLUENT***



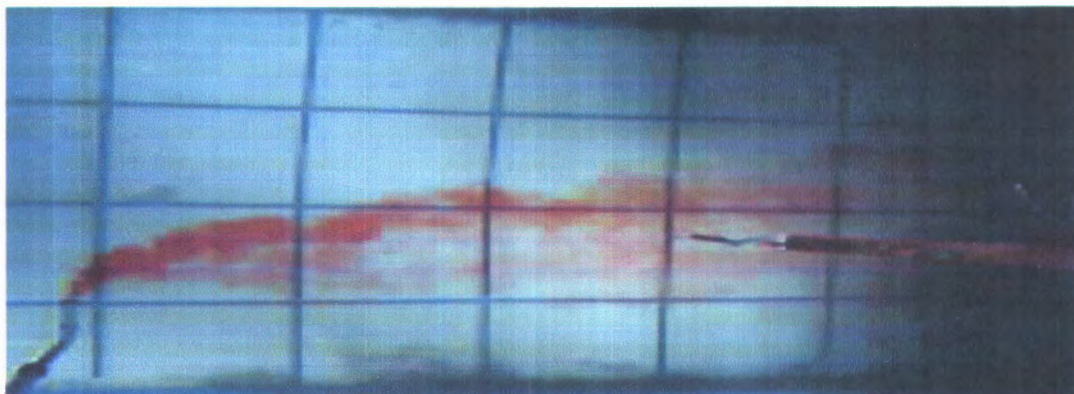
Lampiran D : Foto Hasil Percobaan Pola Geometri Sebaran Effluent



Gambar E.1 Sebaran *Effluent* tampak atas pada Sudut  $0^\circ$  Terhadap Arah Arus  $lm/lb$  0,212 dan  $Fo$  2,927



Gambar E.2 Sebaran *Effluent* tampak atas pada Sudut  $45^\circ$  Terhadap Arah Arus  $lm/lb$  0,212 dan  $Fo$  2,927



Gambar E.3 Sebaran *Effluent* tampak atas pada Sudut  $45^\circ$  Terhadap Arah Arus  $lm/lb$  0,212 dan  $Fo$  2,927

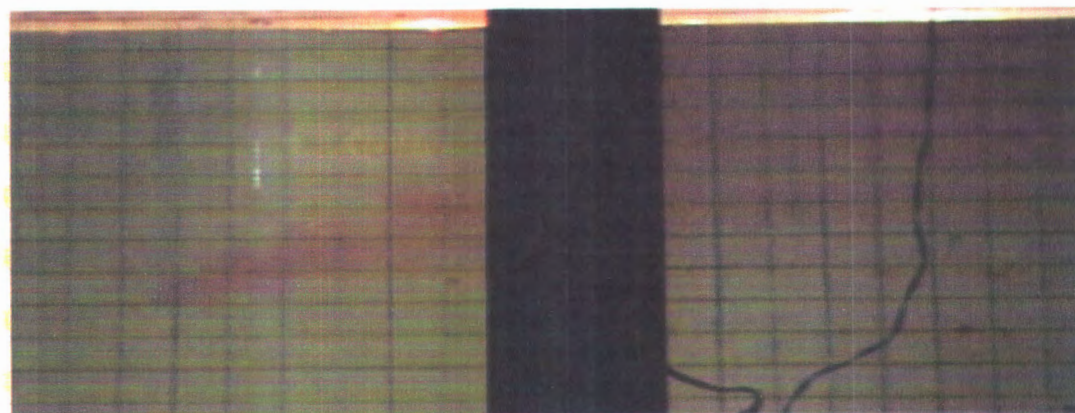




Gambar E.4. Sebaran *Effluent* tampak samping pada Sudut  $0^\circ$  Terhadap Arah Arus  
lm/lb 0,212 dan Fo 2,927

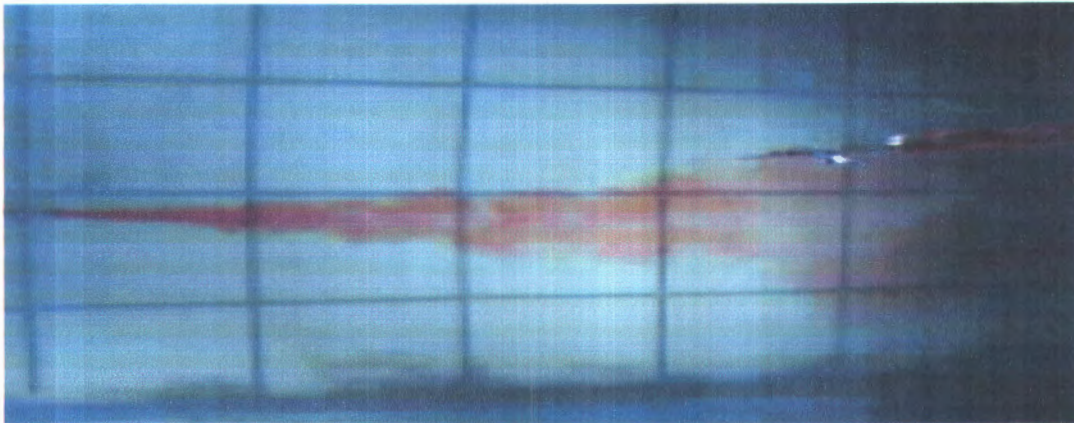


Gambar E.5 Sebaran *Effluent* tampak samping pada Sudut  $45^\circ$  Terhadap Arah Arus  
lm/lb 0,212 dan Fo 2,927

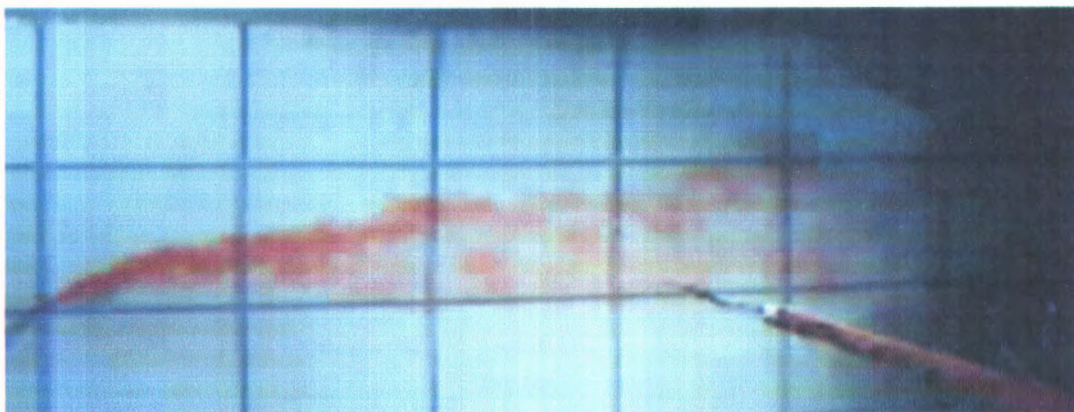


Gambar E.6 Sebaran *Effluent* tampak samping pada Sudut  $90^\circ$  Terhadap Arah Arus  
lm/lb 0,212 dan Fo 2,927

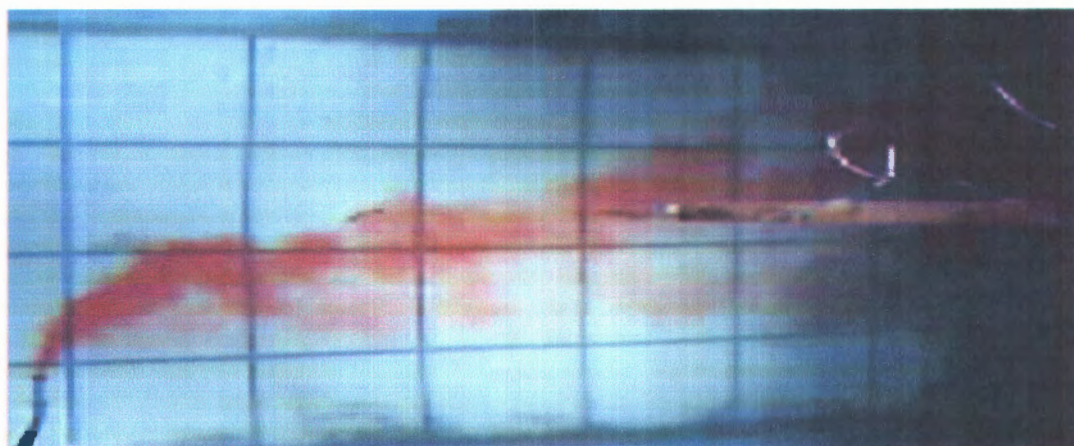




Gambar E.7 Sebaran *Effluent* tampak atas pada Sudut  $0^\circ$  Terhadap Arah Arus  $1\text{m/lb } 0,349$  dan  $Fo 2,927$

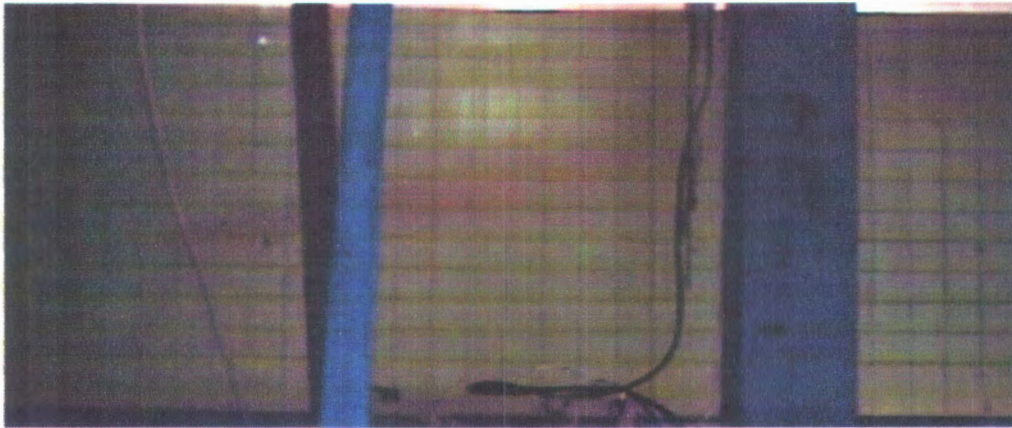


Gambar E.8 Sebaran *Effluent* tampak atas pada Sudut  $45^\circ$  Terhadap Arah Arus  $1\text{m/lb } 0,349$  dan  $Fo 2,927$

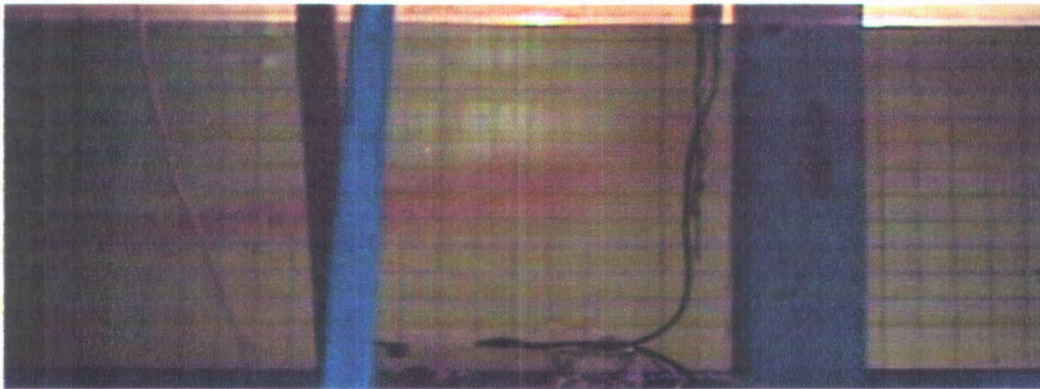


Gambar E.9 Sebaran *Effluent* tampak atas pada Sudut  $90^\circ$  Terhadap Arah Arus  $1\text{m/lb } 0,349$  dan  $Fo 2,927$

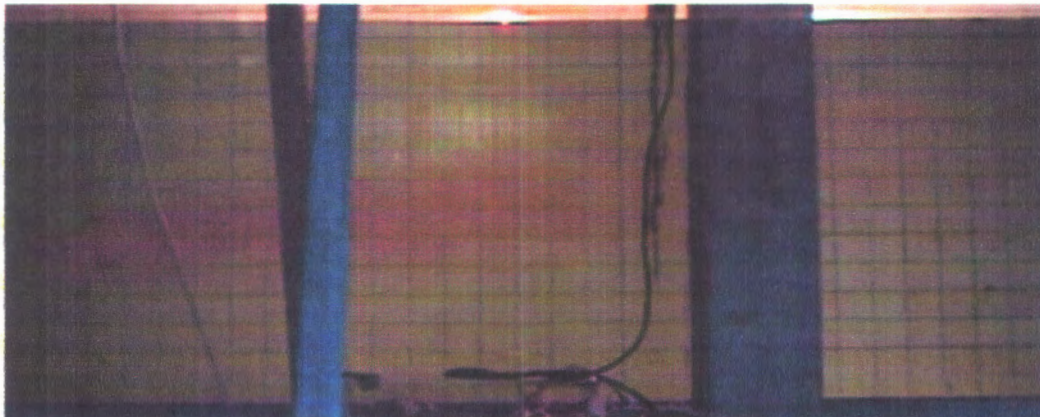




Gambar E.10 Sebaran *Effluent* tampak samping pada Sudut  $0^\circ$  Terhadap Arah Arus  
lm/lb 0,349 dan Fo 2,927

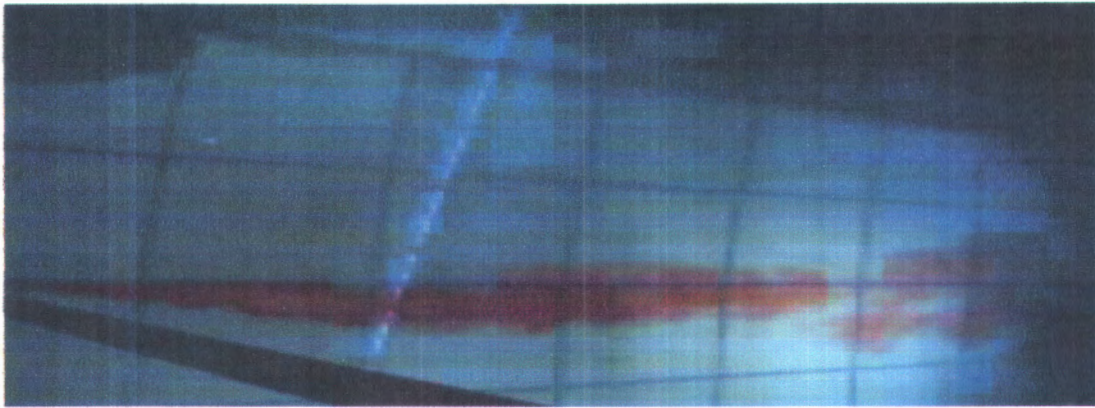


Gambar E.11 Sebaran *Effluent* tampak samping pada Sudut  $45^\circ$  Terhadap Arah Arus  
lm/lb 0,349 dan Fo 2,927



Gambar E.12 Sebaran *Effluent* tampak samping pada Sudut  $90^\circ$  Terhadap Arah Arus  
lm/lb 0,349 dan Fo 2,927

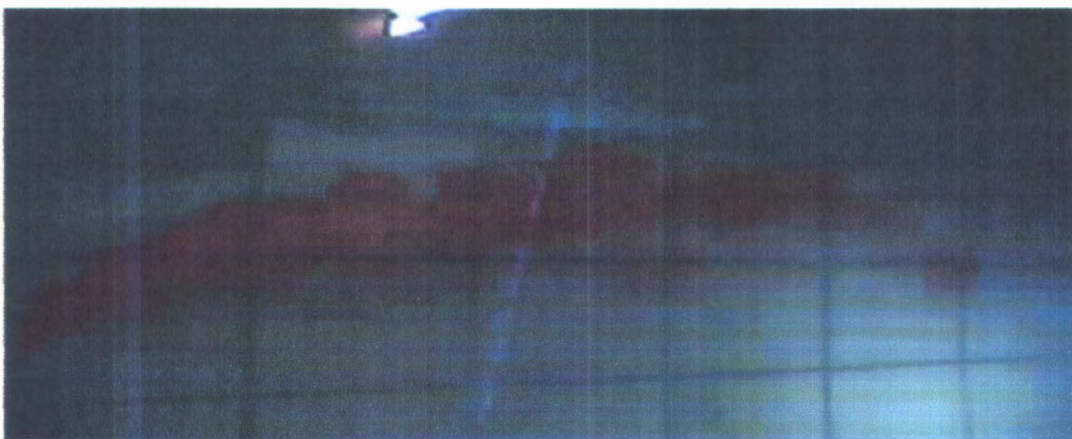




Gambar E.13 Sebaran *Effluent* tampak atas pada Sudut  $0^\circ$  Terhadap Arah Arus  $1\text{m/lb } 0,52$   
dan  $Fo \text{ } 2,927$

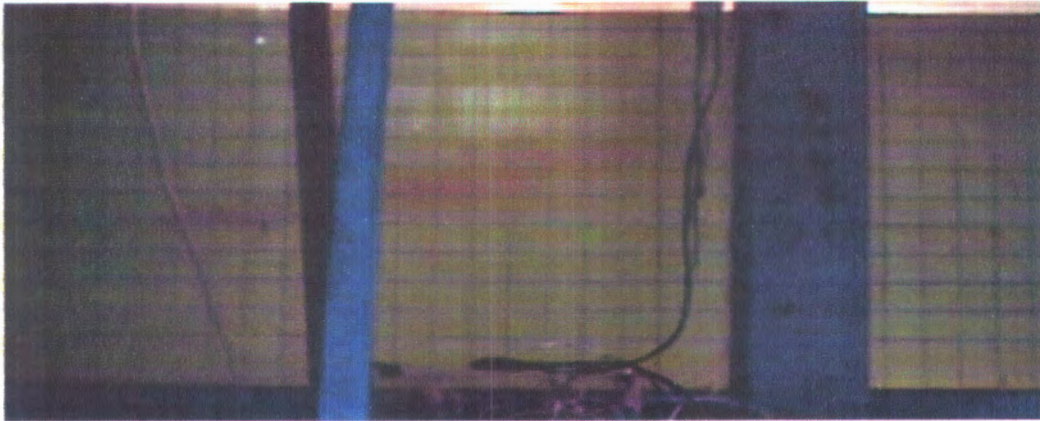


Gambar E.14 Sebaran *Effluent* tampak atas pada Sudut  $45^\circ$  Terhadap Arah Arus  $1\text{m/lb } 0,52$   
dan  $Fo \text{ } 2,927$

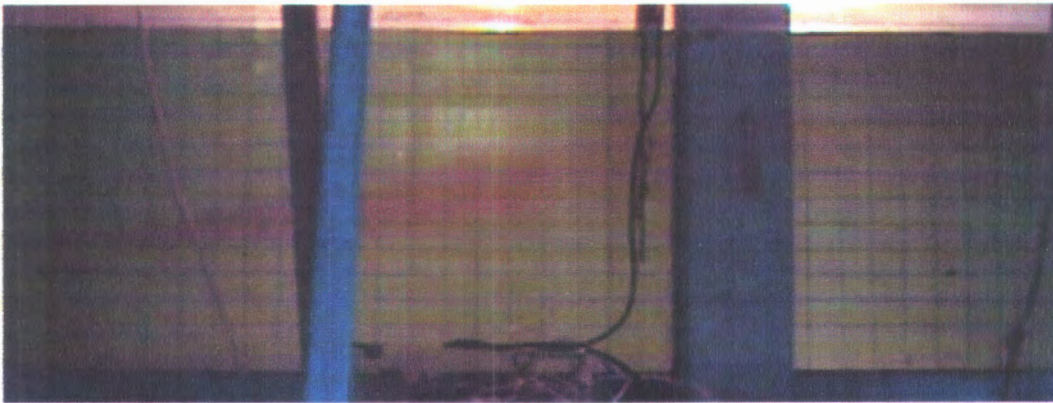


Gambar E.15 Sebaran *Effluent* tampak atas pada Sudut  $90^\circ$  Terhadap Arah Arus  $1\text{m/lb } 0,52$   
dan  $Fo \text{ } 2,927$





Gambar E.16 Sebaran *Effluent* tampak samping pada Sudut  $0^\circ$  Terhadap Arah Arus  
 $Im/lb$  0,52 dan  $Fo$  2,927



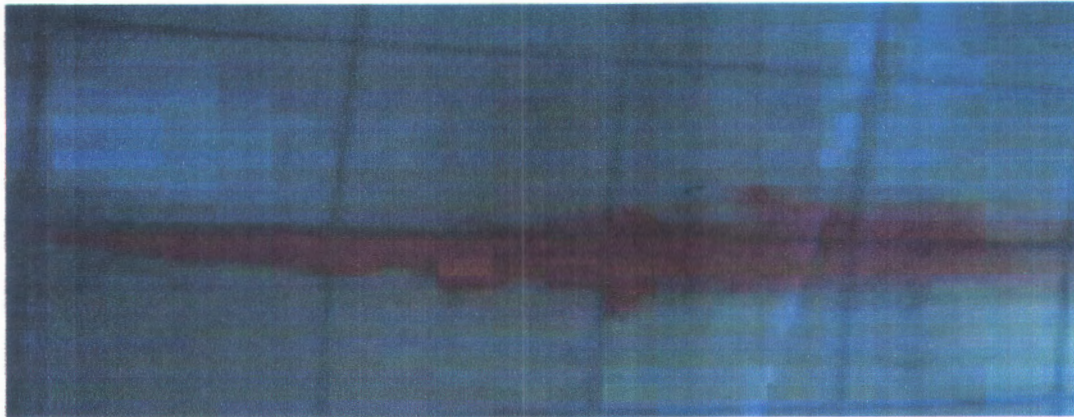
Gambar E.17 Sebaran *Effluent* tampak samping pada Sudut  $45^\circ$  Terhadap Arah Arus  
 $Im/lb$  0,52 dan  $Fo$  2,927



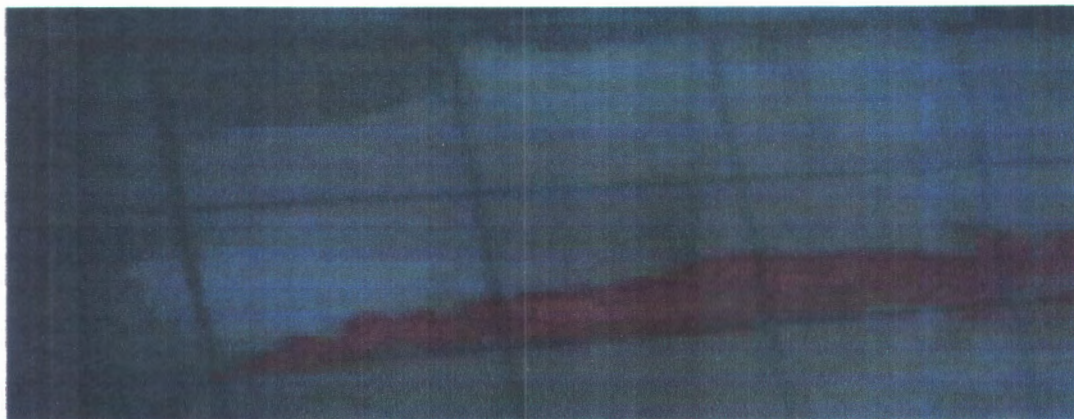
Gambar E.18 Sebaran *Effluent* tampak samping pada Sudut  $90^\circ$  Terhadap Arah Arus  
 $Im/lb$  0,52 dan  $Fo$  2,927



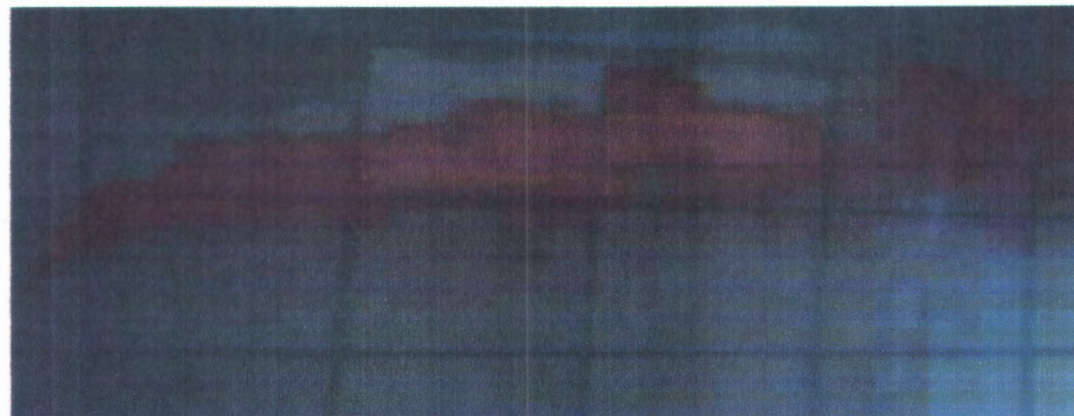




Gambar E.19 Sebaran *Effluent* tampak atas pada Sudut  $0^\circ$  Terhadap Arah Arus  $1\text{m/lb } 0,726$   
dan  $Fo \ 2,927$



