

16. 412/H/102



**TUGAS AKHIR
(KL 1702)**

**PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK
UNTUK PEMODELAN OCEAN OUTFALL
JENIS BUOYANT JET TUNGGAL**



RSKe
005.1
Rir
P-1
2002

Oleh :

DAIH WIDHI ASTA RINI RIRIN
NRP. 4398.100.042

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**
2002

PERPUSTAKAAN	
ITS	
Tgl. Terima	11/09/02
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	21.62.68

**PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK UNTUK
PEMODELAN OCEAN OUTFALL JENIS BUOYANT
JET TUNGGAL**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Mengetahui/Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Mukhtasor, M. Eng
NIP. 132 105 583

Dosen Pembimbing II

A handwritten signature in black ink over a blue circular institutional stamp. The stamp contains the text 'DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN SEPULUH NOPEMBER INSTITUT TEKNOLOGI KELAUTAN' around a central emblem, with 'DOS. PEMBIMBING II' at the top and 'JURUSAN TEKNIK LAUTAN' at the bottom.

Kriyo Sambodho, ST
NIP. 132 231 071

“...Allah meninggikan orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan, beberapa derajad”

(QS. Mujaadalah : 11)

“ Dan seandainya pohon-pohon dibumi menjadi pena, dan laut menjadi tinta, ditambahkan kepadanya tujuh laut lagi sesudahnya, niscaya tidak akan habis-habisnya ilmu-Nya dan Nikmat-Nya, sesungguhnya Allah Maha Perkasa lagi Maha Bijaksana” (QS. Lukman : 27)

“ Dengan nama Allah, aku mulai dan aku bertawakal kepada Allah, aku berpegang teguh kepada Allah, dan aku menyerahkan Kepada Allah, cukup Allah tempatku berpegang dan bertawakal, Tidak ada yang lebih kuat dan kuasa hanya Allah yang Maha Tinggi Dan Maha Esa”

“ Ya Allah, keluarkan aku dari kegelapan ragu-ragu, karuniai aku dengan sinaran kefahaman dengan hidayahMu, bukakanlah bagiku pintu ilmu, dan hiasilah aku dengan akhlak yang baik dan kasih sayang”

**Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk :
Bapak, Ibuku, kakak, keponakanku yang aku cintai
Dan seluruh keluarga besar Ismoetijar
Serta orang-orang yang aku sayangi dan cintai**

ABSTRACT

Today, developed marine environment rules, have accommodate the probability aspect to definite sea water quality. To help the ocean outfall planning type single buoyant jet, it made to further modifiable to accommodate the developing of marine environment rules. The developed software for the ocean outfall modellingis CORMIX. The weakness of CORMIX is difficult to be modified become the probability modelling, because there's no source code. This final project's "The Developing of Software For The Ocean Outfall Modelling Type Single Buoyant Jet" will produce a visual basic programme that will make the user easy to modelling ocean outfall type single buoyant jet. This final project's also will be modelling three distribution area, there are : near field, intermediate region, and far field. The speciality from this software is two dimension modelling otherwise CORMIX has one dimension modelling. The other speciality is the differencesof the concentration for each dots. In CORMIX has the same concentration. The output of this software are form the plume widered waste distribution grafic and maximum concentration grafic. From the case study's data "Terra Nova, Jakarta Chanell, and B Plant Shallow Water" , it have analized with software ocean outfall.exe. and forvalidation it will compare to last research, it was CORMIX (with the same data).From the analizing anddiscuss, showing that yield has the same graficwith CORMIX analizing. Comparing evaluation for plume wide grafic is araound 6.7 % and for the maximum concentrationgrafic (mg/l) is araound 2.7 %. From this final project'scalculation, it could be used in analizing and to take conclusion which equal with the given limits in this final projet's.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh,

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, penguasa seluruh jagad raya. Allah yang Maha Pengasih dan Penyayang, yang membimbing, memberi petunjuk, kesabaran, kekuatan baik lahir dan batin, dan kemampuan berpikir kepada kami sejak awal dimulainya Tugas Akhir ini hingga selesai dengan judul :

“ Pengembangan Perangkat Lunak Untuk Pemodelan Ocean Outfall Tipe Buoyant Jet Tunggal “.

Tugas Akhir ini dikerjakan guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi kesarjanaan strata 1 (S-1) di jurusan Teknik Kelautan , Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik guna perbaikan tugas akhir ini. Besar harapan penulis semoga tugas akhir ini dapat berguna bagi diri penulis juga bagi para pembaca. AMIN.