Gambar E.20 Sebaran *Effluent* tampak atas pada Sudut  $45^\circ$  Terhadap Arah Arus  $1\text{m/lb } 0,726$   
dan  $Fo \ 2,927$

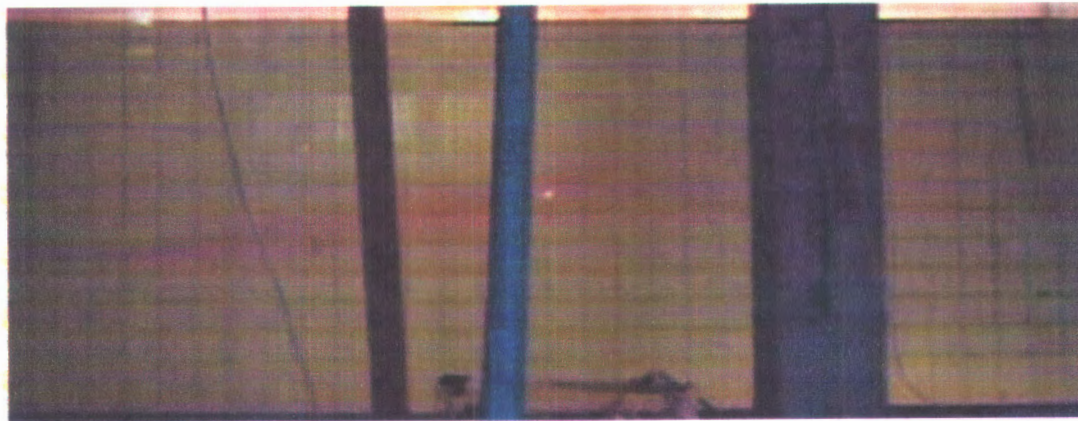


Gambar E.21 Sebaran *Effluent* tampak atas pada Sudut  $90^\circ$  Terhadap Arah Arus  $1\text{m/lb } 0,726$   
dan  $Fo \ 2,927$





Gambar E.22 Sebaran *Effluent* tampak samping pada Sudut  $0^\circ$  Terhadap Arah Arus  
lm/lb 0,726 dan  $F_o$  2,927



Gambar E.23 Sebaran *Effluent* tampak samping pada Sudut  $45^\circ$  Terhadap Arah Arus  
lm/lb 0,726 dan  $F_o$  2,927



Gambar E.23 Sebaran *Effluent* tampak samping pada Sudut  $90^\circ$  Terhadap Arah Arus  
lm/lb 0,726 dan  $F_o$  2,927

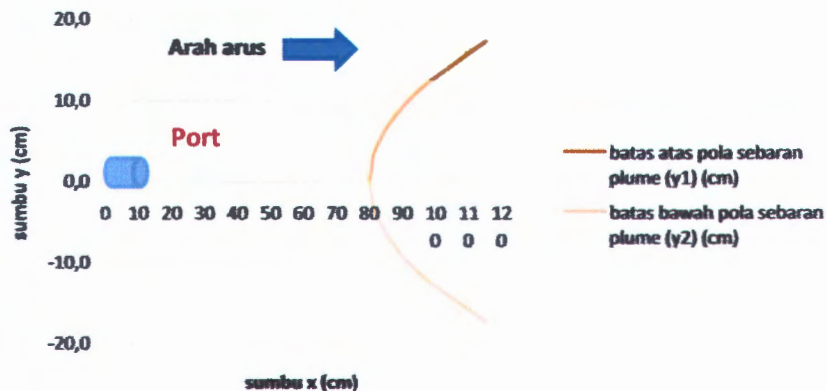


The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a blue shield with a white emblem inside, followed by the letters 'ITS' in a bold, sans-serif font. The logos are arranged in a grid-like pattern across the entire page.

**LAMPIRAN E**  
**HASIL VISUALISASI PERCOBAAN**  
**POLA GEOMETRI PERCOBAAN**  
***EFFLUENT***

Kurva Sebaran Effluent Tampak Atas pada  $l_m/l_b$  0,212 dan  $F_o$  2,927 pada sudut  $0^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

Posisi Titik	jarak horizontal (sumbu x) (cm)	batas atas plume (y1) (cm)	batas bawah plume (y2) (cm)
1	80	0,0	0
2	81	2,9	-2,9
3	82	4,1	-4,1
4	84	5,8	-5,8
5	86	7,2	-7,2
6	90	9,2	-9,2
7	92	10,1	-10,1
8	94	10,9	-10,9
9	98	12,4	-12,4
10	115	17,3	-17,3

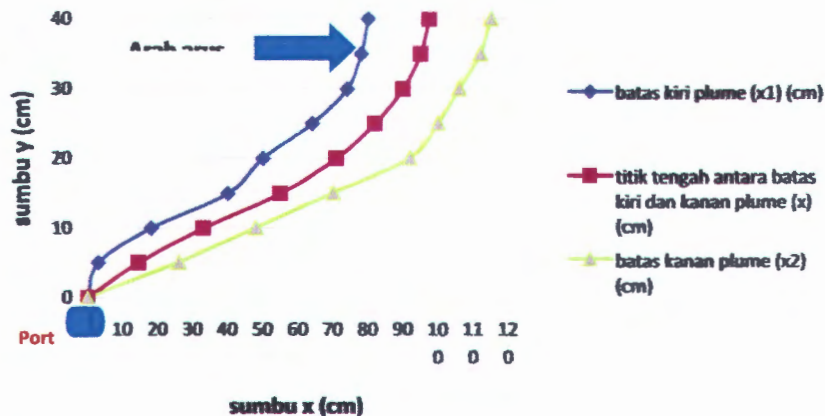


Persamaan parabolanya adalah :

$$y^2 = 8,5x - 682$$

Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,212 dan  $F_o$  2,927 pada sudut  $0^\circ$   
 VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

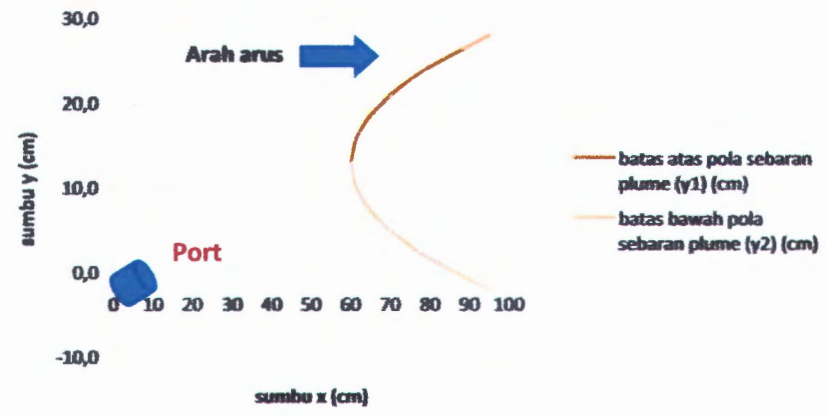
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	3	14,5	26
3	10	18	33	48
4	15	40	55	70
5	20	50	71	92
6	25	64	82	100
7	30	74	90	106
8	35	78	95	112
9	40	80	97,5	115





Kurva Sebaran Effluent Tampak Atas pada  $l_m/l_b$  0,212 dan  $F_o$  2,927 pada sudut 45° HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

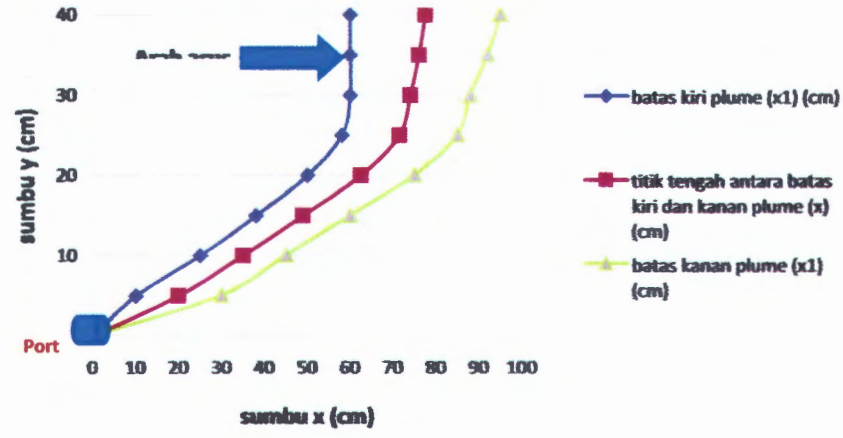
Posisi Titik	jarak horizontal (sumbu x) (cm)	batas atas plume (y1) (cm)	batas bawah plume (y2) (cm)
1	60	13,0	13,0
2	61	15,5	10,5
3	62	16,6	9,4
4	64	18,1	7,9
5	66	19,2	6,8
6	68	20,2	5,8
7	70	21,0	5,0
8	75	22,8	3,2
9	80	24,4	1,6
10	95	28,0	-2,0



Persamaan parabolanya adalah :  
 $y^2 - 26y = 6,4x - 553$

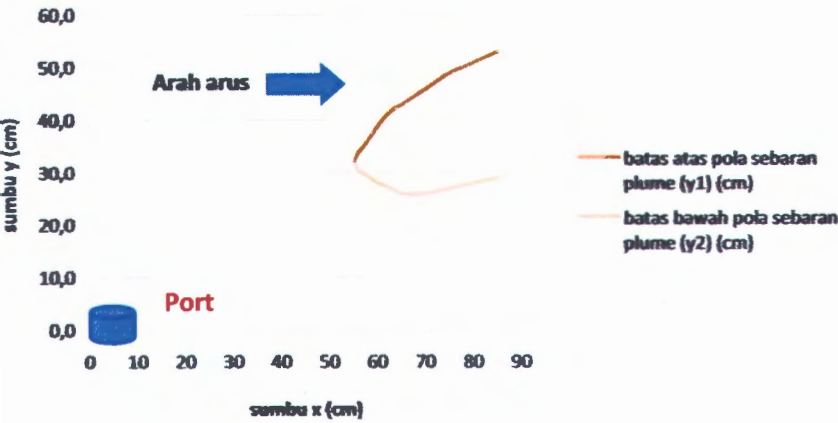
Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,212 dan  $F_o$  2,927 pada sudut 45° VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	10	20	30
3	10	25	35	45
4	15	38	49	60
5	20	50	62,5	75
6	25	58	71,5	85
7	30	60	74	88
8	35	60	76	92
9	40	60	77,5	95



Surva Sebaran Effluent Tampak Atas pada  $l_m/l_b$  0,212 dan  $F_o$  2,927 pada sudut  $90^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

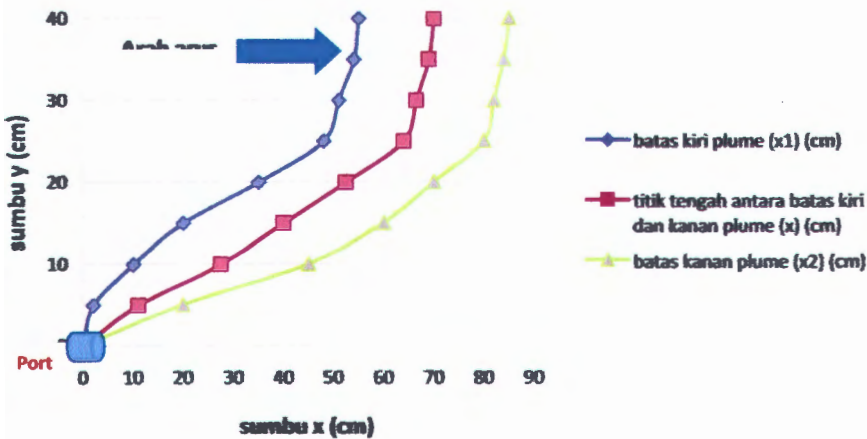
Posisi Titik	jarak horizontal (sumbu x) (cm)	batas atas plume (y1) (cm)	batas bawah plume (y2) (cm)
1	55	32,0	32,0
2	56	34,0	30,5
3	57	35,0	30,0
4	60	39,0	28,0
5	63	42,0	27,0
6	65	43,0	26,0
7	70	46,0	26,0
8	75	49,0	27,0
9	80	51,0	28,0
10	85	53	29



persamaan parabolanya adalah :  
 $866x - 0,5y = 0,093(0,5x + 0,866y)^2 - 15,06(0,5x + 0,866y) - 799,77$

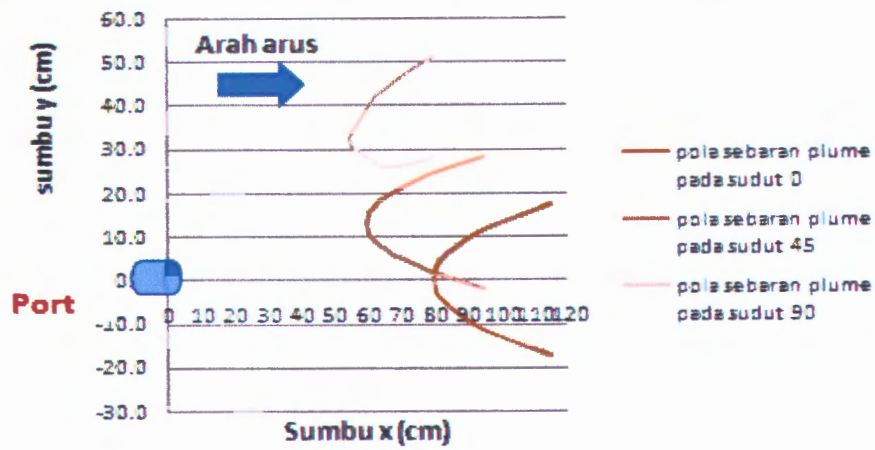
Surva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,212 dan  $F_o$  2,927 pada sudut  $90^\circ$   
 VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	2	11	20
3	10	10	27,5	45
4	15	20	40	60
5	20	35	52,5	70
6	25	48	64	80
7	30	51	66,5	82
8	35	54	69	84
9	40	55	70	85

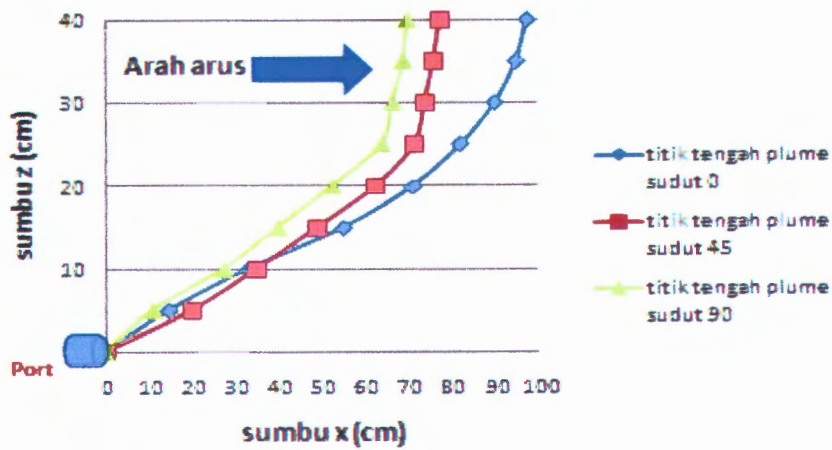




Kurva Sebaran Effluent tampak atas pada  $lm/lb$  0,212 dan  $Fo$  2,927 dengan variasi sudut

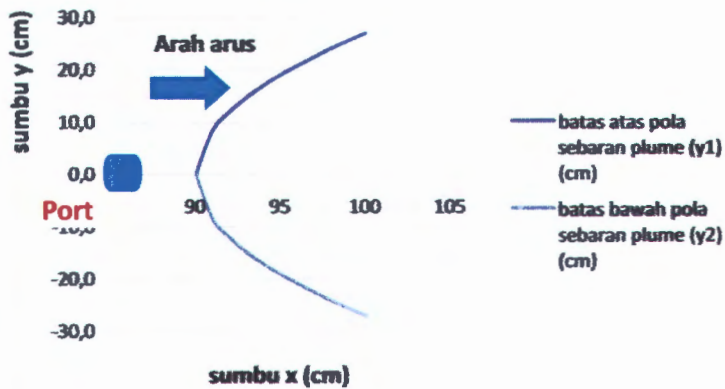


Kurva Sebaran Effluent tampak samping pada  $lm/lb$  0,212 dan  $Fo$  2,927 dengan variasi sudut



Kurva Sebaran Effluent Tampak Atas pada  $l_m/l_b$  0,212 dan  $F_o$  4,391 pada sudut  $0^\circ$  HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

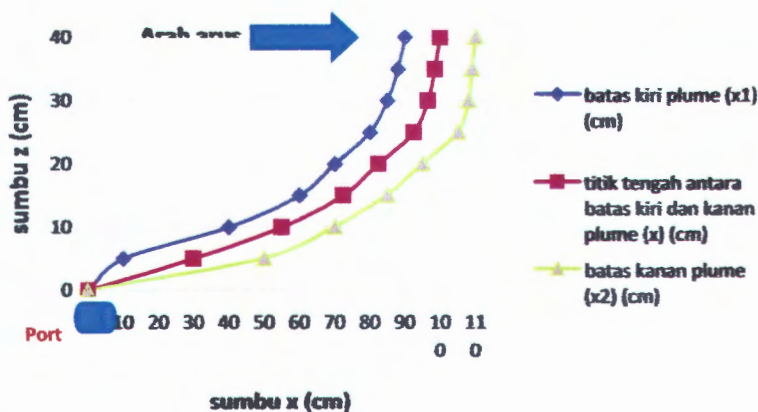
Posisi Titik	X (cm)	Y <sub>1</sub> (cm)	Y <sub>2</sub> (cm)
1	90	0,0	0,0
2	91	8,5	-8,5
3	92	12,1	-12,1
4	93	14,8	-14,8
5	94	17,1	-17,1
6	95	19,1	-19,1
7	96	20,9	-20,9
8	97	22,6	-22,6
9	98	24,1	-24,1
10	100	27,0	-27,0



Persamaan parabolanya adalah :  
 $y^2 = 72,9x - 6561,2$

Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,212 dan  $F_o$  4,391 pada sudut  $0^\circ$  vertikal (Untuk Sumbu X-Z)

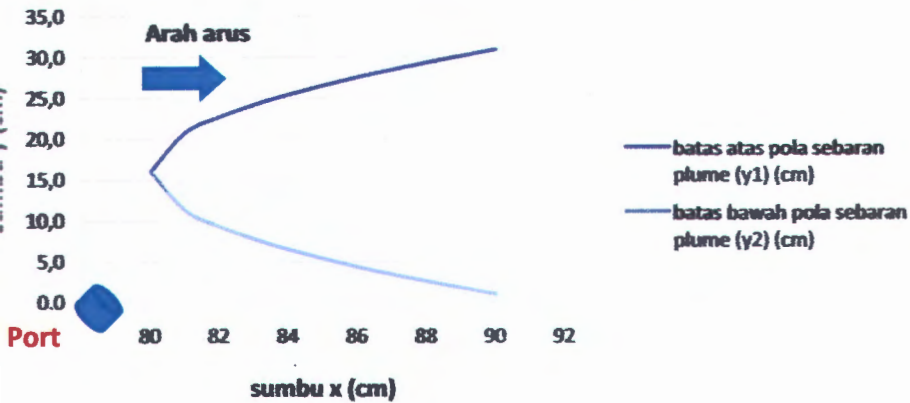
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	10	30	50
3	10	40	55	70
4	15	60	72,5	85
5	20	70	82,5	95
6	25	80	92,5	105
7	30	85	96,5	108
8	35	88	98,5	109
9	40	90	100	110





Sebaran Effluent Tampak Atas pada  $l_m/l_b$  0,212 dan  $F_o$  4,391 pada sudut  $45^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

Posisi Titik	X (cm)	Y1 (cm)	Y2 (cm)
1	80	16,0	16,0
2	81	20,7	11,3
3	82	22,7	9,3
4	83	24,2	7,8
5	84	25,5	6,5
6	85	26,6	5,4
7	86	27,6	4,4
8	87	28,5	3,5
9	88	29,4	2,6
10	90	31,0	1,0

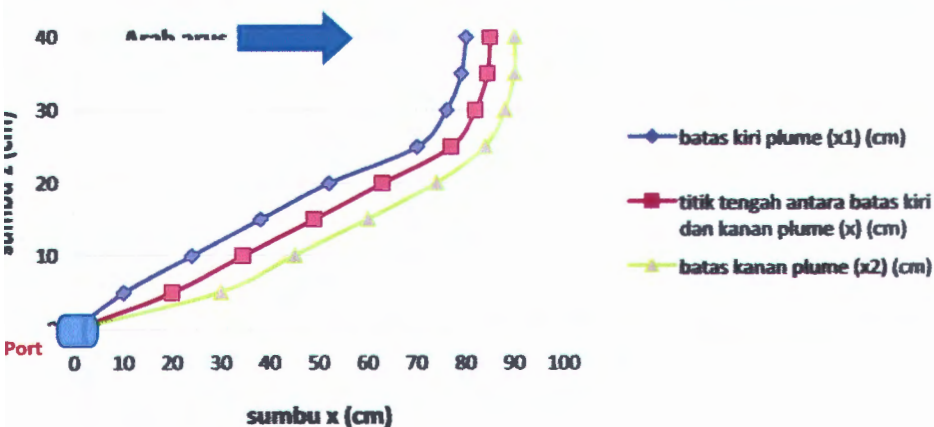


Persamaan parabolanya adalah :

$$-32y = 22,5x - 1544$$

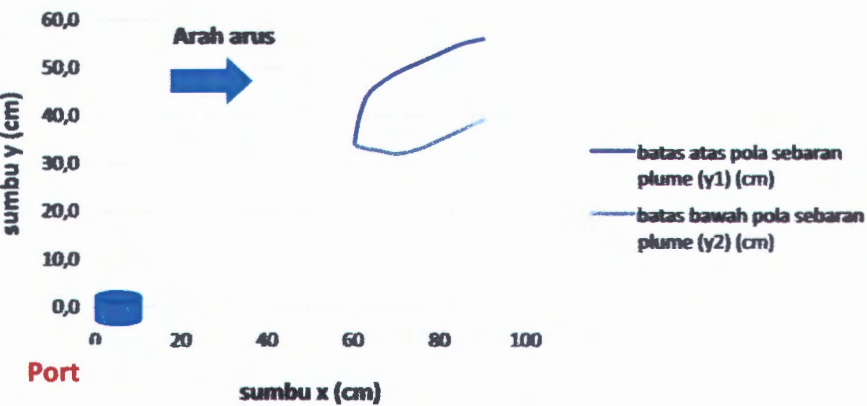
Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,212 dan  $F_o$  4,391 pada sudut  $45^\circ$   
 Vertikal (Untuk Sumbu X-Z)

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	10	20	30
3	10	24	34,5	45
4	15	38	49	60
5	20	52	63	74
6	25	70	77	84
7	30	76	82	88
8	35	79	84,5	90
9	40	80	85	90



Sebaran Effluent Tampak Atas pada  $lm/lb$  0,212 dan  $Fo$  4,391 pada sudut  $90^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	60	34,0	34,0
2	61	39,0	33,5
3	62	42,0	33,3
4	63	44,0	33,0
5	65	46,0	32,8
6	70	49,0	32,0
7	75	51,0	33,0
8	80	53,0	35,0
9	85	55,0	37,0
10	90	56,0	39,0

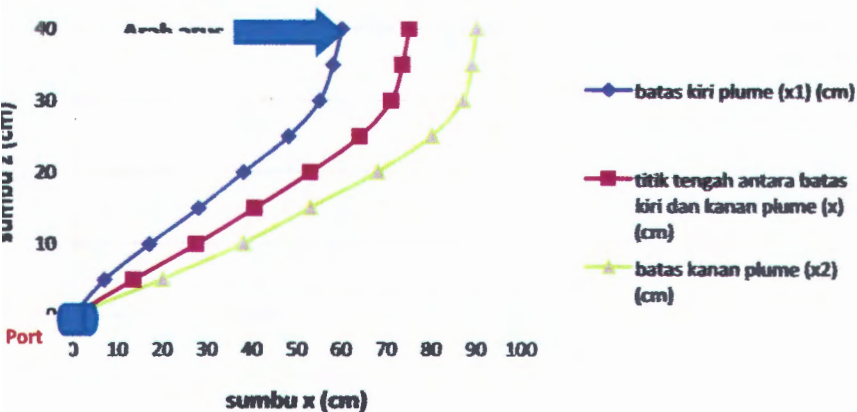


samaan parabolanya adalah :

$$66x - 0,5y = 0,614(0,5x + 0,866y)^2 - 78,13(0,5x + 0,866y) - 2509,8$$

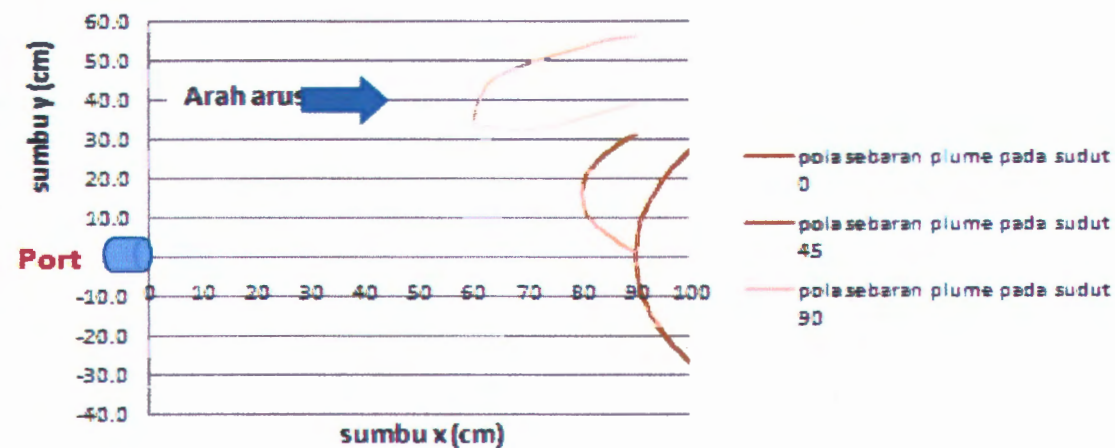
Sebaran Effluent Tampak samping pada  $lm/lb$  0,212 dan  $Fo$  4,391 pada sudut  $90^\circ$   
 TIKAL (Untuk Sumbu X-Z)

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	7	13,5	20
3	10	17	27,5	38
4	15	28	40,5	53
5	20	38	53	68
6	25	48	64	80
7	30	55	71	87
8	35	58	73,5	89
9	40	60	75	90

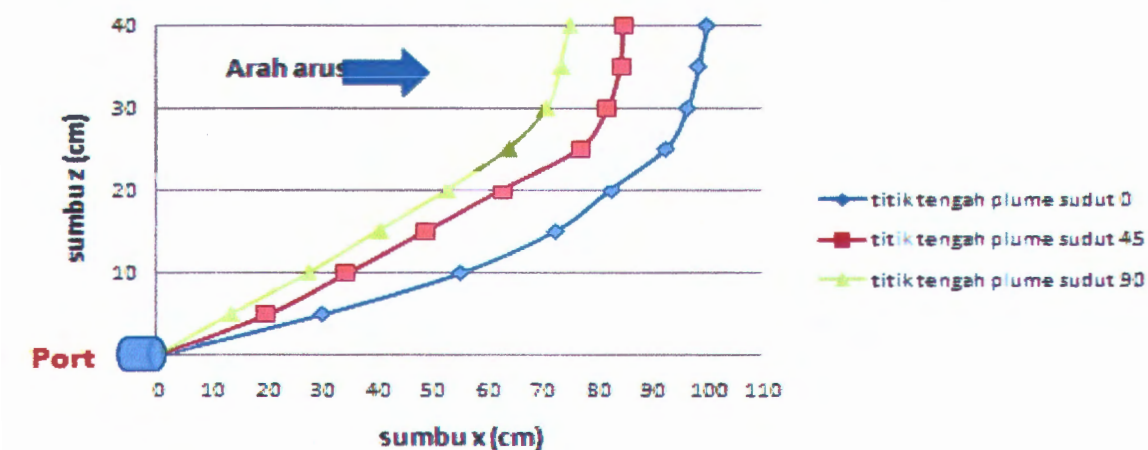




Kurva Sebaran Effluent tampak atas pada  $lm/lb$  0,212 dan  $Fo$  4,391 dengan variasi sudut

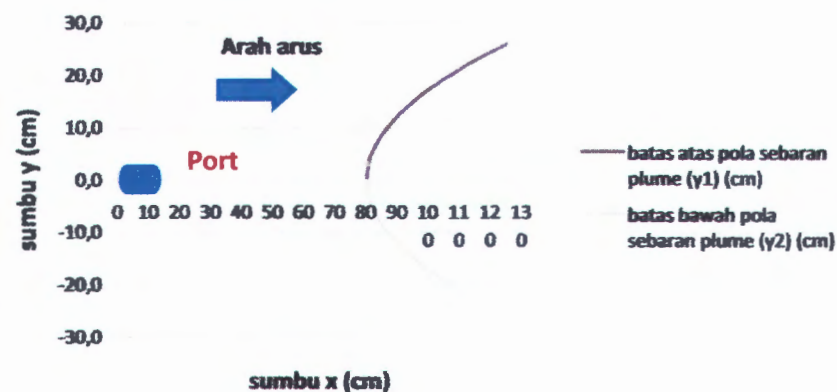


Kurva Sebaran Effluent tampak samping pada  $lm/lb$  0,212 dan  $Fo$  4,391 dengan variasi sudut



Kurva Sebaran Effluent Tampak Atas pada  $l_m/l_b$  0,212 dan  $F_o$  5,855 pada sudut  $0^\circ$  HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	80	0,0	0,0
2	81	3,9	-3,9
3	82	5,5	-5,5
4	85	8,7	-8,7
5	90	12,3	-12,3
6	95	15,0	-15,0
7	100	17,3	-17,3
8	110	21,2	-21,2
9	120	24,5	-24,5
10	125	26,0	-26,0

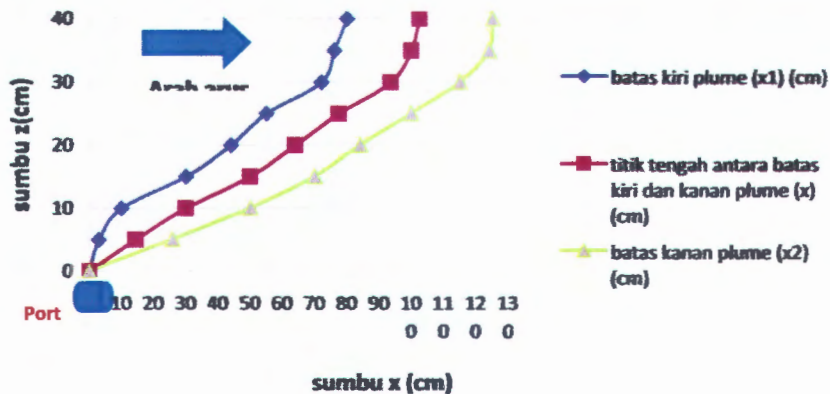


Persamaan parabolanya adalah :

$$y^2 = 15x - 1201,9$$

Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,212 dan  $F_o$  5,855 pada sudut  $0^\circ$  vertikal (Untuk Sumbu X-Z)

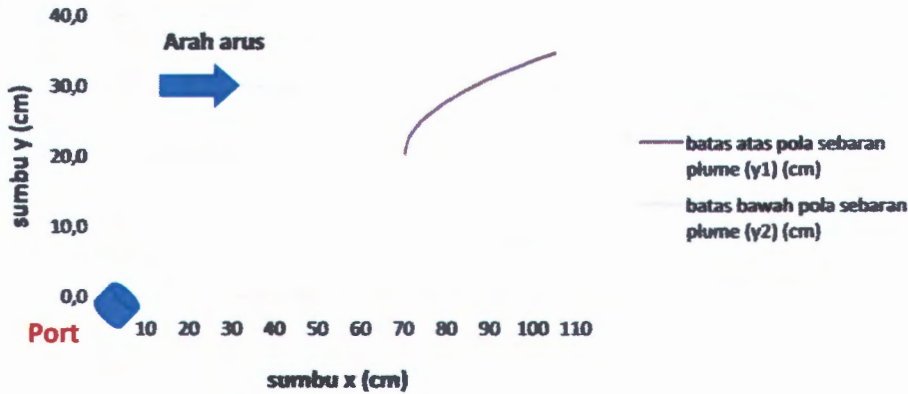
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	3	14,5	26
3	10	10	30	50
4	15	30	50	70
5	20	44	64	84
6	25	55	77,5	100
7	30	72	93,5	115
8	35	76	100	124
9	40	80	102,5	125





Kurva Sebaran Effluent Tampak Atas pada  $l_m/l_b$  0,212 dan  $F_o$  5,855 pada sudut  $45^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

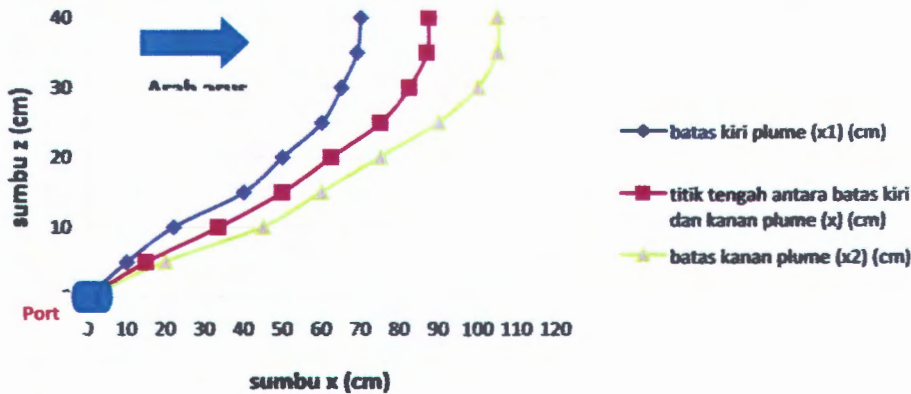
Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	70	20,0	20,0
2	71	22,5	17,5
3	72	23,5	16,5
4	73	24,3	15,7
5	75	25,5	14,5
6	80	27,8	12,2
7	85	29,6	10,4
8	90	31,1	8,9
9	100	33,6	6,4
10	105	34,7	5,3



Persamaan parabolanya adalah :  
 $y^2 - 40y = 6x - 820$

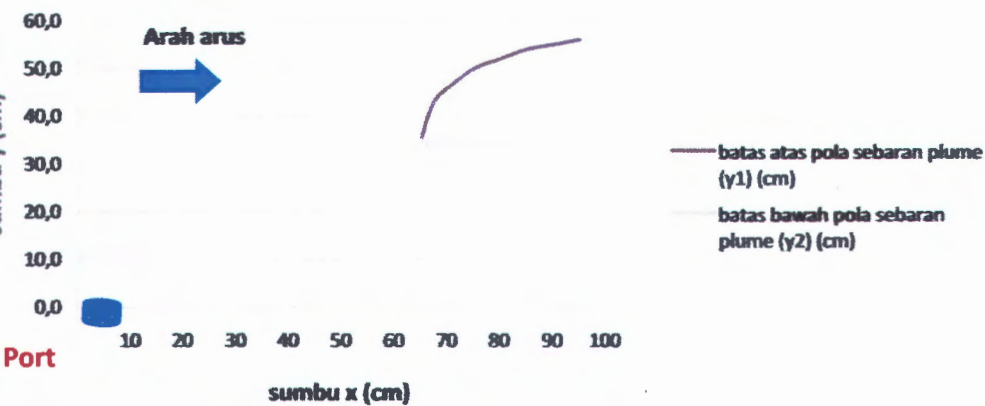
Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,212 dan  $F_o$  5,855 pada sudut  $45^\circ$   
 vertikal (Untuk Sumbu X-Z)

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	10	15	20
3	10	22	33,5	45
4	15	40	50	60
5	20	50	62,5	75
6	25	60	75	90
7	30	65	82,5	100
8	35	69	87	105
9	40	70	87,5	105



Sebaran Effluent Tampak Atas pada  $l_m/l_b$  0,212 dan  $F_o$  5,855 pada sudut  $90^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	65	35,0	35,0
2	66	39,0	34,3
3	67	42,0	34,5
4	68	44,0	34,4
5	70	46,0	34,3
6	75	50,0	34,2
7	80	52,0	34,5
8	85	54,0	35,0
9	90	55,0	36,0
10	95	56,0	37,0

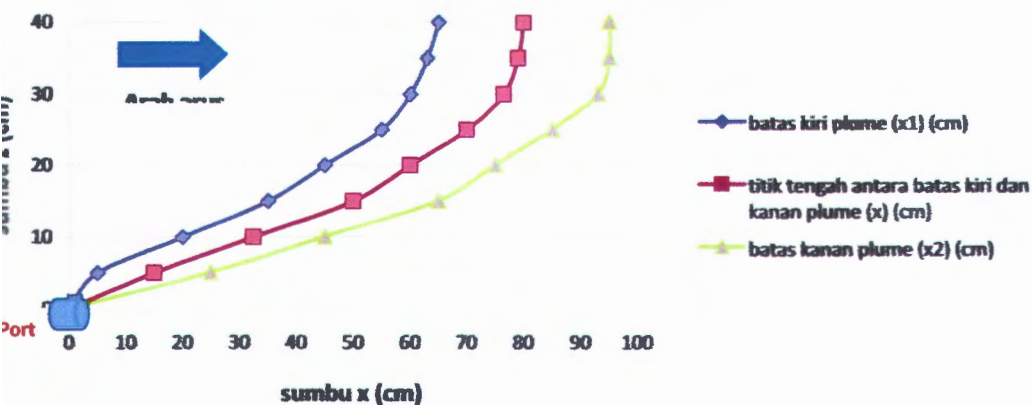


persamaan parabolanya adalah :

$$66x - 0,5y = -0,21(0,5x + 0,866y)^2 + 30,2(0,5x + 0,866y) - 802,9$$

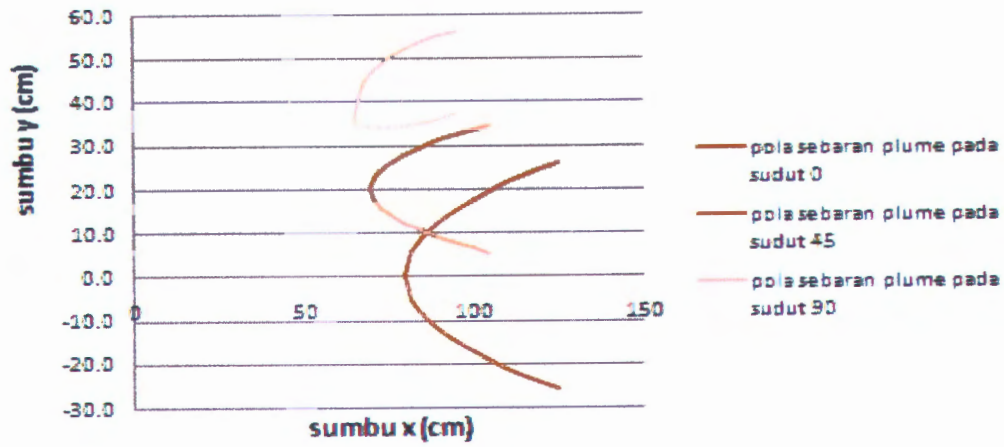
Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,212 dan  $F_o$  5,855 pada sudut  $90^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Z)

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	5	15	25
3	10	20	32,5	45
4	15	35	50	65
5	20	45	60	75
6	25	55	70	85
7	30	60	76,5	93
8	35	63	79	95
9	40	65	80	95

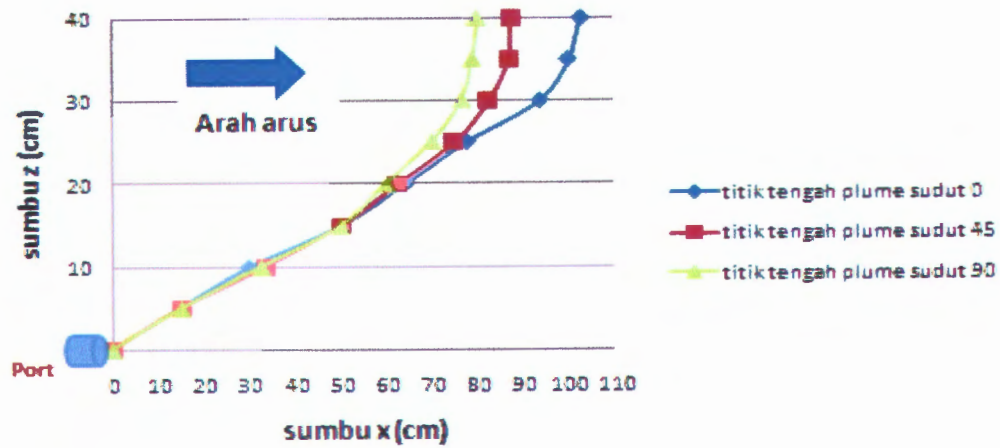




Kurva Sebaran Effluent tampak atas pada  $lm/lb$  0,212 dan  $Fo$  5,855 dengan variasi sudut

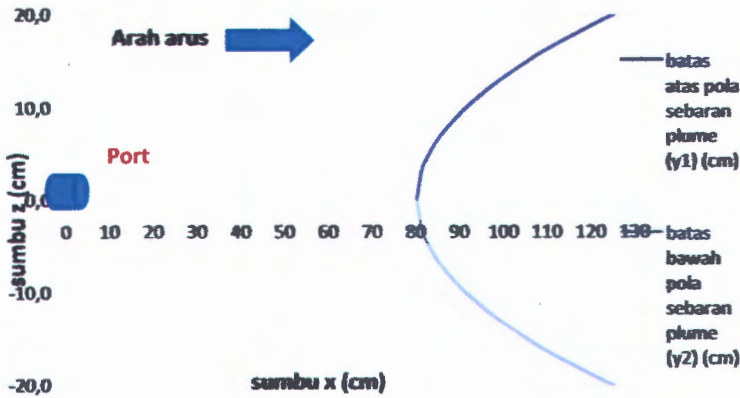


Kurva Sebaran Effluent tampak samping pada  $lm/lb$  0,212 dan  $Fo$  5,855 dengan variasi sudut



Kurva Sebaran Effluent pada  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  2,927 pada sudut 0  
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

Posisi Titik	jarak horizontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	80	0,0	0,0
2	81	3,0	-3,0
3	82	4,2	-4,2
4	85	6,7	-6,7
5	90	9,4	-9,4
6	95	11,5	-11,5
7	100	13,3	-13,3
8	110	16,3	-16,3
9	120	18,9	-18,9
10	125	20,0	-20,0



Persamaan parabolanya adalah :

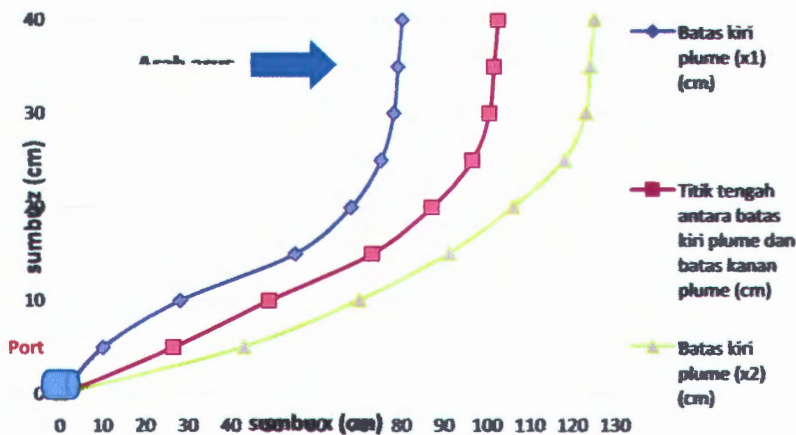
$$y^2 = 8,89x - 711,11$$

Kurva Sebaran Effluent sudut 0

HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Z)

$Fo$  2.927

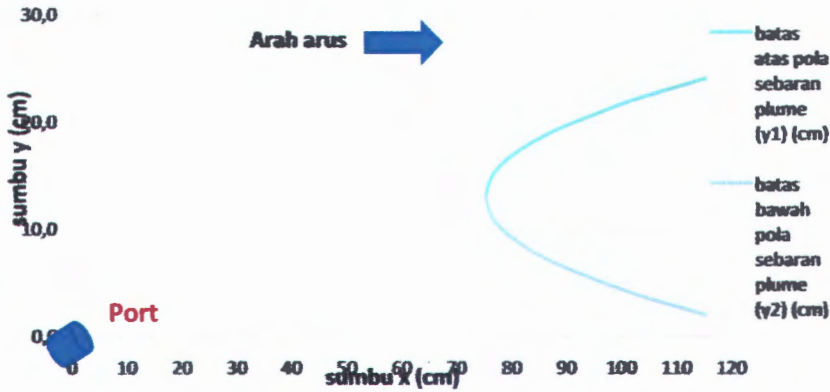
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	10	26,5	43
3	10	28	49	70
4	15	55	73	91
5	20	68	87	106
6	25	75	96,5	118
7	30	78	100,5	123
8	35	79	101,5	124
9	40	80	102,5	125





Kurva Sebaran Effluent pada  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  2,927 pada sudut 45  
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	75	13,0	13,0
2	76	14,7	11,3
3	78	16,0	10,0
4	80	16,9	9,1
5	82	17,6	8,4
6	85	18,5	7,5
7	90	19,7	6,3
8	100	21,7	4,3
9	105	22,5	3,5
10	115	24,0	2,0



Persamaan parabolanya adalah :

$$y^2 - 150y = 3x - 5664$$

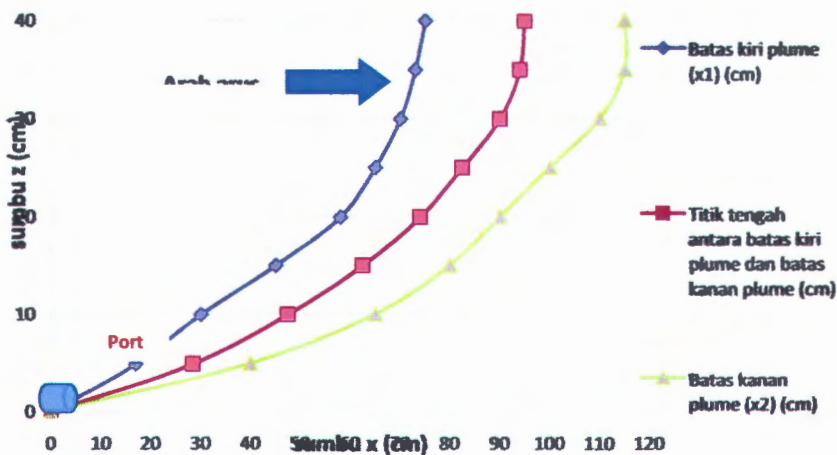
Kurva Sebaran Effluent

sudut 45

HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Z)

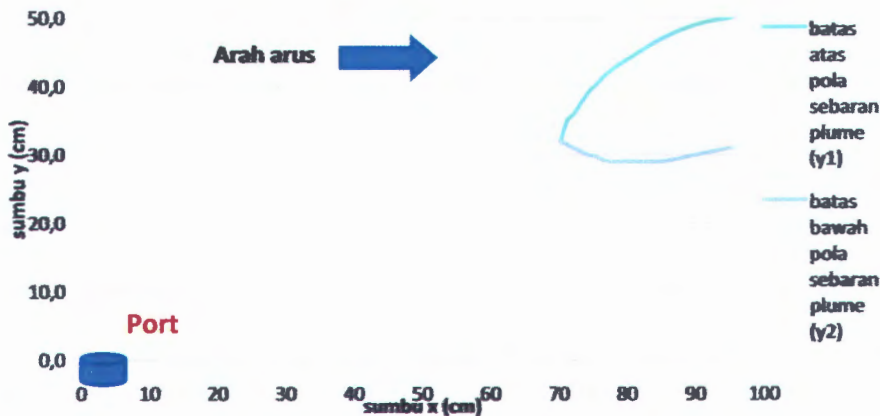
$Fo$  2.927

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	17	28,5	40
3	10	30	47,5	65
4	15	45	62,5	80
5	20	58	74	90
6	25	65	82,5	100
7	30	70	90	110
8	35	73	94	115
9	40	75	95	115



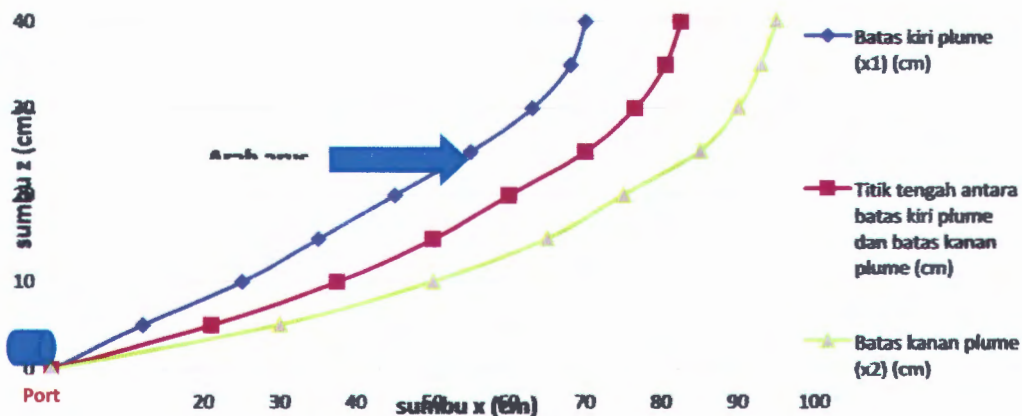
Kurva Sebaran Effluent pada  $Im/lb$  0,349 dan  $Fo$  2,927 pada sudut 90  
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