Surabaya, Agustus 2002

Diah Widhi Asta Rini R.R

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini, banyak sekali pihak-pihak yang telah membantu penulis. Oleh sebab itu, maka dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada kepada seluruh pihak yang telah banyak memantau hingga terselesaiannya Tugas Akhir ini, terutama kepada :

1. Seluruh keluarga besar Ismoetijar (Jiwa & Hidupku) : Papa, ibu, dan saudara-saudaraku tersayang : Yeny dan Endy , Novi dan Erin , Nining dan Yuli, Arieck serta 6 keponakan-keponakan tercinta dan termurah (motivasi dalam hidupku) : Yudha, Dhea, Dina, Rizka, Adit, dan Anissa atas semua dorongan semangat dan motivasi selama aku studi, dukungan, kasih sayang, dan kebahagiaan, keceriaan serta segala kesedihan yang telah kita lalui bersama.
2. Ir. Mukhtasor, Ph.D dan Kriyo Sambodho, ST, Selaku dosen pembimbing yang dengan kesabaran dan keikhlasannya memberikan bimbingan dan dukungan moral selama pelaksanaan Tugas Akhir ini.
3. Dr. Ir. P. Indiyono MSc, Selaku Kepala Jurusan Teknik Kelautan.
4. Dr. Ir. Wahyudi MSc, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kelautan.
5. Ir. Hasan Ihkwani, Msc, selaku Dosen Wali yang telah memberikan bimbingan selama masa studi di Teknik Kelautan.

6. Temen seperjuangan TA : Satryanto (makasih simpsonnya dan rumus difusi turbulent), Dadang (makasih kritikannya), dan mas Fajar (makasih atas segala bantuannya). Semoga tim kita menjadi yang terbaik dan Lulus semua.
7. Teman dan sahabat angkatan '98 tercinta dan tersayangku di Teknik Kelautan : **Milka ‘ndut’ & Indah’ simon’ (AB-3)** terimakasih atas segala kasih sayang, kebaikan, kesabaran, keceriaan dan telah menjadi sahabat terbaikku dalam suka dan duka dan aku harap persahabatan kita akan tetap abadi.
8. Sahabat dan teman cewek di angkatan '98 : **Milka, Indah, Thia ‘gajah’, yenung, mamah, arieck, dan Lydia** terimakasih atas persahabatan yang indah yang pernah singgah dan aku sayang kalian semua dan inget selalu **DIAH** ya.
9. **Special Thank to Angk'98** : **Didik ‘ si blackku’** yang telah menjadi pendengar dan sahabat terbaikku dan tetaplah slalu menjadi KOMTING '98. Agus (slalu ceria gus). Aryo ‘pingkyku’ (Dukungan menjelang P3 dan nemenin kerjain TA), Yosie (Kapan jadian), Medi (Kuliah yang bener), Imawan ‘ bawel’ (makasih pinjeman motor), Uuk (Thank udah dibantuin angkat komputer), Teddy, Zakki, Mamad, Lucky (makasih pinjeman CD VB), Dewan Jendaral (Suyuthi ‘jendaral’, kadafi’provokator’, Hilman), TUASIK (Sindhu, Mbah, Rudy, Satrianto, Wiyono, Lalu, Teguh, Rendra), Dji Samsoe (Bambang, Djatmiko, Panggi, Dikor, Puguh, Bun-bun), dan semua temen-temenku di Angk '98 (semoga persahabatan kita langgeng, smoga jadi ke SEMERU, dan I miss U all)
10. Temen Kost U-37 : Keluarga Pak Agus , Special thank to : Tunah ‘makasih atas persahabatan yang indah diantara kita’, Cuplis dan bapak ‘makasih pinjeman komputer dan printer dan telah menjadi ortu yang baik’, Cik-mon (Thank udah

dibantu edit , berjuang mon smoga cepet nyusul wisuda), Conan, dan Budhe, makasih atas segala suportnya.

11. Sahabat : Mbak Umi (kakak terbaiku & dukungan untuk menyelesaikan TA), Fika (makasih pinjeman komputernya), Yono (makasih atas ilmu VB-nya).
12. Anak HIMA, Adik kelas : Zenik, Vikrie (Belajar Vik dan makasih udah dianterin), Breh, Itop, Rohmad, Ferry, Fahmi dan Maulidnya, Deni.
13. Pihak-pihak lain yang telah berjasa pada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini yang tidak bisa di sebutkan satu persatu.

Hanya doa yang dapat penulis berikan semoga segala amal kebaikan dan bantuan yang telah diberikan mendapat balasan dari Allah SWT. Amin.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

KATA PENGANTAR

i

DAFTAR ISI

v

DAFTAR GAMBAR

viii

DAFTAR NOTASI

xi

DAFTAR TABEL

xv

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang	1-1
1.2	Perumusan Masalah	1-4
1.3	Tujuan	1-4
1.4	Manfaat	1-5
1.5	Batasan Masalah	1-6
1.6	Sistematika Penulisan	1-6

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1	Tinjauan Pustaka	2-1
2.2	<i>Ocean Outfall</i> secara umum	2-5
2.2.1	Standart <i>Receiving Water</i>	2-6
2.2.2	Standart Baku Mutu limbah	2-6
2.2.3	Kondisi lingkungan laut	2-7