Posisi Titik	jarak horizontal (sumbu x) (cm)	batas atas plume (y1) (cm)	batas bawah plume (y2) (cm)
1	70	32,0	32,0
2	71	35,0	31,5
3	72	36,0	31,0
4	74	39,0	30,0
5	75	40,0	29,8
6	77	42,0	29,0
7	80	44,0	29,0
8	85	47,0	29,0
9	90	49,0	30,0
10	95	50	31



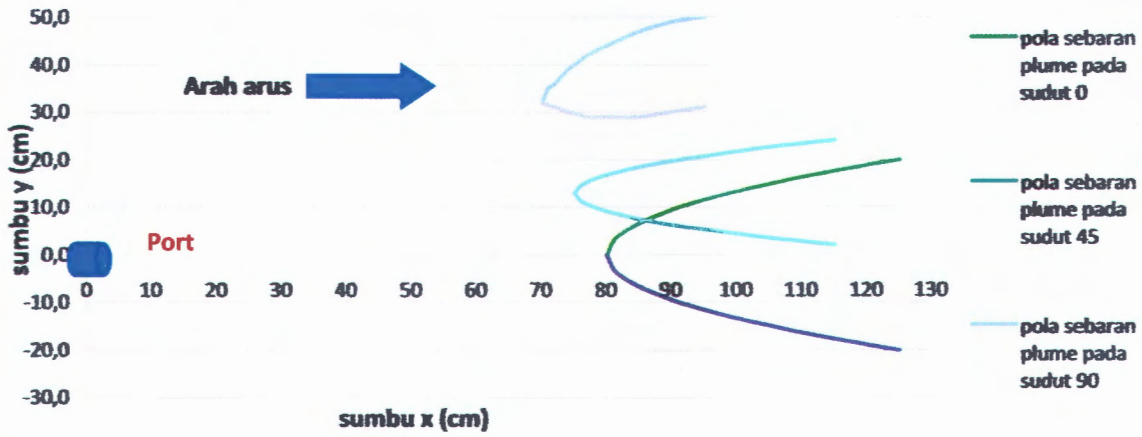
Persamaan parabolanya adalah :  
 $0,866x - 0,5y = -0,56(0,5x + 0,866y)^2 + 86,5(0,5x + 0,866y) - 3175,3$   
 Kurva Sebaran Effluent sudut 90  
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Z)  
 $Fo$  2.927

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	12	21	30
3	10	25	37,5	50
4	15	35	50	65
5	20	45	60	75
6	25	55	70	85
7	30	63	76,5	90
8	35	68	80,5	93
9	40	70	82,5	95

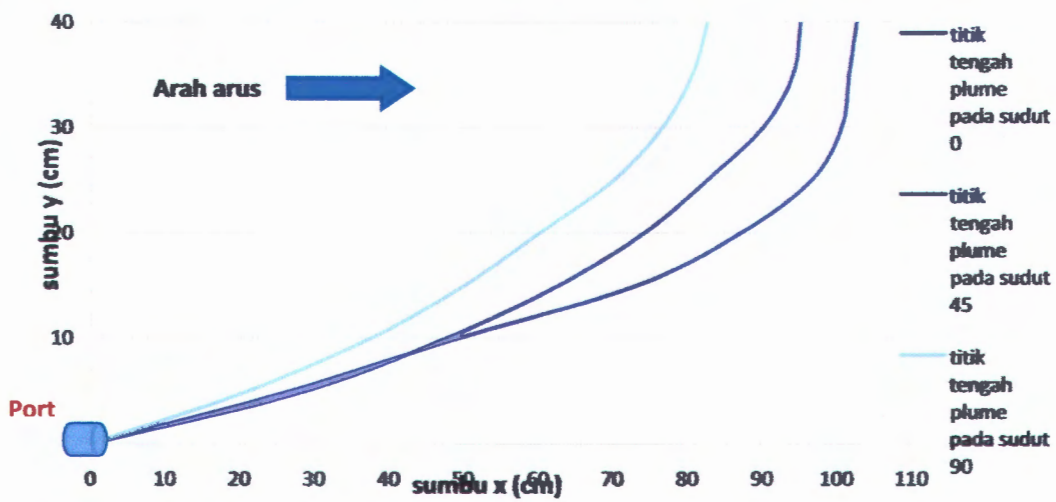




Kurva Sebaran Effluent Tampak Atas pada  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  2,927 dengan variasi sudut

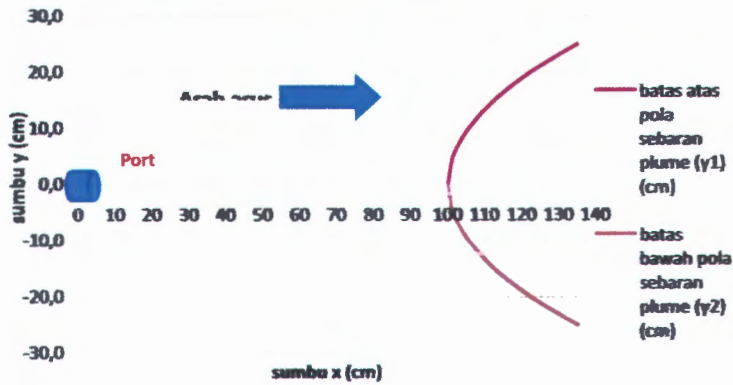


Kurva Sebaran Effluent Tampak Samping pada  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  2,927 dengan variasi sudut



Kurva Sebaran Effluent pada  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  5,855 pada sudut 0 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	100	0,0	0,0
2	101	4,2	-4,2
3	102	6,0	-6,0
4	104	8,5	-8,5
5	106	10,4	-10,4
6	110	13,4	-13,4
7	115	16,4	-16,4
8	120	18,9	-18,9
9	125	21,1	-21,1
10	135	25,0	-25,0



Persamaan parabolanya adalah :

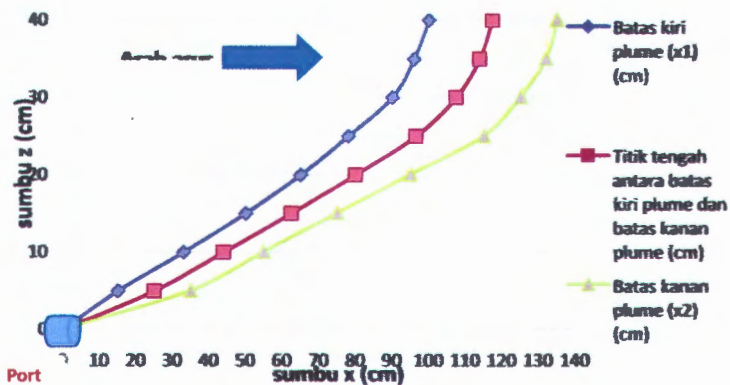
$$y^2 = 17,86x - 1785,7$$

Kurva Sebaran Effluent sudut 0

HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Z)

$Fo$  5.855

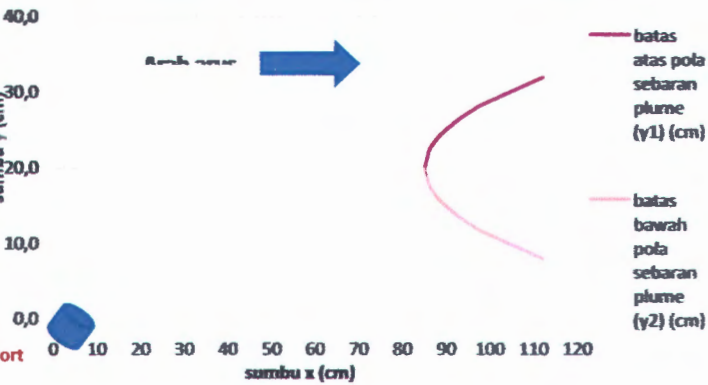
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	15	25	35
3	10	33	44	55
4	15	50	62,5	75
5	20	65	80	95
6	25	78	96,5	115
7	30	90	107,5	125
8	35	96	114	132
9	40	100	117,5	135





Sebaran Effluent pada  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  5,855 pada sudut 45  
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

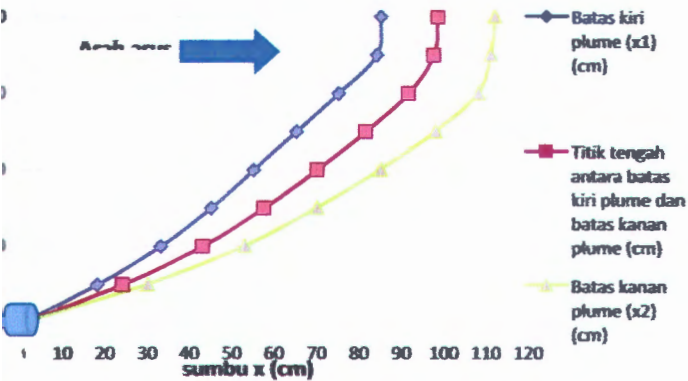
Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	85	20,0	20,0
2	86	22,3	17,7
3	87	23,3	16,7
4	88	24,0	16,0
5	90	25,2	14,8
6	92	26,1	13,9
7	94	26,9	13,1
8	96	27,7	12,3
9	98	28,3	11,7
10	112	32,0	8,0



samaan parabolanya adalah :  
 $40y = 5,33x - 853,05$   
 Sebaran Effluent  
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Z)  
 5.855

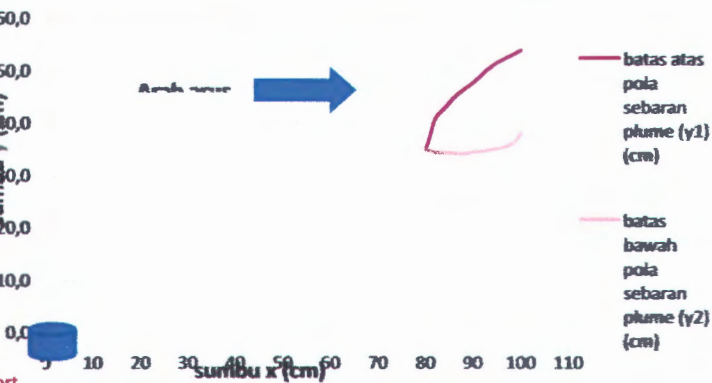
sudut 45

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	18	24	30
3	10	33	43	53
4	15	45	57,5	70
5	20	55	70	85
6	25	65	81,5	98
7	30	75	91,5	108
8	35	84	97,5	111
9	40	85	98,5	112



Sebaran Effluent pada  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  5,855 pada sudut 90 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

Posisi Titik	jarak horizontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	80	35,0	35,0
2	81	38,0	34,8
3	82	41,0	34,5
4	84	43,0	34,4
5	86	45,0	34,3
6	88	46,5	34,2
7	90	47,8	34,5
8	94	51,0	35,0
9	98	53,0	36,0
10	100	54,0	38,0



samaan parabolanya adalah :

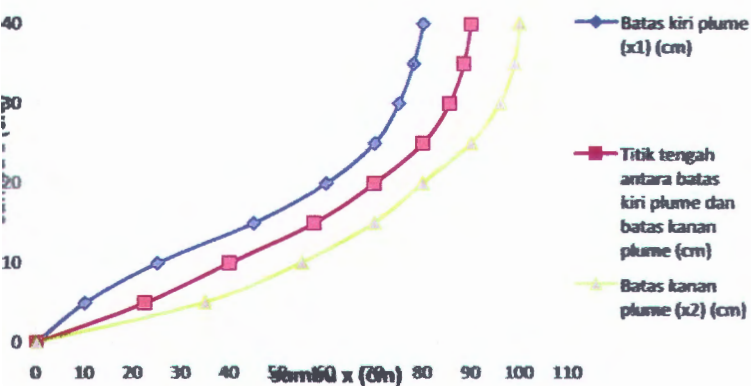
$$66x - 0,5y = -2,77(0,5x + 0,866y)^2 - 439,43(0,5x + 0,866y) + 50,59$$

Sebaran Effluent sudut 90

HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Z)

5,855

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	10	22,5	35
3	10	25	40	55
4	15	45	57,5	70
5	20	60	70	80
6	25	70	80	90
7	30	75	85,5	96
8	35	78	88,5	99
9	40	80	90	100

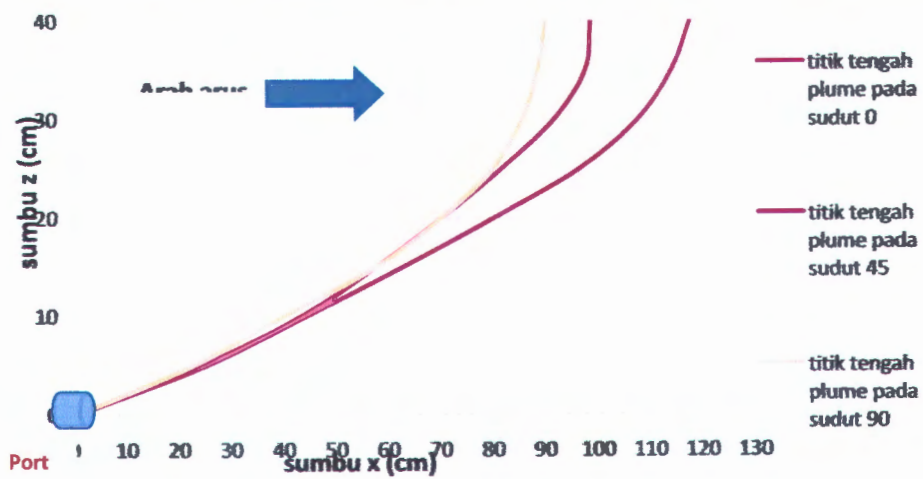




Kurva Sebaran Effluent Tampak Atas pada  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  5,855 dengan variasi sudut

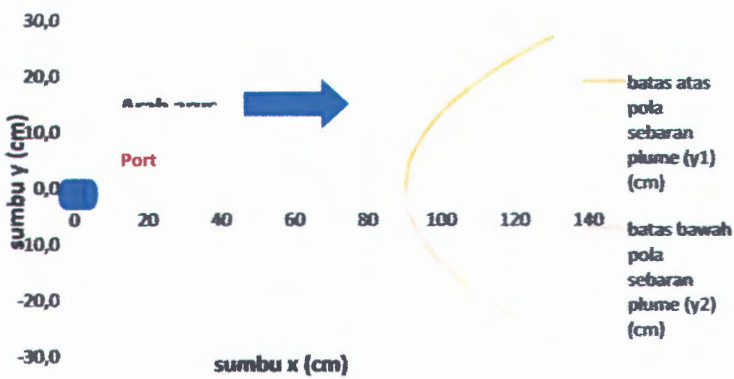


Kurva Sebaran Effluent Tampak Samping pada  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  5,855 dengan variasi sudut



Curva Sebaran Effluent pada  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  4,391 pada sudut 0  
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	90	0,0	0,0
2	91	4,3	-4,3
3	92	6,0	-6,0
4	94	8,5	-8,5
5	98	12,1	-12,1
6	102	14,8	-14,8
7	110	19,1	-19,1
8	120	23,4	-23,4
9	125	25,3	-25,3
10	130	27,0	-27,0



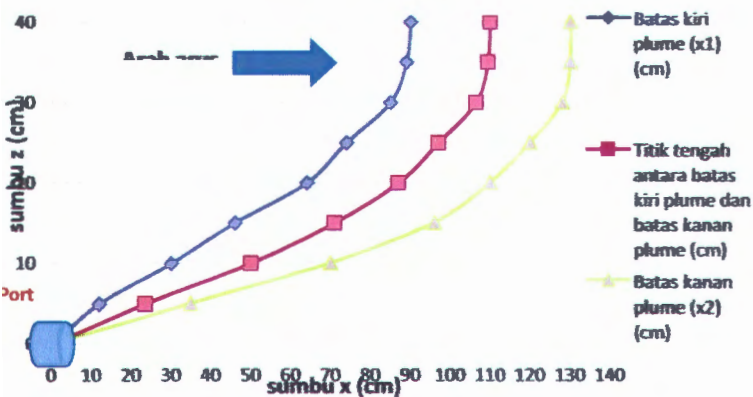
persamaan parabolanya adalah :

$$y = 18,23x - 1640,54$$

Curva Sebaran Effluent  
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Z)

sudut 0

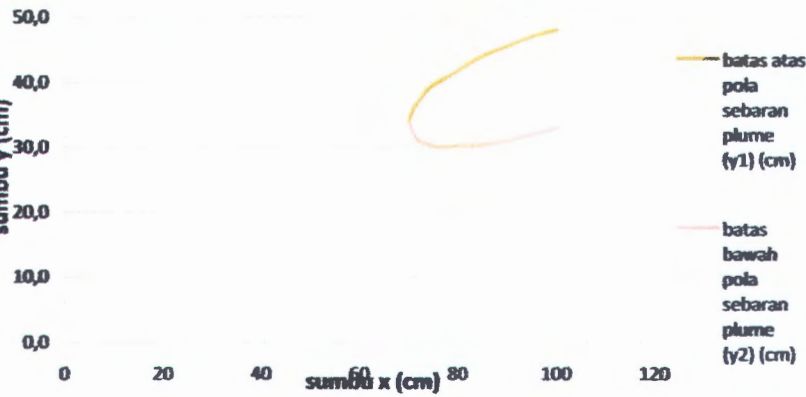
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	12	23,5	35
3	10	30	50	70
4	15	46	71	96
5	20	64	87	110
6	25	74	97	120
7	30	85	106,5	128
8	35	89	109,5	130
9	40	90	110	130





Sebaran Effluent pada  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  4,391 pada sudut 90  
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	batas atas plume (y1) (cm)	batas bawah plume (y2) (cm)
1	70	34,0	34,0
2	71	36,0	32,0
3	72	37,0	31,0
4	74	39,0	30,5
5	76	40,0	30,0
6	80	41,8	30,2
7	85	44,0	30,4
8	90	45,5	31,0
9	95	47,0	32,0
10	100	48	33

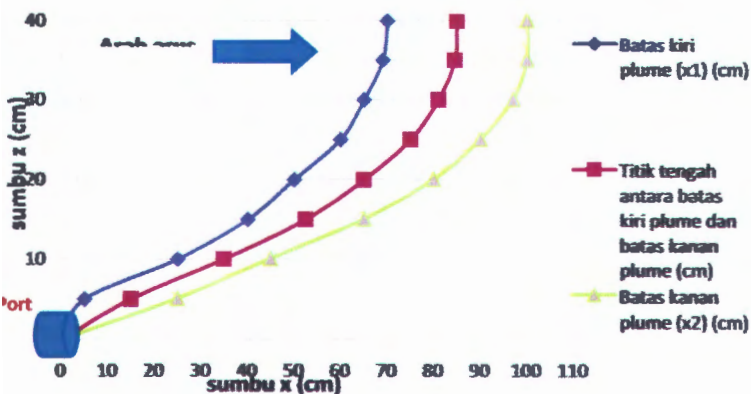


persamaan parabolanya adalah :

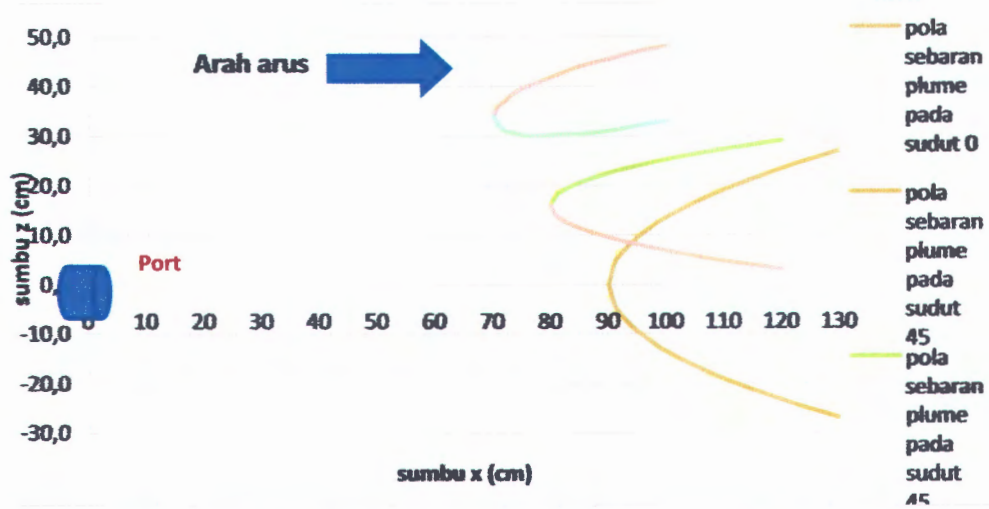
$$-0,66x - 0,5y = -3(0,5x + 0,866y)^2 - 397,2(0,5x + 0,866y) - 37473,8$$

Sebaran Effluent sudut 90  
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Z)  
 4.391

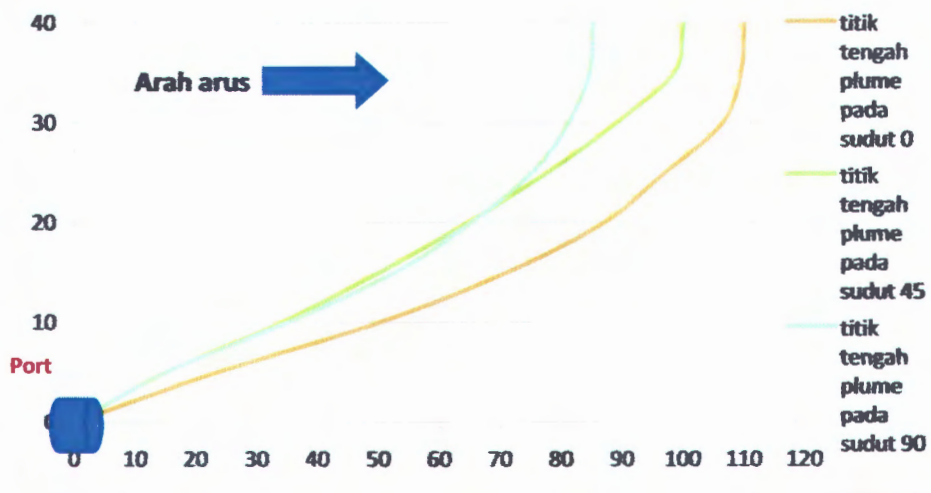
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	5	15	25
3	10	25	35	45
4	15	40	52,5	65
5	20	50	65	80
6	25	60	75	90
7	30	65	81	97
8	35	69	84,5	100
9	40	70	85	100



Kurva Sebaran Effluent Tampak Atas pada  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  4,391 dengan variasi sudut



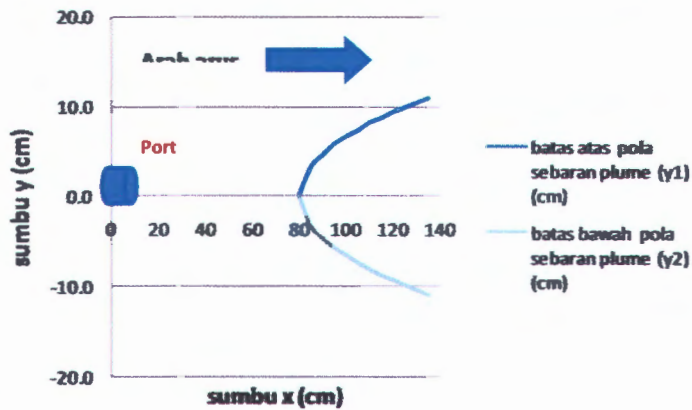
Kurva Sebaran Effluent Tampak Samping pada  $lm/lb$  0,349 dan  $Fo$  4,391 dengan variasi sudut





Kurva Sebaran Effluent pada  $lm/lb$  0,52 dan  $Fo$  2,927 pada sudut 0°  
HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

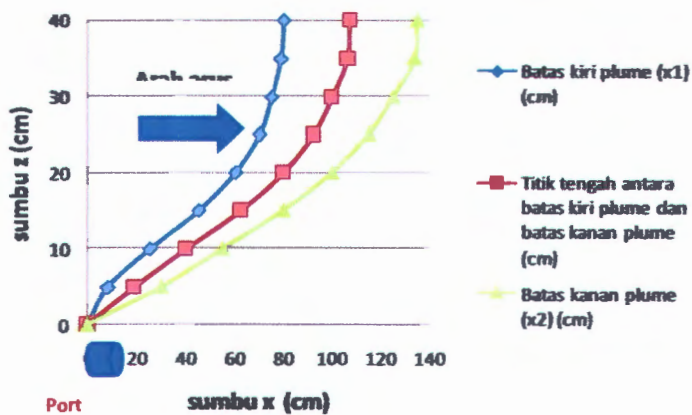
Posisi Titik	jarak horizontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	80	0,0	0,0
2	85	3,3	-3,3
3	90	4,7	-4,7
4	95	5,7	-5,7
5	100	6,6	-6,6
6	105	7,4	-7,4
7	110	8,1	-8,1
8	115	8,8	-8,8
9	120	9,4	-9,4
10	135	11,0	-11,0



Persamaan parabolanya adalah :  
 $y^2 = 2,2x - 176,02$

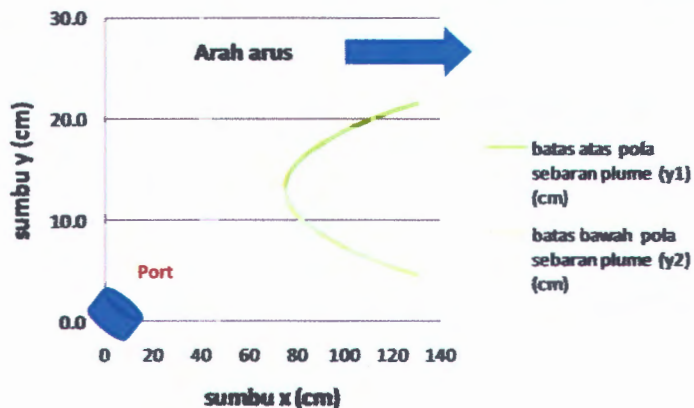
Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $lm/lb$  0,52 dan  $Fo$  2,927 pada sudut 0°  
VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	8	19	30
3	10	25	40	55
4	15	45	62,5	80
5	20	60	80	100
6	25	70	92,5	115
7	30	75	100	125
8	35	79	106,5	134
9	40	80	107,5	135



Kurva Sebaran Effluent pada  $lm/lb$  0,52 dan  $Fo$  2,927 pada sudut  $45^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

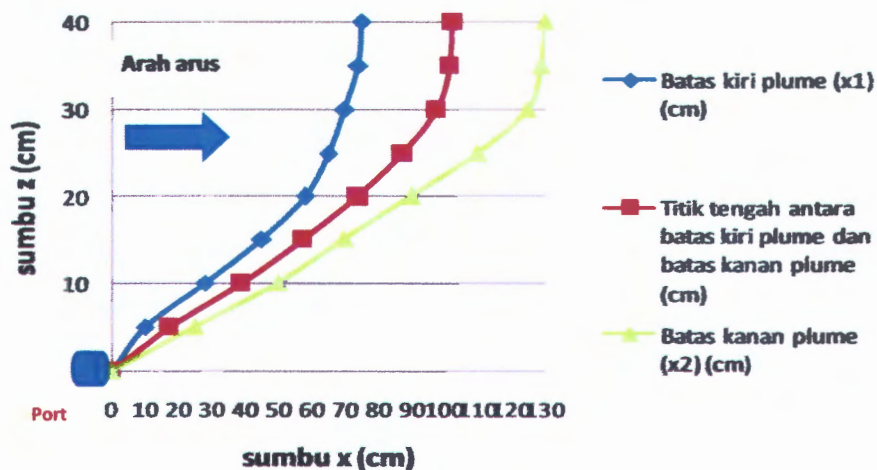
Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume ( $Y_1$ ) (cm)	Batas bawah plume ( $Y_2$ ) (cm)
1	75	13,0	13,0
2	76	14,1	11,9
3	78	15,0	11,0
4	80	15,6	10,4
5	85	16,6	9,4
6	90	17,4	8,6
7	100	18,7	7,3
8	110	19,8	6,2
9	120	20,7	5,3
10	130	21,5	4,5



Persamaan parabolanya adalah :  
 $y^2 - 26y = 1,31x - 267,4$

Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $lm/lb$  0,52 dan  $Fo$  2,927 pada sudut  $45^\circ$   
 VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

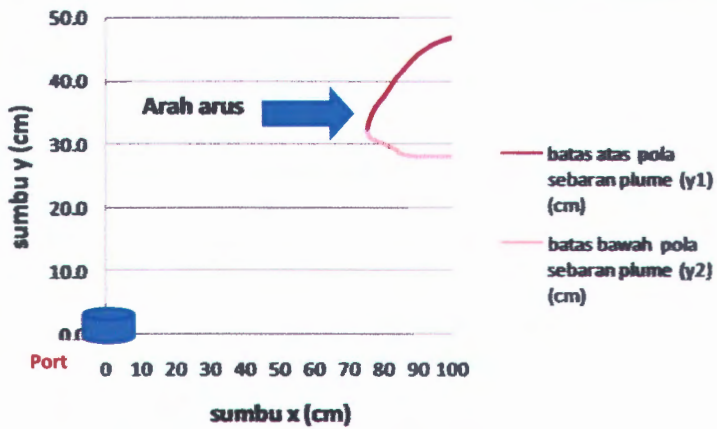
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume ( $x_1$ ) (cm)	Titik tengah ( $x$ ) (cm)	batas kanan plume ( $x_2$ ) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	10	17,5	25
3	10	28	39	50
4	15	45	57,5	70
5	20	58	74	90
6	25	65	87,5	110
7	30	70	97,5	125
8	35	74	101,5	129
9	40	75	102,5	130





Kurva Sebaran Effluent pada  $l_m/l_b$  0,52 dan  $F_o$  2,927 pada sudut  $90^\circ$   
HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

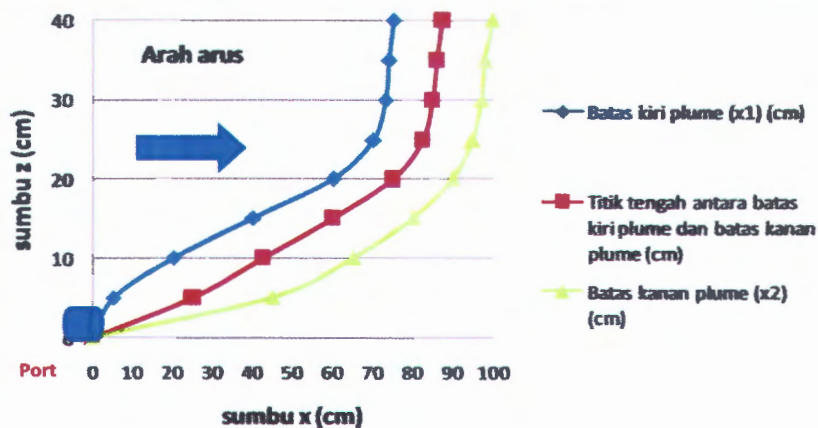
Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	batas atas plume (y1) (cm)	batas bawah plume (y2) (cm)
1	75	32,0	32,0
2	76	34,0	31,0
3	78	36,0	30,5
4	80	37,5	30,0
5	82	39,0	29,5
6	84	40,5	29,0
7	85	41,0	28,5
8	90	44,0	28,0
9	95	46,0	28,0
10	100	47	28



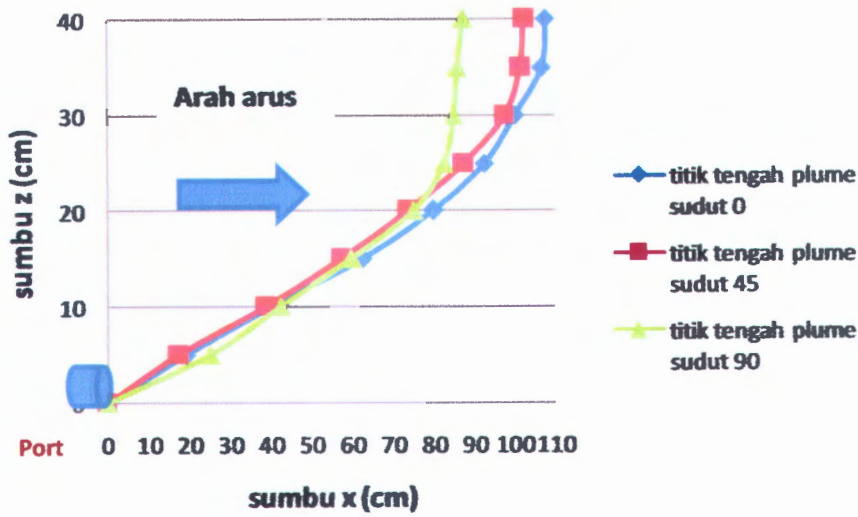
Persamaan parabolanya adalah :  
 $0,866x - 0,5y = 0,032(0,5x + 0,866y)^2 + 4,9(0,5x + 0,866y) - 406,67$

Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,52 dan  $F_o$  2,927 pada sudut  $90^\circ$   
VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

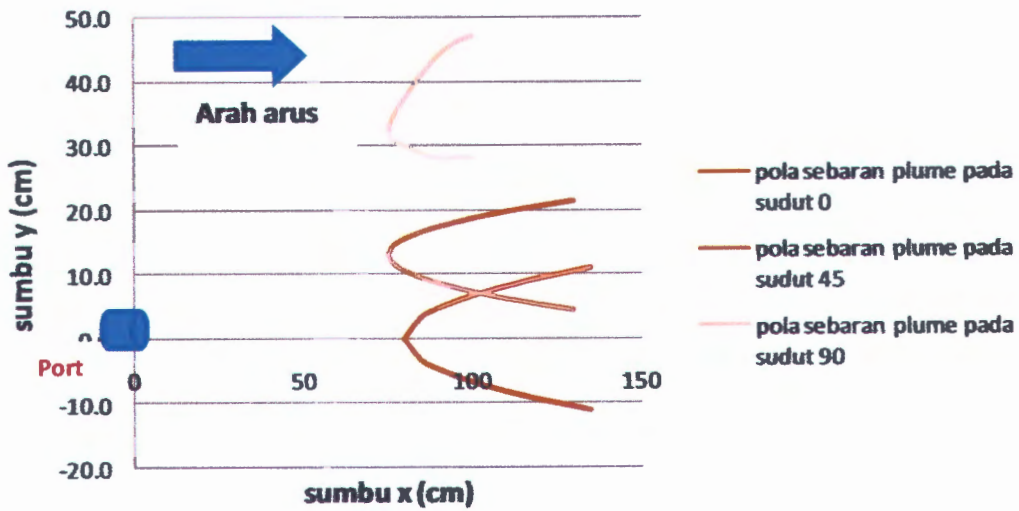
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	5	25	45
3	10	20	42,5	65
4	15	40	60	80
5	20	60	75	90
6	25	70	82,5	95
7	30	73	85	97
8	35	74	86	98
9	40	75	87,5	100



Kurva Sebaran Effluent tampak atas pada  $lm/lb$  0,52 dan  $Fo$  2,927 dengan variasi sudut



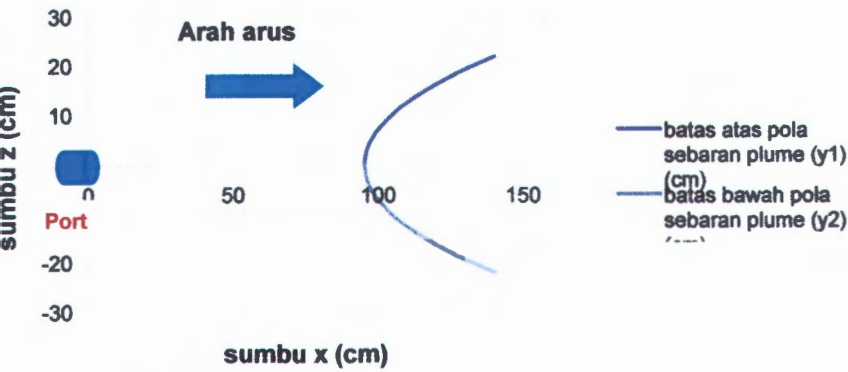
Kurva Sebaran Effluent tampak samping pada  $lm/lb$  0,52 dan  $Fo$  2,927 dengan variasi sudut





Sebaran Effluent pada  $l_m/l_b$  0,52 dan  $Fo$  4,391 pada sudut  $0^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

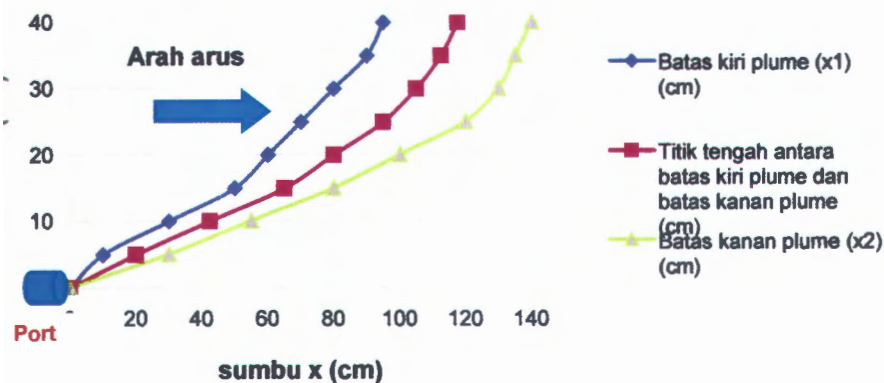
Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	95	0.0	0.0
2	96	3.3	-3.3
3	98	5.7	-5.7
4	100	7.3	-7.3
5	105	10.4	-10.4
6	110	12.7	-12.7
7	115	14.7	-14.7
8	120	16.4	-16.4
9	130	19.4	-19.4
10	140	22.0	-22.0



persamaan parabolanya adalah :  
 $y = 10,75x^2 - 1021,78$

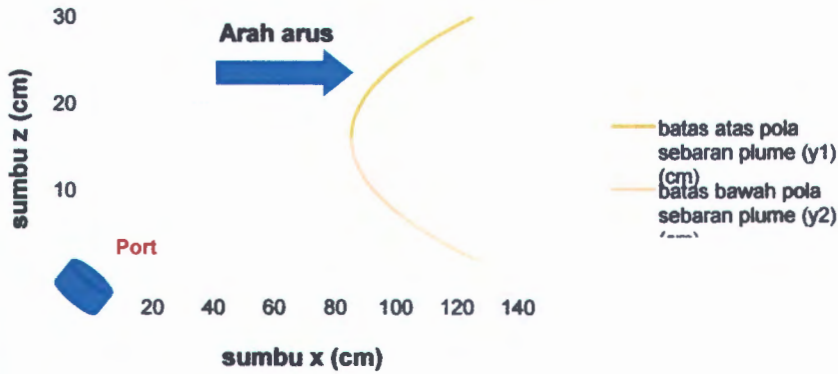
Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,52 dan  $Fo$  4,391 pada sudut  $0^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Z)

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	10	20	30
3	10	30	42.5	55
4	15	50	65	80
5	20	60	80	100
6	25	70	95	120
7	30	80	105	130
8	35	90	112.5	135
9	40	95	117.5	140



Kurva Sebaran Effluent pada  $l_m/l_b$  0,52 dan  $F_o$  4,391 pada sudut  $45^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

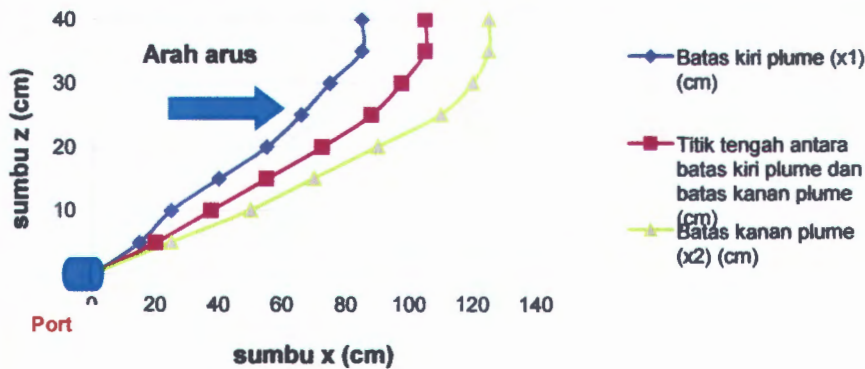
Posisi Titik	jarak horizontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	85	16.0	16.0
2	86	18.2	13.8
3	90	20.9	11.1
4	95	23.0	9.0
5	100	24.5	7.5
6	105	25.8	6.2
7	110	27.0	5.0
8	115	28.0	4.0
9	120	29.0	3.0
10	125	29.9	2.1



Persamaan parabolanya adalah :  
 $y^2 - 32y = 4,8x - 664$

Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,52 dan  $F_o$  4,391 pada sudut  $45^\circ$   
 VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

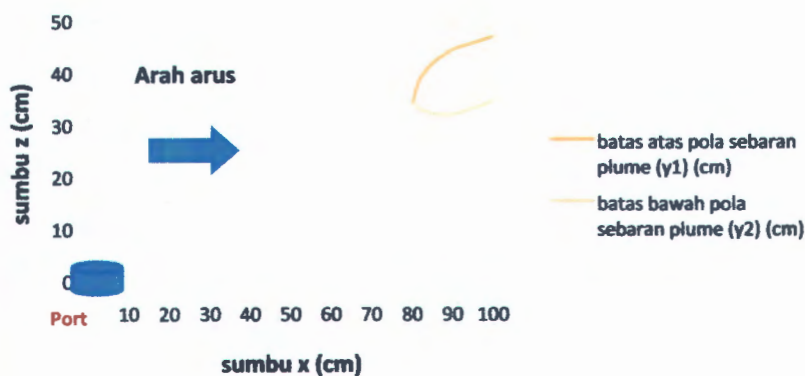
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	15	20	25
3	10	25	37.5	50
4	15	40	55	70
5	20	55	72.5	90
6	25	66	88	110
7	30	75	97.5	120
8	35	85	105	125
9	40	85	105	125





Kurva Sebaran Effluent pada  $l_m/l_b$  0,52 dan  $F_o$  4,391 pada sudut  $90^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

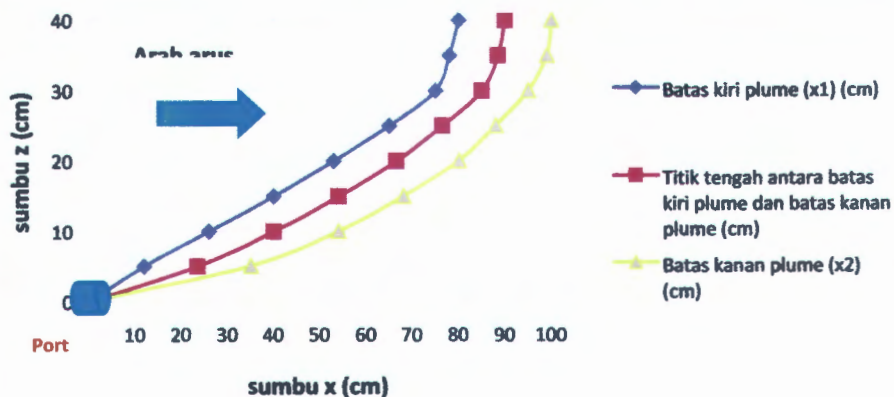
Posisi Titik	jarak horizontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	80	34,0	34,0
2	81	37,0	33,5
3	82	39,0	33,0
4	84	41,0	32,5
5	86	42,5	32,0
6	88	43,5	32,0
7	90	44,5	32,0
8	94	45,5	33,0
9	98	46,5	34,0
10	100	47	35



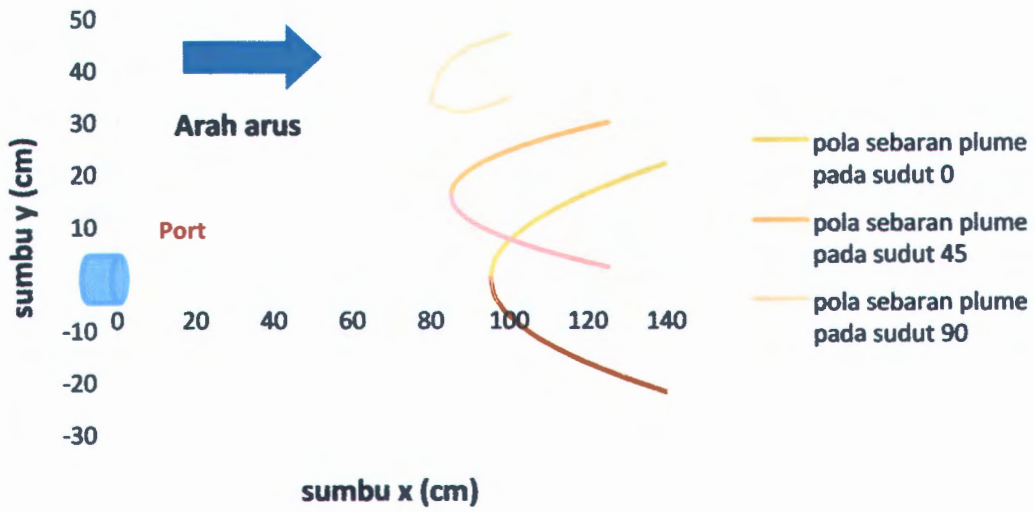
Persamaan parabolanya adalah :  
 $0,866x - 0,5y = -0,69(0,5x + 0,866y)^2 + 101,92(0,5x + 0,866y) - 3663,8$

Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,52 dan  $F_o$  4,391 pada sudut  $90^\circ$   
 VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

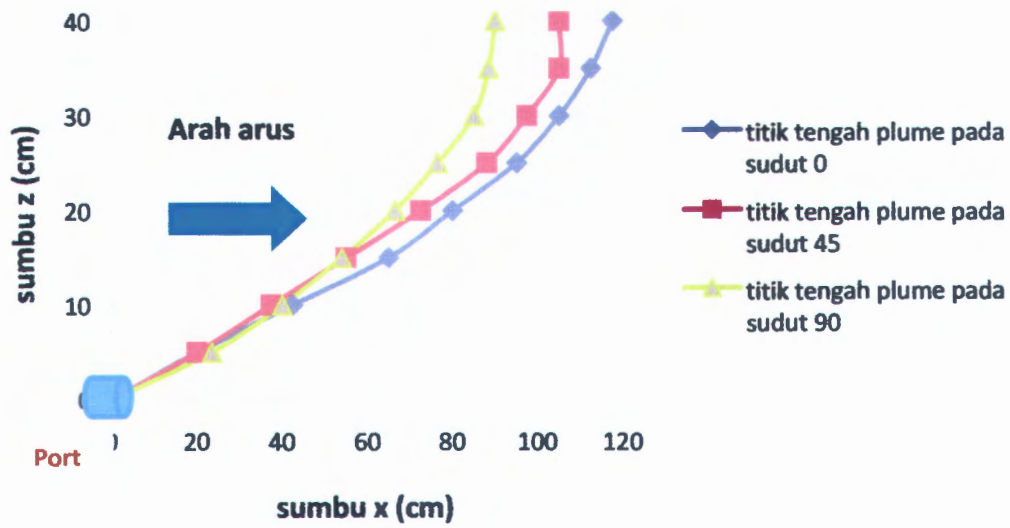
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	12	23,5	35
3	10	26	40	54
4	15	40	54	68
5	20	53	66,5	80
6	25	65	76,5	88
7	30	75	85	95
8	35	78	88,5	99
9	40	80	90	100



Kurva Sebaran Effluent tampak atas pada  $lm/lb$  0,52 dan  $Fo$  4,391 dengan variasi sudut



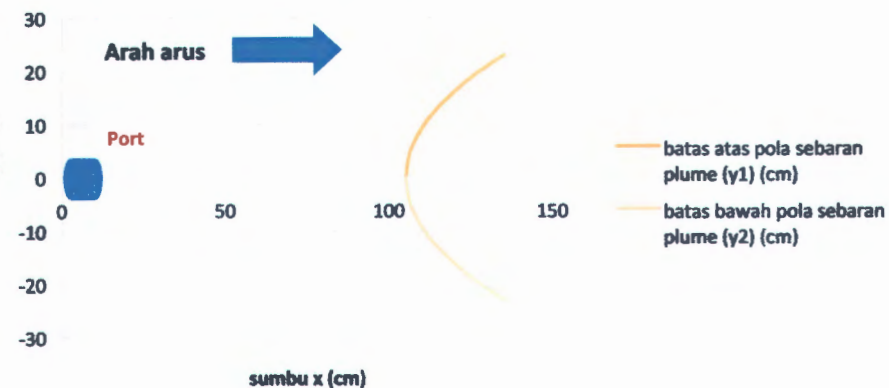
Kurva Sebaran Effluent tampak samping pada  $lm/lb$  0,52 dan  $Fo$  4,391 dengan variasi sudut





a Sebaran Effluent pada  $l_m/l_b$  0,52 dan  $F_o$  5,855 pada sudut  $0^\circ$   
 ISONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

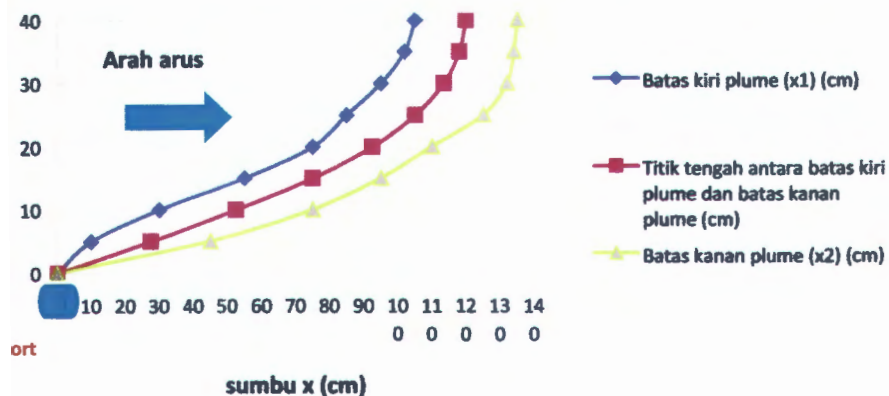
Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	105	0,0	0,0
2	106	4,2	-4,2
3	108	7,3	-7,3
4	110	9,4	-9,4
5	112	11,1	-11,1
6	115	13,3	-13,3
7	120	16,3	-16,3
8	125	18,8	-18,8
9	130	21,0	-21,0
10	135	23,0	-23,0



amaan parabolanya adalah :  
 $17,64x - 1851,85$

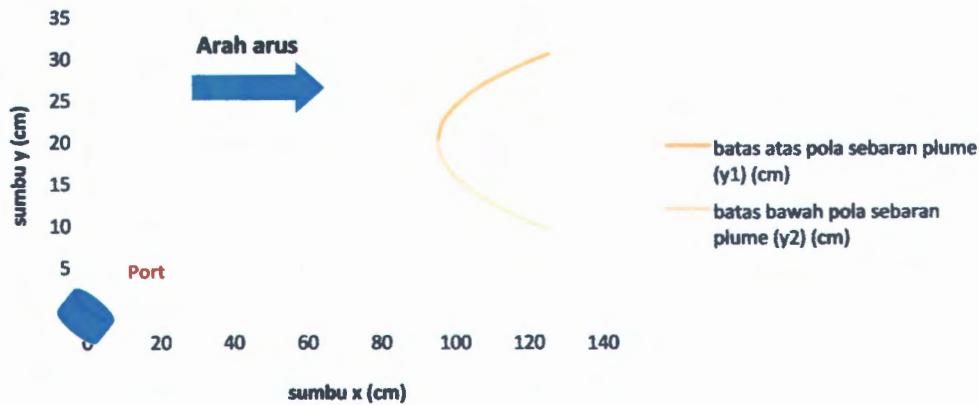
a Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,52 dan  $F_o$  5,855 pada sudut  $0^\circ$   
 TICAL (Untuk Sumbu X-Z)

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	10	27,5	45
3	10	30	52,5	75
4	15	55	75	95
5	20	75	92,5	110
6	25	85	105	125
7	30	95	113,5	132
8	35	102	118	134
9	40	105	120	135



Kurva Sebaran Effluent pada  $l_m/l_b$  0,52 dan  $F_o$  5,855 pada sudut  $45^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

Posisi Titik	jarak horizontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	95	20,0	20,0
2	96	21,9	18,1
3	97	22,7	17,3
4	98	23,3	16,7
5	100	24,3	15,7
6	105	26,1	13,9
7	110	27,4	12,6
8	115	28,6	11,4
9	120	29,6	10,4
10	125	30,5	9,5

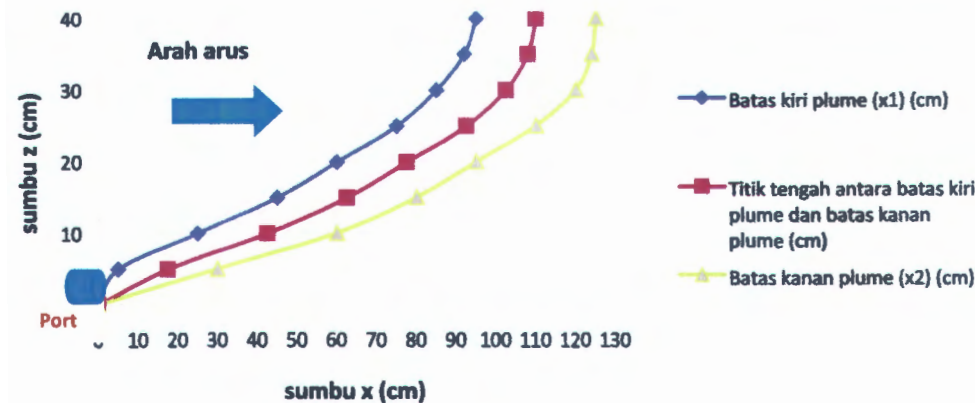


Persamaan parabolanya adalah :

$$y^2 - 40y = 3,67x - 749,12$$

Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,52 dan  $F_o$  5,855 pada sudut  $45^\circ$   
 VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

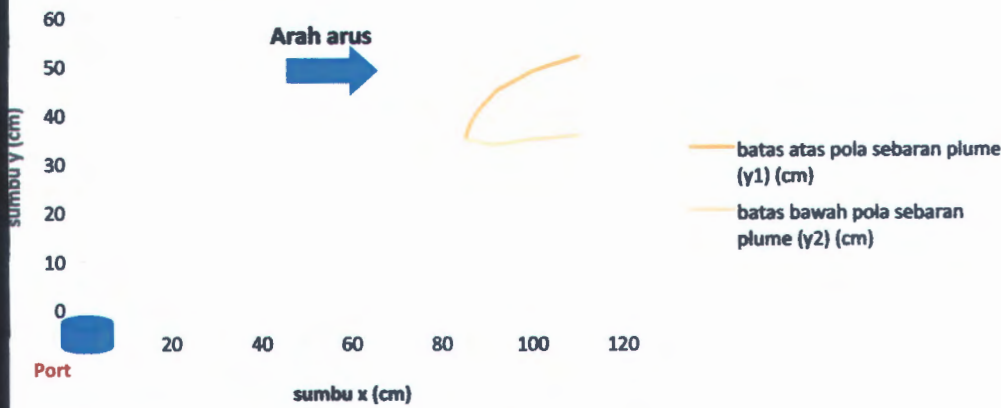
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	5	17,5	30
3	10	25	42,5	60
4	15	45	62,5	80
5	20	60	77,5	95
6	25	75	92,5	110
7	30	85	102,5	120
8	35	92	108	124
9	40	95	110	125





Kurva Sebaran Effluent pada  $l_m/l_b$  0,52 dan  $F_o$  5,855 pada sudut  $90^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

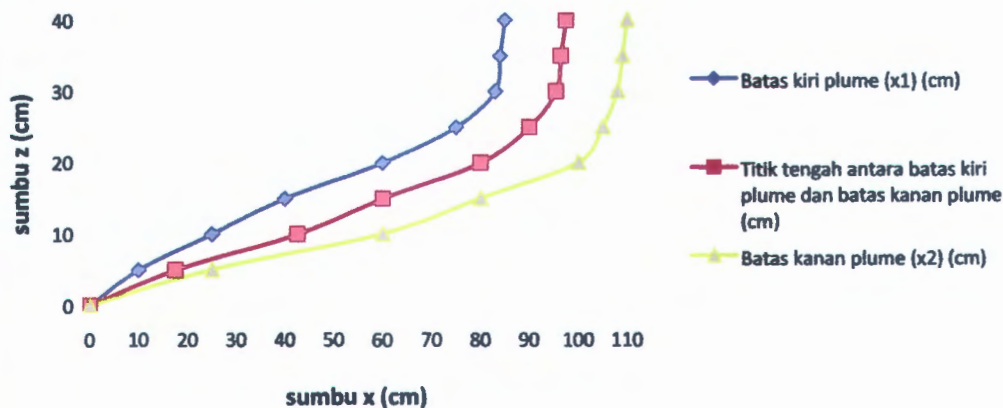
Posisi Titik	jarak horizontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	85	35,0	35,0
2	86	38,0	34,8
3	88	41,0	34,5
4	90	43,0	34,0
5	92	45,0	34,0
6	94	46,0	34,2
7	96	47,0	34,5
8	98	48,0	34,8
9	100	49,0	35,0
10	110	52,0	35,8



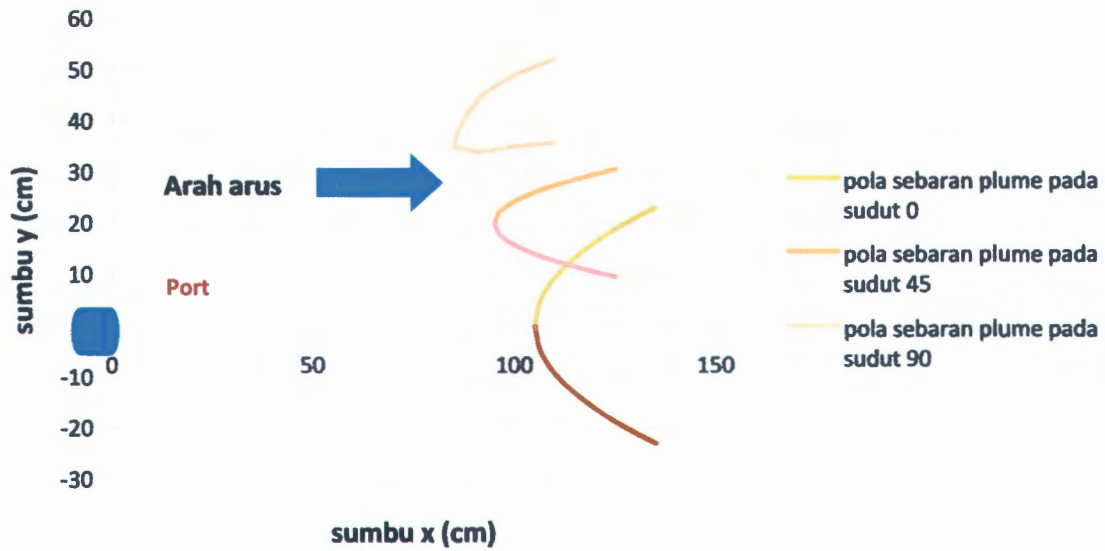
Persamaan parabolanya adalah :  
 $0,866x - 0,5y = -1,67(0,5x + 0,866y)^2 + 253,95(0,5x + 0,866y) + 2240,6$

Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,52 dan  $F_o$  5,855 pada sudut  $90^\circ$   
 VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

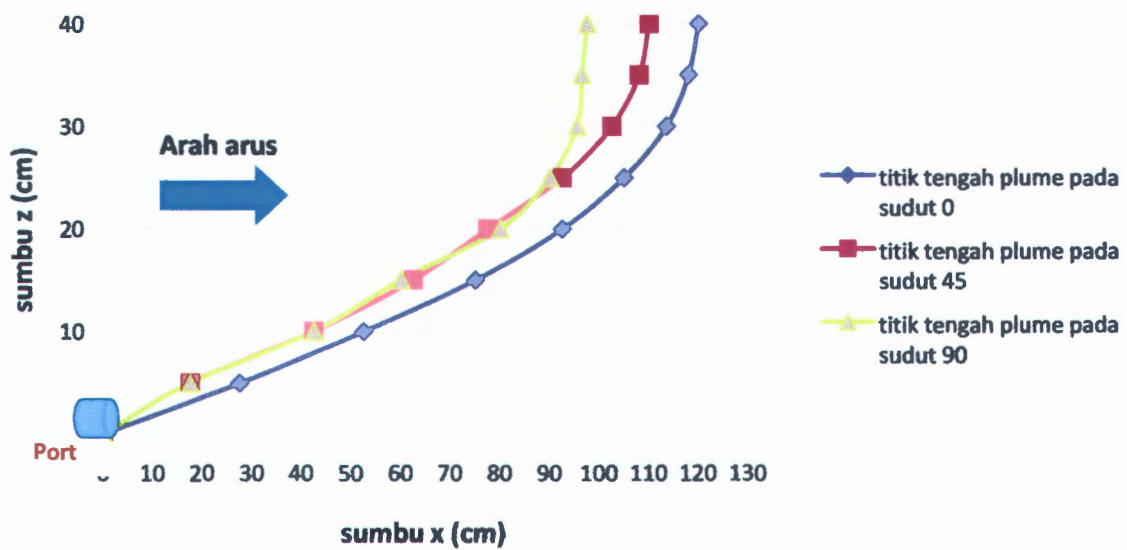
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	10	17,5	25
3	10	25	42,5	60
4	15	40	60	80
5	20	60	80	100
6	25	75	90	105
7	30	83	95,5	108
8	35	84	96,5	109
9	40	85	97,5	110



Kurva Sebaran Effluent tampak atas pada  $lm/lb$  0,52 dan  $Fo$  5,855 dengan variasi sudut



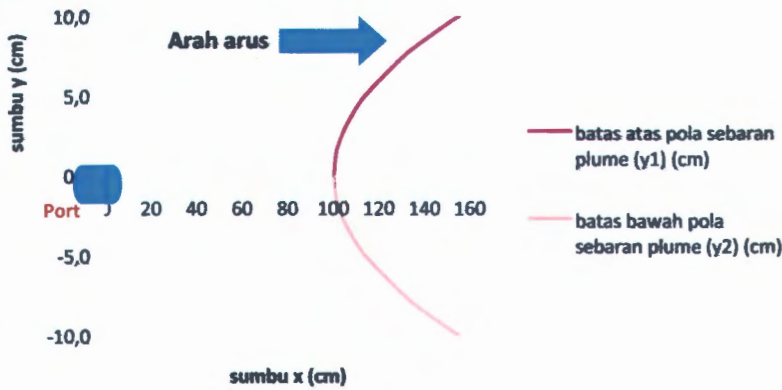
Kurva Sebaran Effluent tampak samping pada  $lm/lb$  0,52 dan  $Fo$  5,855 dengan variasi sudut





Kurva Sebaran Effluent pada  $l_m/l_b$  0,726 dan  $F_o$  2,927 pada sudut  $0^\circ$   
HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	100	0,0	0,0
2	101	1,3	-1,3
3	102	1,9	-1,9
4	105	3,0	-3,0
5	110	4,3	-4,3
6	115	5,2	-5,2
7	130	7,4	-7,4
8	140	8,5	-8,5
9	150	9,5	-9,5
10	155	10,0	-10,0

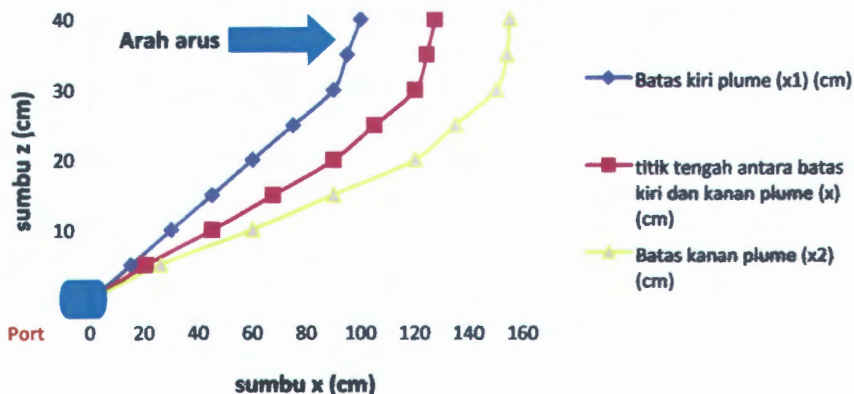


Persamaan parabolanya adalah :

$$y^2 = 1,82x - 181,82$$

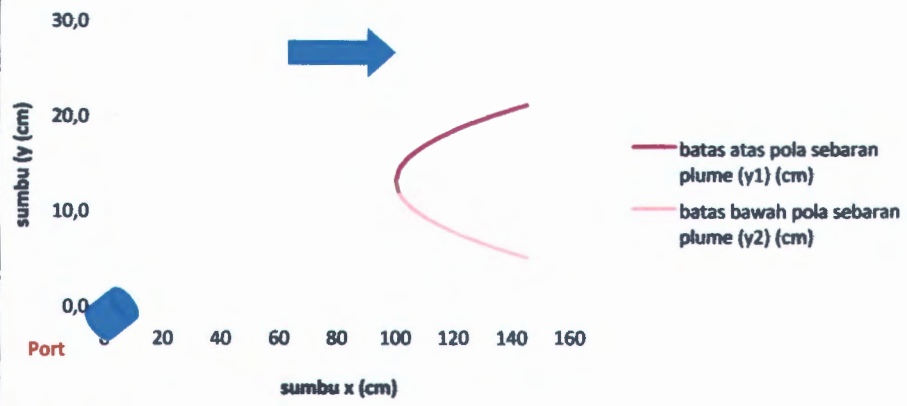
KURVA Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,726 dan  $F_o$  2,927 pada sudut  $0^\circ$   
VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	15	20,5	26
3	10	30	45	60
4	15	45	67,5	90
5	20	60	90	120
6	25	75	105	135
7	30	90	120	150
8	35	95	124,5	154
9	40	100	127,5	155



Kurva Sebaran Effluent pada  $l_m/l_b$  0,726 dan  $F_o$  2,927 pada sudut  $45^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

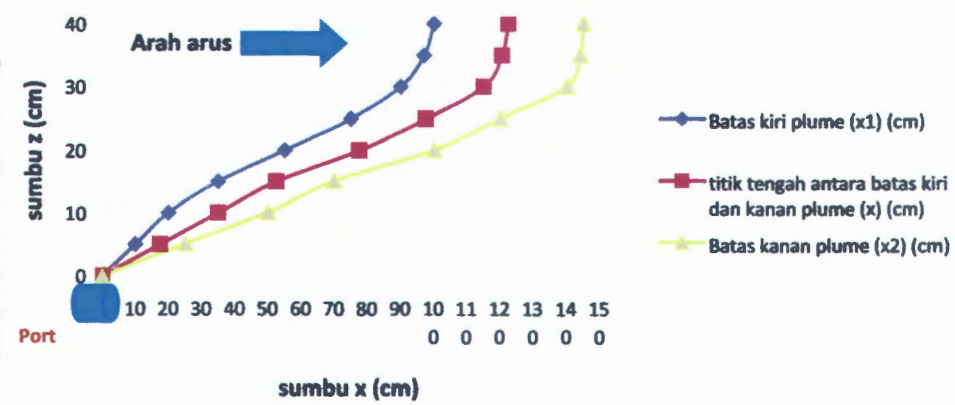
Posisi Titik	Jarak horizontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	100	13,0	13,0
2	101	14,2	11,8
3	102	14,7	11,3
4	105	15,7	10,3
5	110	16,8	9,2
6	115	17,6	8,4
7	120	18,3	7,7
8	125	19,0	7,0
9	135	20,1	5,9
10	145	21,0	5,0



Persamaan parabolanya adalah :  
 $y^2 - 26y = 1,4x - 309$

Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,726 dan  $F_o$  2,927 pada sudut  $45^\circ$   
 VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

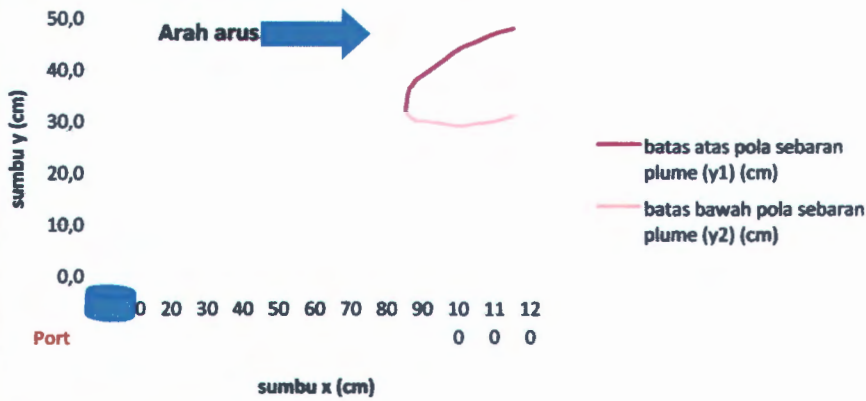
Posisi Titik	Jarak vertikal (sumbu z) (cm)	Batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	Batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	10	17,5	25
3	10	20	35	50
4	15	35	52,5	70
5	20	55	77,5	100
6	25	75	97,5	120
7	30	90	115	140
8	35	97	120,5	144
9	40	100	122,5	145





Kurva Sebaran Effluent pada  $l_m/l_b$  0,726 dan  $F_o$  2,927 pada sudut  $90^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

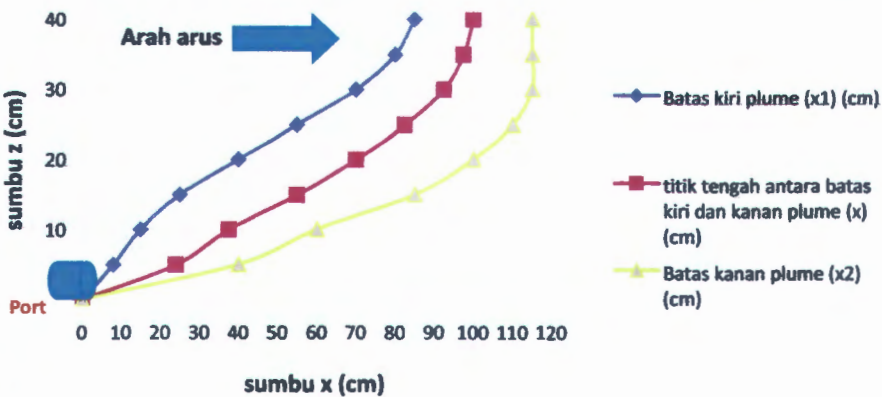
Posisi Titik	jarak horizontal (sumbu x) (cm)	batas atas plume (y1) (cm)	batas bawah plume (y2) (cm)
1	85	32,0	32,0
2	86	36,0	31,0
3	87	37,0	30,5
4	88	38,0	30,0
5	90	39,0	30,0
6	95	41,5	29,5
7	100	44,0	29,0
8	105	45,5	29,5
9	110	47,0	30,0
10	115	48	31



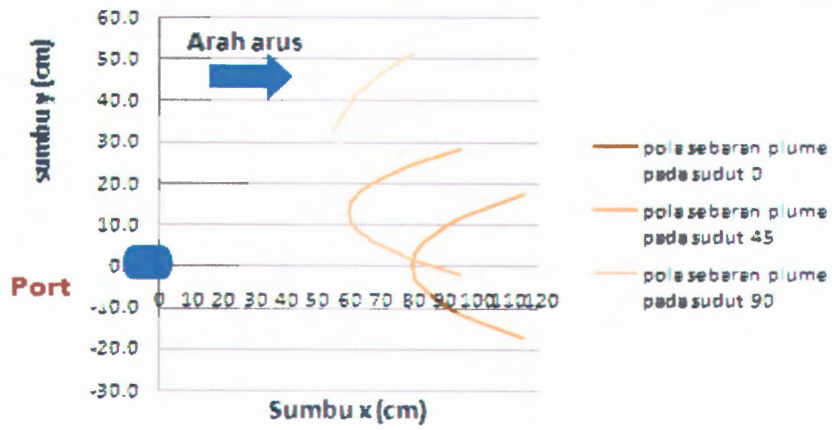
Persamaan parabolanya adalah :  
 $0,866x - 0,5y = -0,37(0,5x + 0,866y)^2 + 59(0,5x + 0,866y) - 2259,6$

Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,726 dan  $F_o$  2,927 pada sudut  $90^\circ$   
 VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

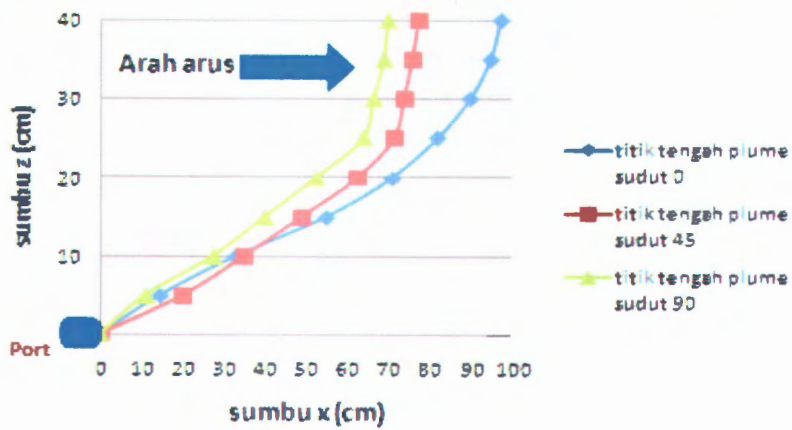
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	8	24	40
3	10	15	37,5	60
4	15	25	55	85
5	20	40	70	100
6	25	55	82,5	110
7	30	70	92,5	115
8	35	80	97,5	115
9	40	85	100	115



Kurva Sebaran Effluent tampak atas pada  $lm/lb$  0,726 dan  $Fo$  2,927 dengan variasi sudut



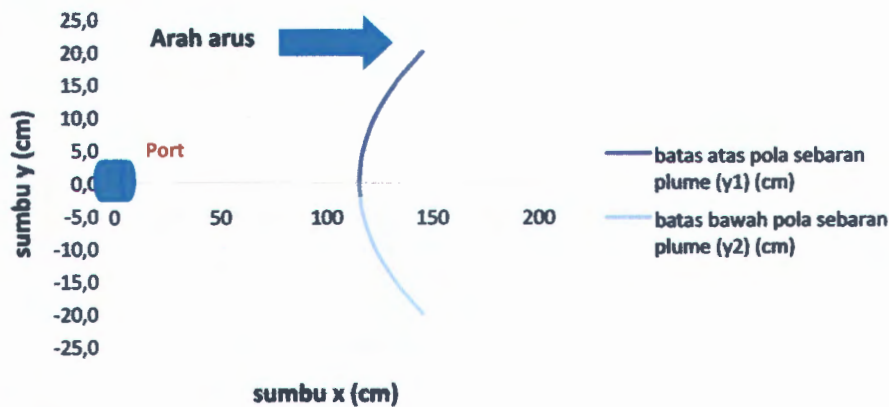
Kurva Sebaran Effluent tampak samping pada  $lm/lb$  0,726 dan  $Fo$  2,927 dengan variasi sudut





Kurva Sebaran Effluent pada  $l_m/l_b$  0,726 dan  $F_o$  4,391 pada sudut  $0^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

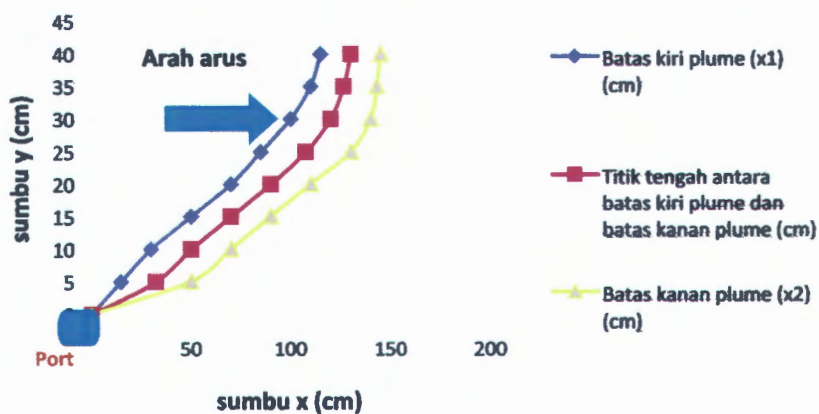
Posisi Titik	jarak horizontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	115	0,0	0,0
2	116	3,7	-3,7
3	118	6,3	-6,3
4	120	8,2	-8,2
5	122	9,7	-9,7
6	124	11,0	-11,0
7	126	12,1	-12,1
8	130	14,1	-14,1
9	135	16,3	-16,3
10	145	20,0	-20,0



Persamaan parabolanya adalah :  
 $y^2 = 13,3x - 1533,33$

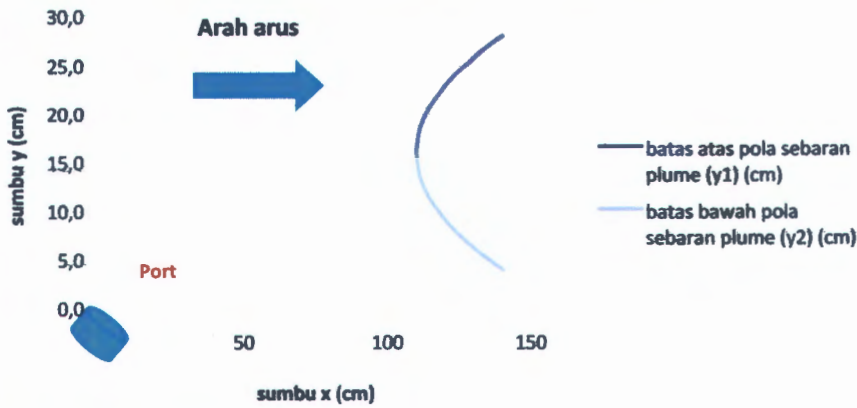
Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,726 dan  $F_o$  4,391 pada sudut  $0^\circ$   
 VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	15	32,5	50
3	10	30	50	70
4	15	50	70	90
5	20	70	90	110
6	25	85	107,5	130
7	30	100	120	140
8	35	110	126,5	143
9	40	115	130	145



Kurva Sebaran Effluent pada  $lm/lb$  0,726 dan  $Fo$  4,391 pada sudut  $45^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

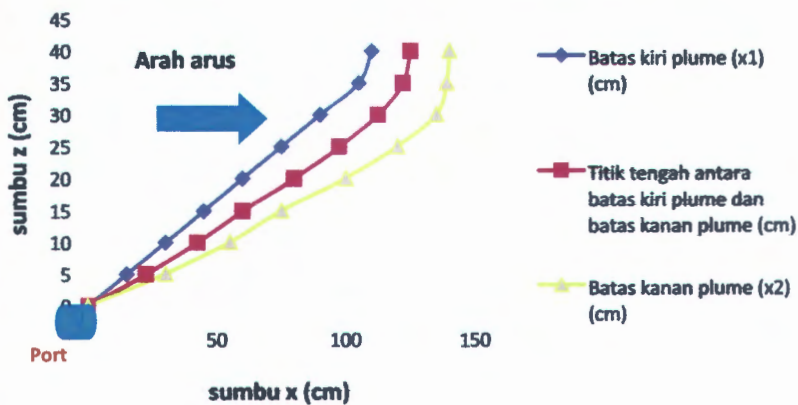
Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	110	16,0	16,0
2	111	18,2	13,8
3	112	19,1	12,9
4	113	19,8	12,2
5	115	20,9	11,1
6	120	22,9	9,1
7	125	24,5	7,5
8	130	25,8	6,2
9	135	27,0	5,0
10	140	28,0	4,0



Persamaan parabolanya adalah :  
 $y^2 - 32y = 1,2x - 388$

Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $lm/lb$  0,726 dan  $Fo$  4,391 pada sudut  $45^\circ$   
 VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

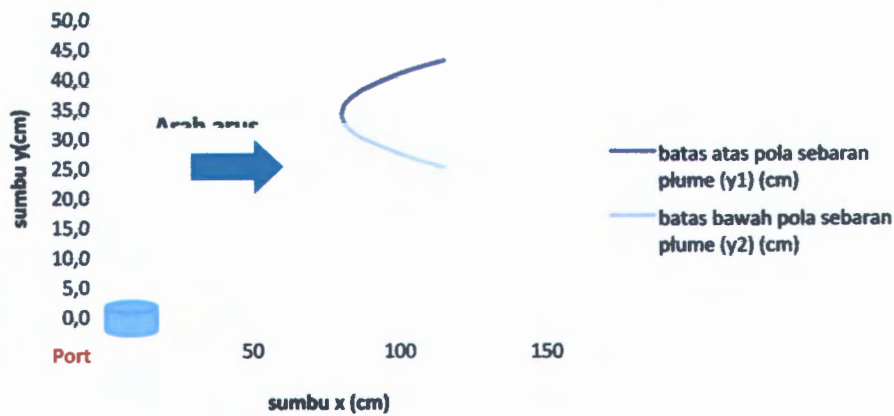
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	15	22,5	30
3	10	30	42,5	55
4	15	45	60	75
5	20	60	80	100
6	25	75	97,5	120
7	30	90	112,5	135
8	35	105	122	139
9	40	110	125	140





Kurva Sebaran Effluent pada  $lm/lb$  0,726 dan  $Fo$  4,391 pada sudut  $90^\circ$   
 HORISONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

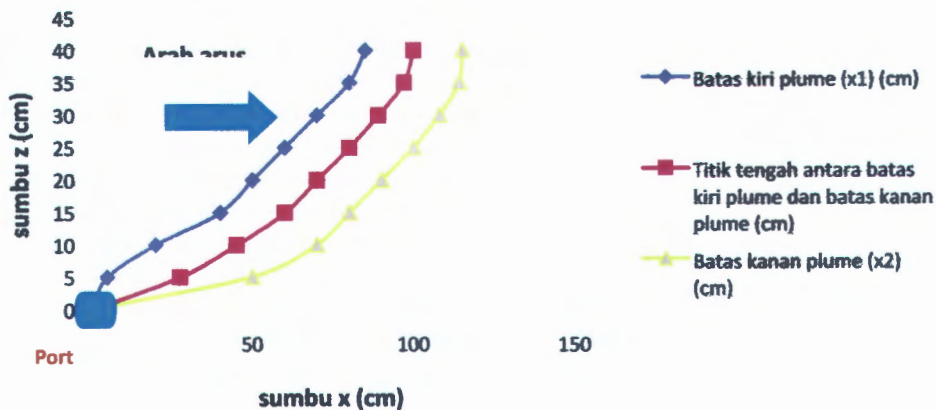
Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	80	34,0	34,0
2	81	35,5	32,5
3	82	36,2	31,8
4	84	37,0	31,0
5	86	37,7	30,3
6	88	38,3	29,7
7	100	40,8	27,2
8	105	41,6	26,4
9	110	42,3	25,7
10	115	43,0	25,0



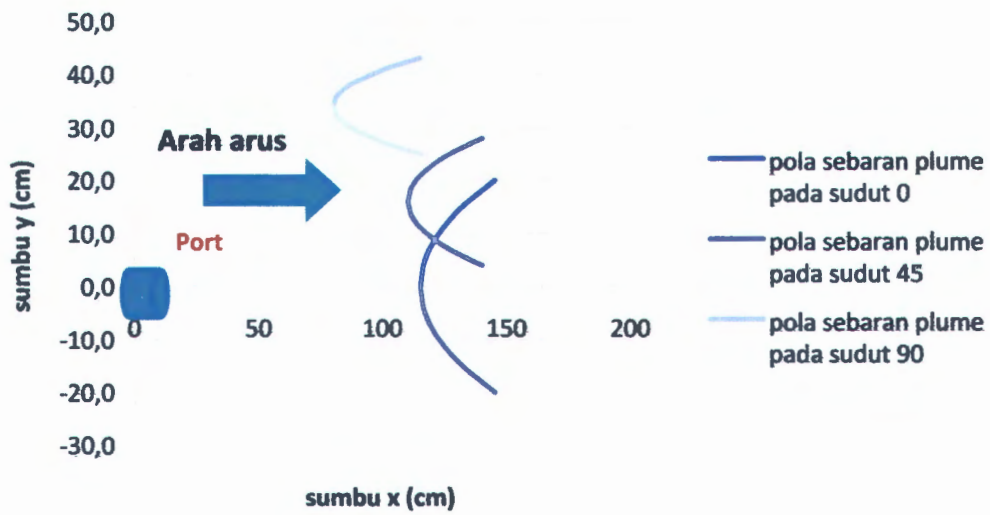
Persamaan parabolanya adalah :  
 $y^2 - 68y = 2,32x - 1341,6$

Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $lm/lb$  0,726 dan  $Fo$  4,391 pada sudut  $90^\circ$   
 VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

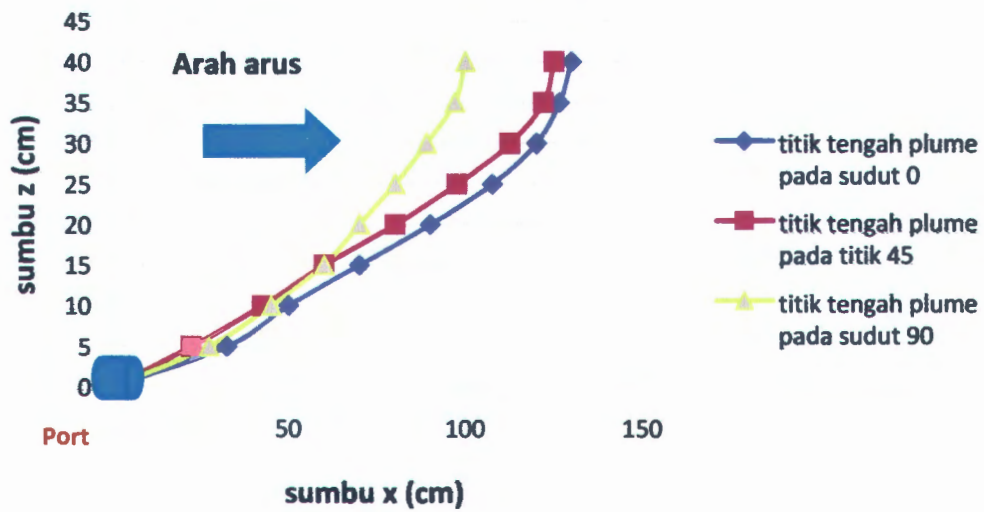
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	5	27,5	50
3	10	20	45	70
4	15	40	60	80
5	20	50	70	90
6	25	60	80	100
7	30	70	89	108
8	35	80	97	114
9	40	85	100	115



Kurva Sebaran Effluent tampak atas pada  $lm/lb$  0,726 dan  $Fo$  4,391 dengan variasi sudut



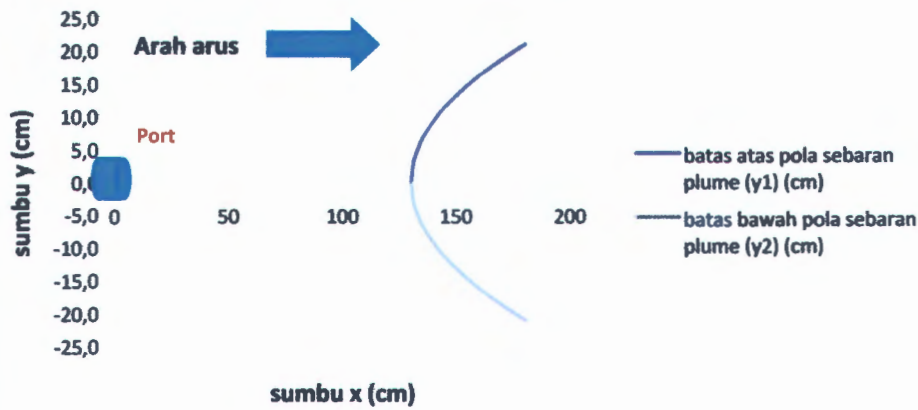
Kurva Sebaran Effluent tampak samping pada  $lm/lb$  0,726 dan  $Fo$  4,391 dengan variasi sudut





Kurva Sebaran Effluent pada  $lm/lb$  0,726 dan  $Fo$  5,855 pada sudut  $0^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

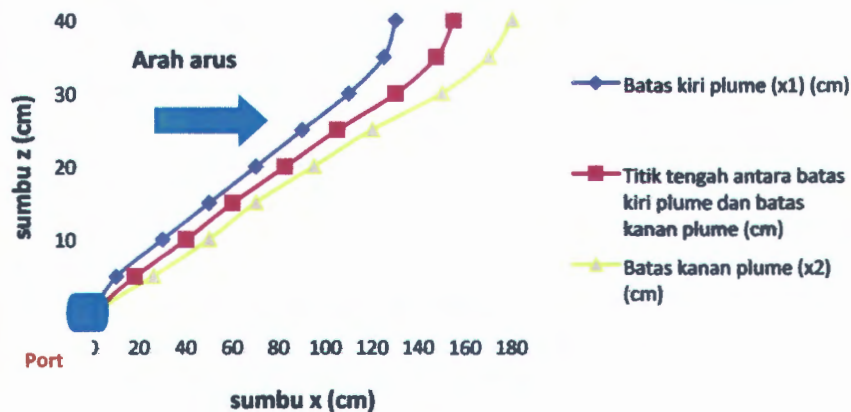
Posisi Titik	jarak horizontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	130	0,0	0,0
2	131	3,0	-3,0
3	132	4,2	-4,2
4	135	6,6	-6,6
5	140	9,4	-9,4
6	145	11,5	-11,5
7	155	14,8	-14,8
8	165	17,6	-17,6
9	175	19,9	-19,9
10	180	21,0	-21,0



Persamaan parabolanya adalah :  
 $y^2 = 8,82x - 1146,59$

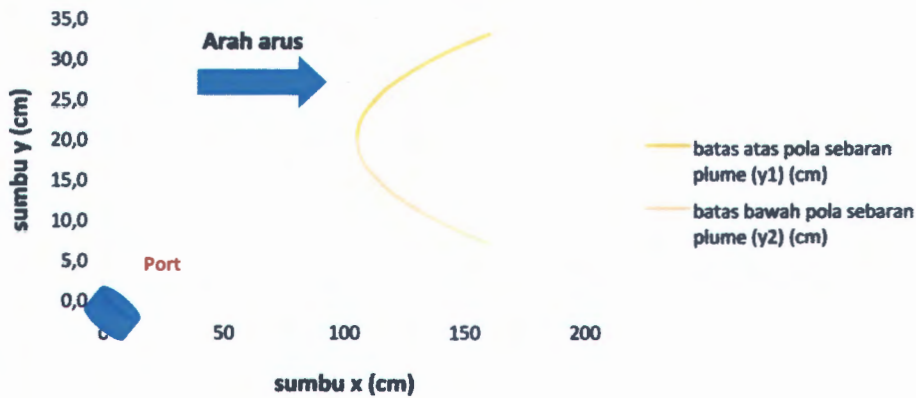
Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $lm/lb$  0,726 dan  $Fo$  5,855 pada sudut  $0^\circ$   
 VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	10	18	26
3	10	30	40	50
4	15	50	60	70
5	20	70	82,5	95
6	25	90	105	120
7	30	110	130	150
8	35	125	147,5	170
9	40	130	155	180



Kurva Sebaran Effluent pada  $l_m/l_b$  0,726 dan  $F_o$  5,855 pada sudut  $45^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

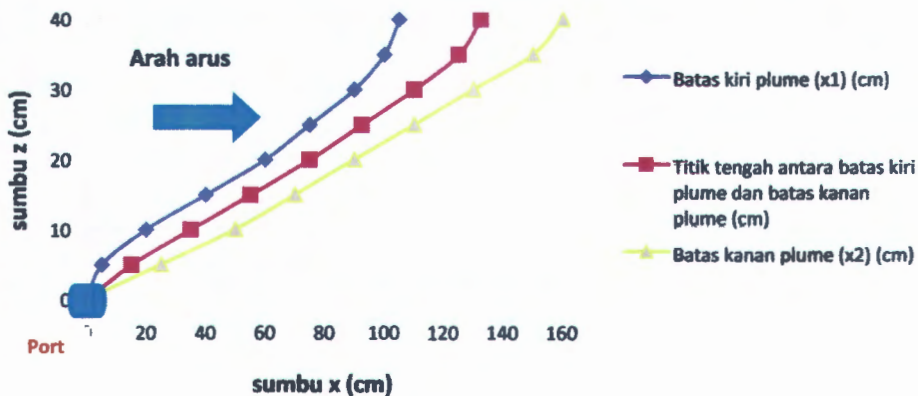
Posisi Titik	jarak horizontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	105	20,0	20,0
2	106	21,8	18,2
3	107	22,5	17,5
4	109	23,5	16,5
5	115	25,5	14,5
6	120	26,8	13,2
7	130	28,8	11,2
8	140	30,4	9,6
9	150	31,8	8,2
10	160	33,0	7,0



Persamaan parabolanya adalah :  
 $y^2 - 40y = 3,1x - 725,5$

Kurva Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,726 dan  $F_o$  5,855 pada sudut  $45^\circ$   
 VERTICAL (Untuk Sumbu X-Z)

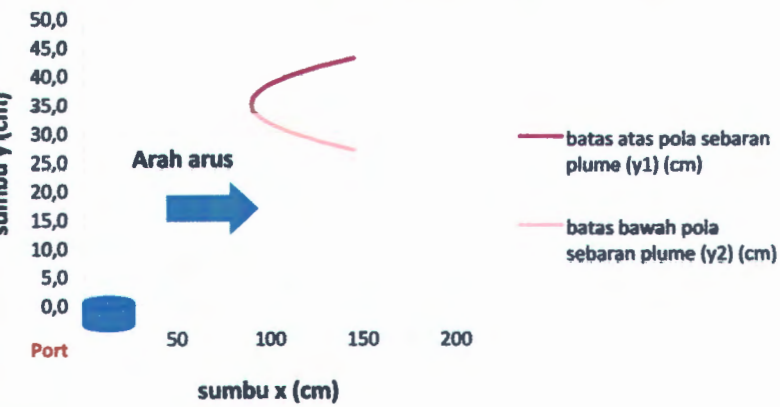
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	5	15	25
3	10	20	35	50
4	15	40	55	70
5	20	60	75	90
6	25	75	92,5	110
7	30	90	110	130
8	35	100	125	150
9	40	105	132,5	160





Sebaran Effluent pada  $l_m/l_b$  0,726 dan  $F_o$  5,855 pada sudut  $90^\circ$   
 HORIZONTAL (Untuk Sumbu X-Y)

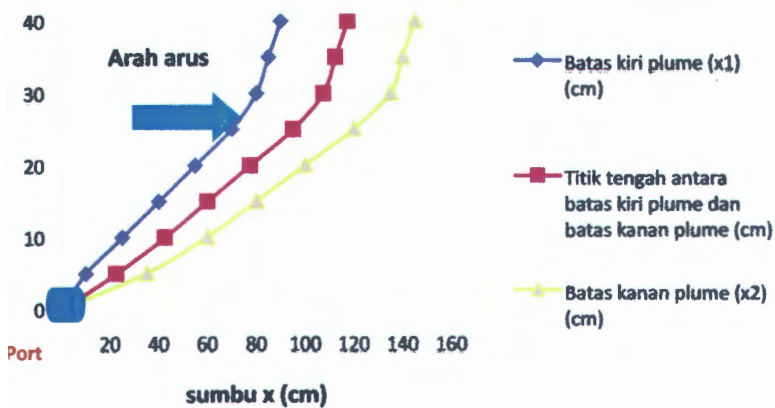
Posisi Titik	jarak horisontal (sumbu x) (cm)	Batas atas plume (Y1) (cm)	Batas bawah plume (Y2) (cm)
1	90	35,0	35,0
2	91	36,1	33,6
3	92	36,5	33,5
4	94	37,2	32,8
5	96	37,6	32,4
6	100	38,4	31,6
7	110	39,8	30,2
8	120	40,9	29,1
9	130	41,8	28,2
10	145	43,0	27,0



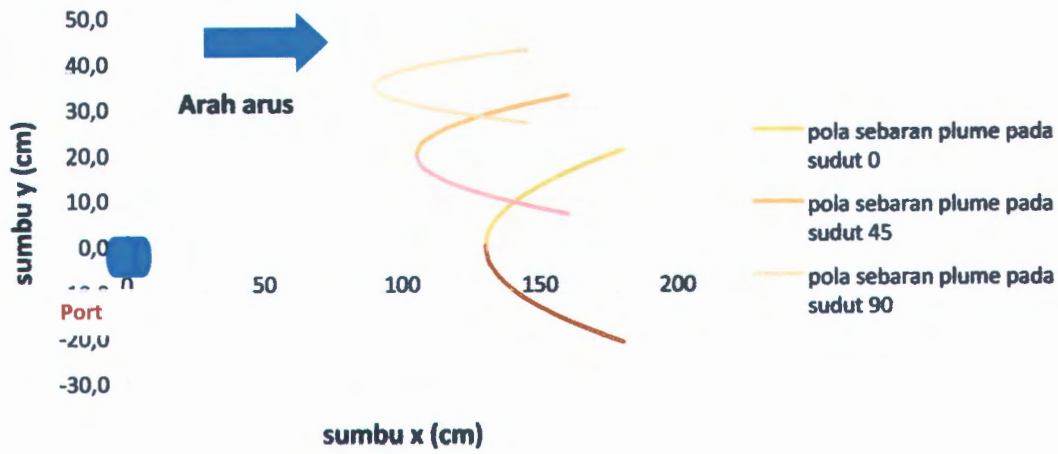
samaan parabolanya adalah :  
 $70y = 1,16x - 1329,4$

Sebaran Effluent Tampak samping pada  $l_m/l_b$  0,726 dan  $F_o$  5,855 pada sudut  $90^\circ$   
 VERTIKAL (Untuk Sumbu X-Z)

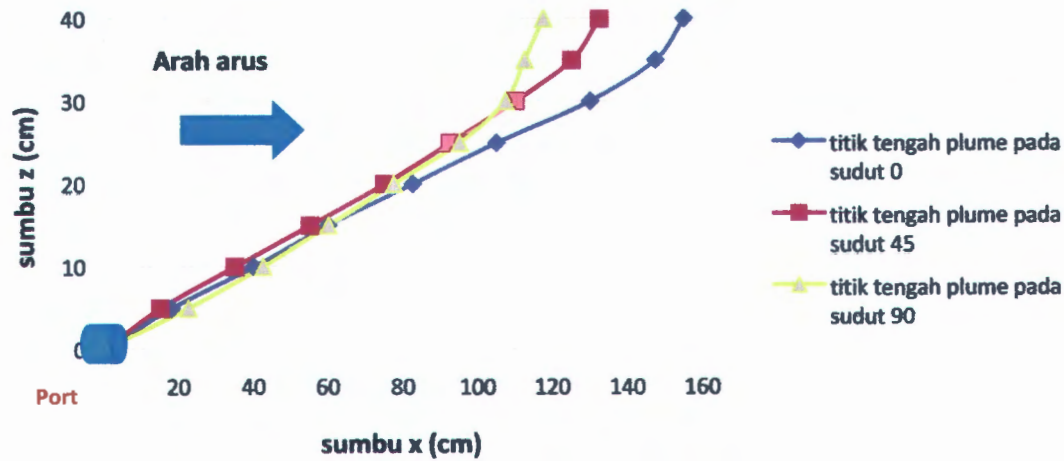
Posisi Titik	jarak vertikal (sumbu z) (cm)	batas kiri plume (x1) (cm)	Titik tengah (x) (cm)	batas kanan plume (x2) (cm)
1	0	0	0	0
2	5	10	22,5	35
3	10	25	42,5	60
4	15	40	60	80
5	20	55	77,5	100
6	25	70	95	120
7	30	80	107,5	135
8	35	85	112,5	140
9	40	90	117,5	145



Kurva Sebaran Effluent tampak atas pada  $Im/lb$  0,726 dan  $Fo$  5,855 dengan variasi sudut

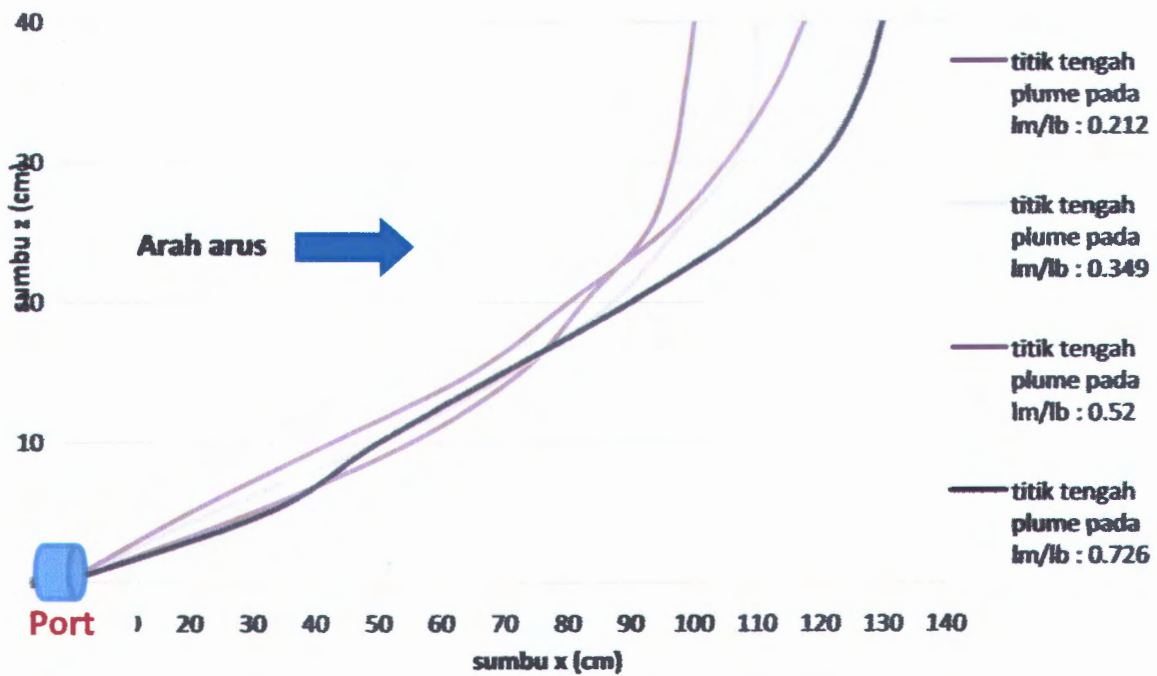
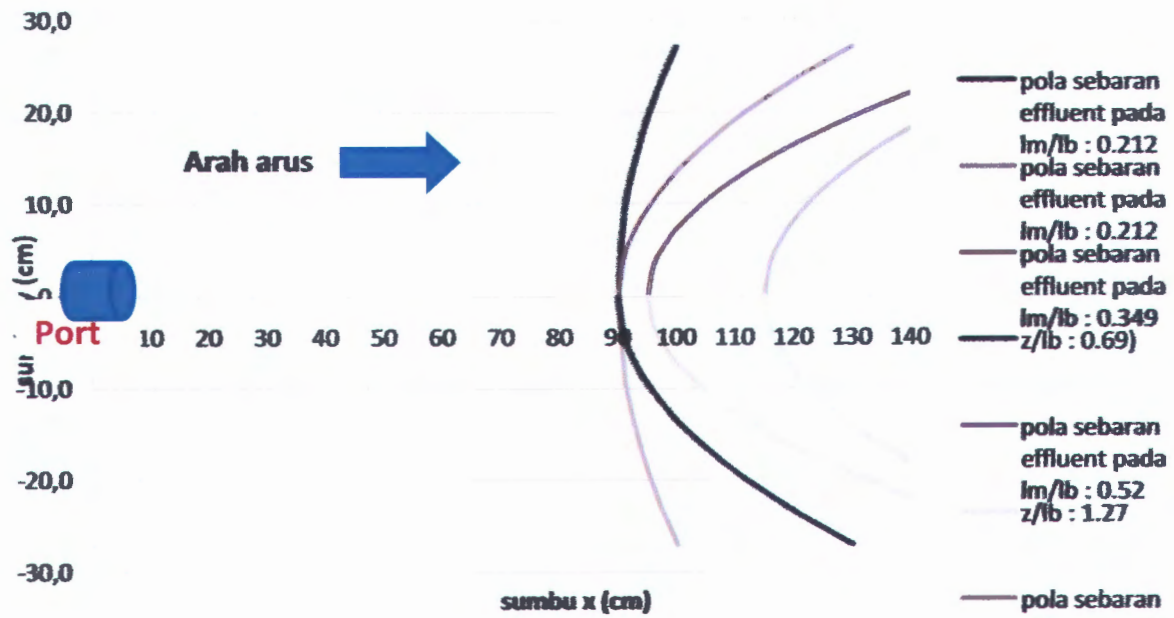


Kurva Sebaran Effluent tampak samping pada  $Im/lb$  0,726 dan  $Fo$  5,855 dengan variasi sudut

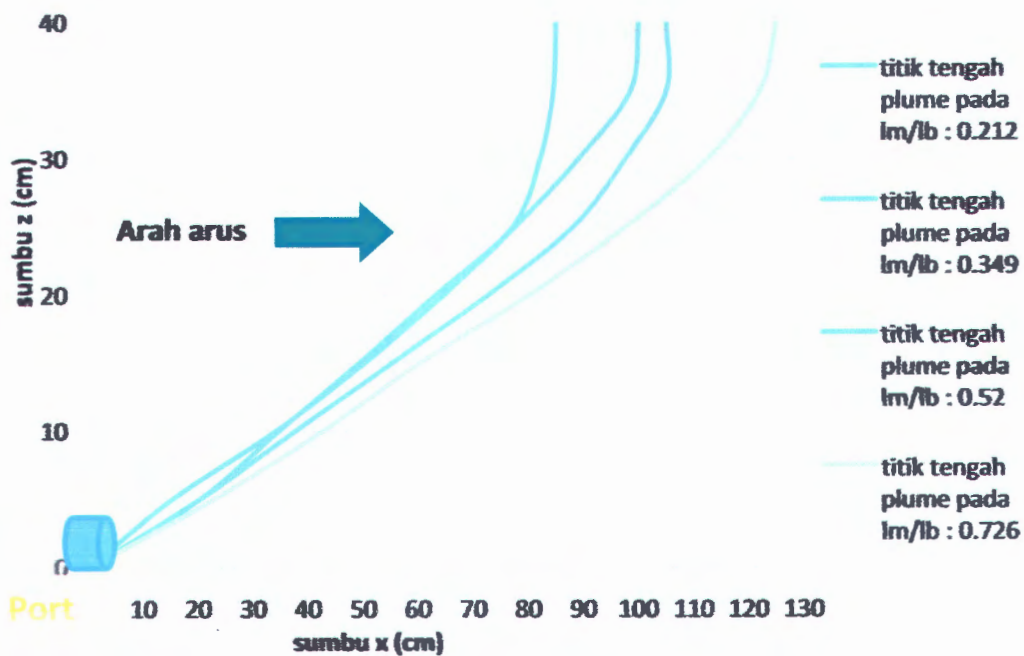
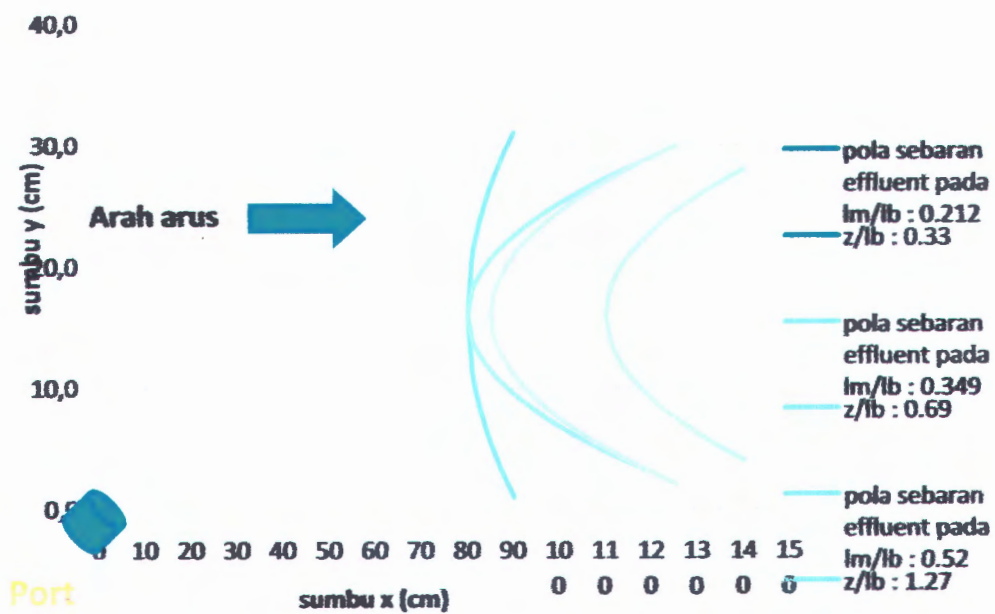




Kurva Sebaran Effluent pada  $F_o : 4,391$  dan sudut  $0$  dengan variasi  $l_m/l_b$

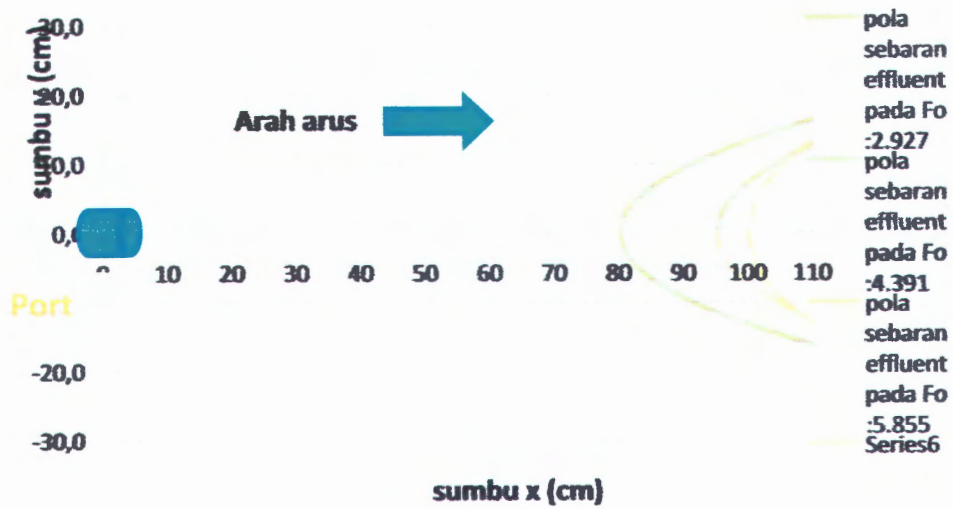


Kurva Sebaran Effluent pada  $F_o : 4,391$  dan sudut  $45^\circ$  dengan variasi  $lm/lb$

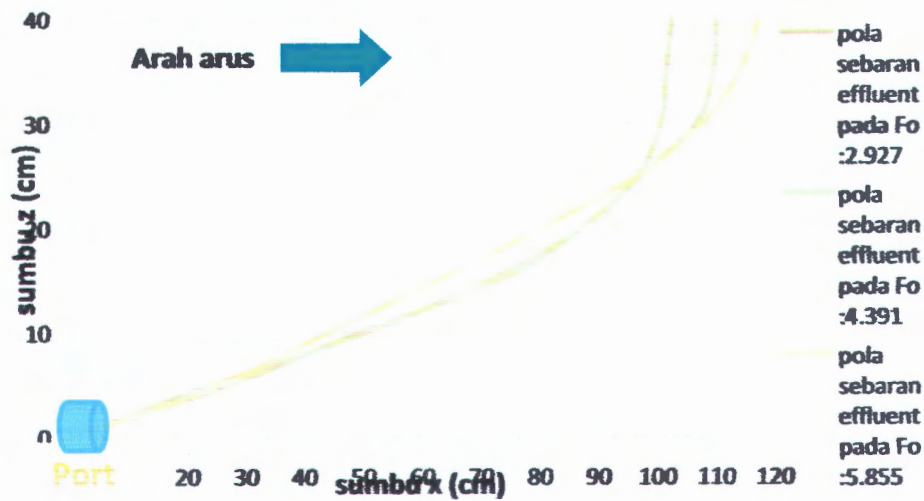




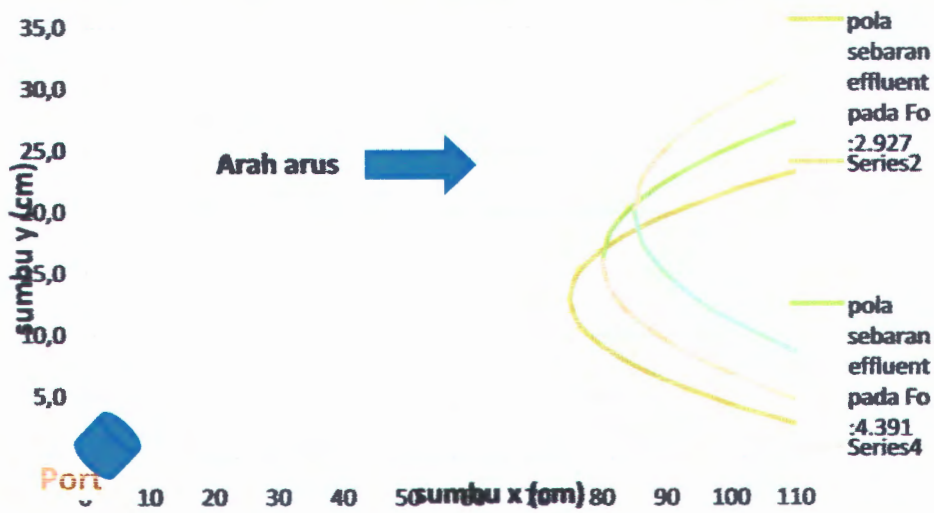
kurva sebaran effluent Tampak Atas pada  $lm/lb : 0,349$  dan sudut  $0$  pada variasi  $Fo$



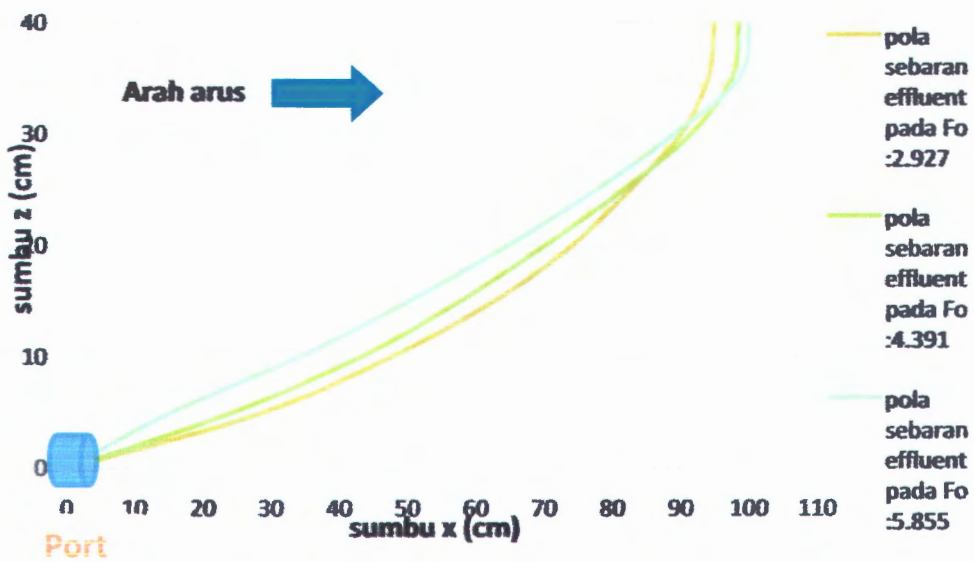
kurva sebaran effluent Tampak Samping pada  $lm/lb : 0,349$  dan sudut  $0$  pada variasi  $Fo$



kurva sebaran effluent Tampak Atas pada  $lm/lb : 0,349$  dan sudut  $45$  pada variasi  $Fo$

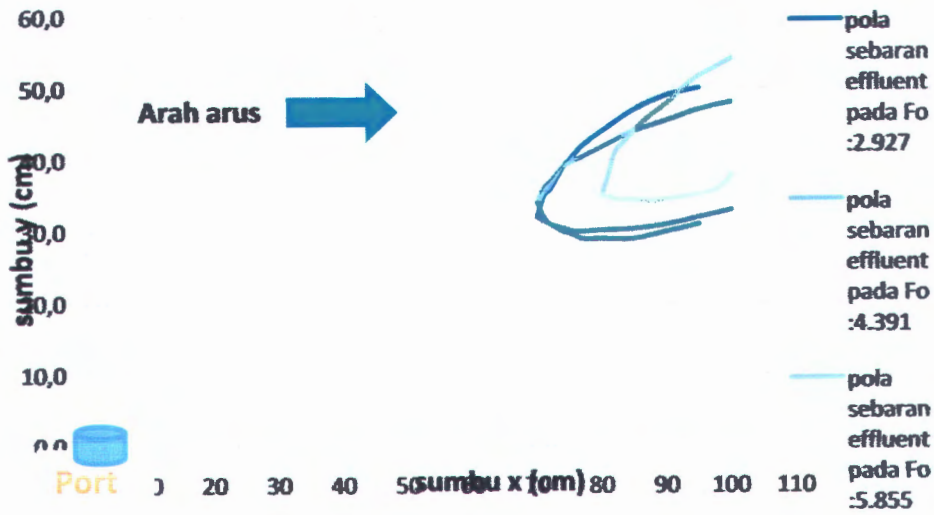


Kurva sebaran effluent Tampak Samping pada  $lm/lb : 0,349$  dan sudut  $45$  pada variasi  $Fo$

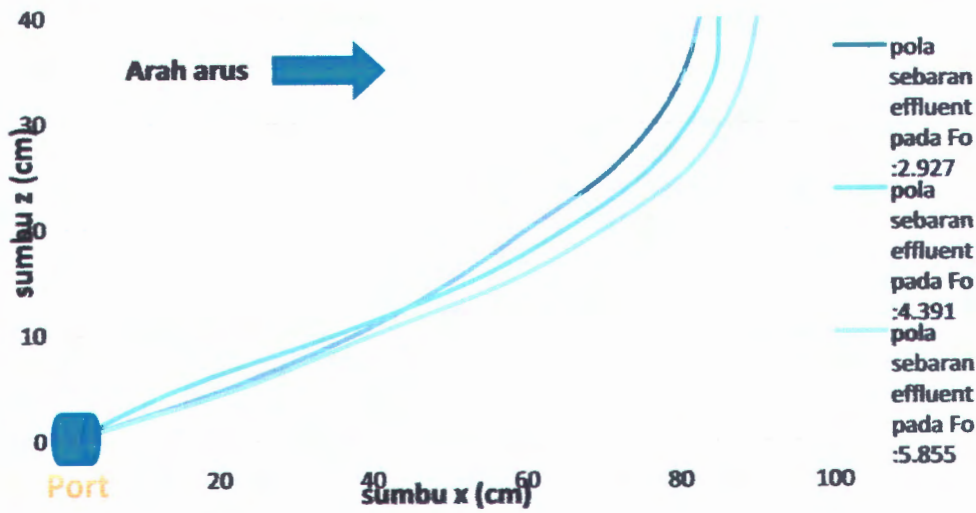




Kurva sebaran effluent Tampak Atas pada  $lm/lb : 0,349$  dan sudut  $90$  pada variasi  $Fo$



Kurva sebaran effluent Tampak Samping pada  $lm/lb : 0,349$  dan sudut  $90$  pada variasi  $Fo$



The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a blue shield with a white emblem inside, followed by the letters 'ITS' in a bold, sans-serif font. The logos are arranged in a grid-like pattern across the entire page.

**LAMPIRAN F**  
**LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR**





FORM-04/TA

NAMA : Chandra E. Martin

NRP: 13.01.100.015

JUDUL TUGAS AKHIR: Pola Geometri Sebaran Effluent Akibat Pengaruh Arus dengan Perubahan Suelut port pada Buoyant Jet Outfall

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

No	Tanggal	Penjelasan Pembimbing	Tanda Tangan
1	31/10-08	Perhitungan excel untuk pola geometri di perbaiki dan diperlihatkan	
2	10/11-2008	Evaluasi hasil P1	
3	11/10-2008	Perencanaan geometri alat untuk percobaan arus	
4	25/10-2008	Perbaiki skala	
5	10/11-2008	- Perbaiki kurva regresi pada kalibrasi termokopel - Pola mixing zone di daerah pertemuan di hitung & diperlihatkan	
6	12/10-08	- Persiapkan bahan untuk maju ke P2	
7	20/11-08	- Asistensi bahan draft P2 dan power point	
8	21/11-08	Evaluasi hasil P2	
9	29/12-08	Hasil percobaan	
10	6/1-09	Analisa data dan Interpretasi dari hasil percobaan	



FORM-04/TA

NAMA: Chandra F. Martin ..... NRP: A304.100.015

JUDUL TUGAS AKHIR:  
Pola Geometri Sebaran Effluent Akibat Pengaruh Arus dgn Perubahan Sudut port pada Buoyant jet Outfall.

**LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR**

No	Tanggal	Penjelasan Pembimbing	Tanda Tangan
1.	20/9-08	Evaluasi P1	
2.	31/10-08	- Pelajari buku hydrolic model - Cari persamaan pola geometri Sebaran effluent yg bisa dibandingkan	
3.	11/11-08	- Pola geometri kalibrasi dari percobaan Lee and chng	
4.	15/11-08	Asistensi diat P2.	
5.	16/12-08	Hasil percobaan pola Geometri Sebaran Effluent	
6.	6/1-08	Analisa data dan Intrepretasi dari hasil percobaan	
7.	14/1-08	Analisa data dan Intrepetasi dari hasil percobaan	
8.	2/2-09	Diat. 73.	





Chandra E M  
4304 600 015

FORM-11/TA

LEMBAR PERBAIKAN, TUGAS TAMBAHAN ATAU SARAN  
UJIAN AKHIR TA (P3)

No	Tugas dari Tim Penguji
1	Cek kalibrasi peralatan RPM ?
2	Revisi gambar alisan efektif → garis spline
3	Referensi sket / gambar dan Chin King di tampilkan / dimasukkan ke Caporan sbg pembimbing
4	Persamaan parabola nya dicari perbedaanya antar persamaan,
5	Lampirkan foto ? percobaan,
6	Kritikan sebaran gay terbuil garam ? sesuai besar sebaran atau apa, di kesimpulan.
7	Gambar sudut port fluid sebaran

M. Zikri

## BIODATA PENULIS



Chandra Elpur Martin, dilahirkan di Brebes-Jawa Tengah, 6 Maret 1987. Menempuh pendidikan formal TK di TK Santa Maria, kemudian melanjutkan di SDN II Brebes selama 6 tahun. Setelah itu penulis melanjutkan lagi ke SMP Negeri II Brebes dan SMU Negeri I Brebes. Setelah lulus pendidikan SMU pada tahun 2004 penulis melanjutkan studi S1 di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama masa perkuliahan penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi kampus terutama Persekutuan Mahasiswa Kristen ITS serta sempat menjadi Kordinator Bidang I Persekutuan periode 2006-2007 dan juga Paduan Suara NAZARA. Penulis juga sempat menjadi juara II dalam LKTM (Lomba Karya Tulis Mahasiswa) Tingkat Fakultas yang berjudul "Penanganan dan Rehabilitasi Terumbu Karang dengan Menggunakan Konsep COREMAP". Pada Februari 2009 penulis menyelesaikan tugas akhirnya dimana permasalahan yang diangkat oleh penulis mendasar kepada salah satu bidang keahlian di Jurusan Teknik Kelautan, yaitu Lingkungan dan Energi Laut dalam hal ini adalah Pola Geometri Sebaran *Effluent* Akibat Pengaruh Arus dengan Perubahan Sudut Port pada *Buoyant Jet Outfall*.