2.2.4	Ekonomi	2-8
2.3.	Pemodelan Hidrodinamika pada <i>Near Field</i>	2-12
2.4.	Pemodelan <i>Intermediate Region</i>	2-18
2.4.1.	<i>Bulk Dilution</i>	2-19
2.4.2.	Lebar <i>plume</i> dan Panjang instrusi <i>Upstream</i>	2-20
2.4.3.	Jarak ujung <i>downstram</i> dan ketebalan <i>plume</i>	2-21
2.5.	Pemodelan <i>Far Field</i>	2-21
2.6.	Pemodelan <i>CORMIX</i>	2-27
2.6.1.	Input data pada <i>CORMIX</i>	2-30
2.6.2.	Output <i>CORMIX</i>	2-31

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Metodologi Penelitian	3-1
------	-----------------------	-----

BAB 4 STUDI KASUS PERENCANAAN OCEAN OUTFALL TIPE BUOYANT JET TUNGGAL

4.1.	Studi Kasus Perencanaan <i>Ocean Outfall</i>	4-1
4.2.	Spesifikasi Data Studi Kasus	4-1
4.3.	Deskripsi Tentang Software	4-3
4.3.1.	Desain Software Ocean Outfall	4-4
4.3.2.	Kriteria Pemilihan Perumusan Pemodelan	4-5
4.3.3.	Struktur File	4-7
4.3.4.	Analisa studi Kasus Dengan Software Ocean Outfall	4-11
4.3.5.	Penjelasan Hasil Program	4-18
4.4.	Analisa Studi Kasus Dengan Software CORMIX	4-19
4.5.	Validasi Software Ocean Outfall	4-26

4.5.1. Perbandingan Grafik Jarak (m) dengan Jarak (m)	4-27
4.5.2. Perbandingan Grafik Hubungan Antara Jarak (m) vs C (mg/l)	4-30
4.6. Pembahasan	4-32

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan	5-1
5.2. Saran	5-3

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Pemodelan pembuangan <i>produced water</i> dari <i>offshore platform</i>	2-4
Gambar 2.2.	Perilaku <i>plume</i> limbah yang dipengaruhi oleh kondisi <i>ambient water</i>	2-5
Gambar 2.3.	Skema Desain <i>Ocean Outfall</i>	2-9
Gambar 2.4.	Turbulen <i>buoyant Jet</i>	2-11
Gambar 2.5.	Variasi Karakteristik <i>Discharge Buoyant Jet</i>	2-15
Gambar 2.6.	Model pada Daerah <i>Intermediate</i>	2-18
Gambar 2.7.	Sketsa <i>Buoyancy Spreading</i>	2-22
Gambar 2.8.	<i>Flowchart</i> Sistem <i>CORMIX</i>	2-30
Gambar 3.1.	Diagram Alir Metodologi Penelitian	3-3
Gambar 3.2.	Diagram Alir Pembuatan Software	3-6
Gambar 3.3.	Diagram Alir pemodelan dengan <i>CORMIX</i>	3-13
Gambar 4.1.	Gambar tampilan pembuka <i>software ocean outfall</i>	4-12
Gambar 4.2.	Tampilan menu utama <i>Ocean Outfall</i>	4-12
Gambar 4.3.	Tampilan kotak dialog <i>open project</i>	4-13
Gambar 4.4.	Tampilan <i>Form</i> data	4-13
Gambar 4.5.	Tampilan kotak dialog <i>save</i>	4-14
Gambar 4.6a.	Tampilan kotak dialog <i>graph</i> grafik antara jarak (m) vs konsentrasi (mg/l)	4-15

Gambar 4.6b. Tampilan kotak dialog <i>graph</i> grafik antara jarak (m) vs jarak (m)	4-15
Gambar 4.7.a Gambar Tampilan grafik jarak (m) vs jarak (m) / I	4-16
Gambar 4.7.b Gambar Tampilan grafik jarak (m) vs jarak (m)/II	4-16
Gambar 4.7.c Gambar Tampilan grafik jarak (m) vs jarak (m)/III	4-16
Gambar 4.8.a Tampilan grafik jarak (m) vs konsentrasi (mg/l)/I	4-17
Gambar 4.8.b Tampilan grafik jarak (m) vs konsentrasi (mg/l)/II	4-17
Gambar 4.8.c Tampilan grafik jarak (m) vs konsentrasi (mg/l)/III	4-17
Gambar 4.9. Tampilan <i>report</i> untuk studi kasus <i>Terra Nova</i>	4-18
Gambar 4.10. Tampilan <i>form project</i>	4-21
Gambar 4.11. Tampilan <i>form ambient</i> data	4-22
Gambar 4.12. Tampilan <i>Form effluent Data</i>	4-23
Gambar 4.13. Tampilan <i>form discharge</i> data	4-23
Gambar 4.14. Tampilan <i>form mixing zone</i> data	4-24
Gambar 4.15.a Tampilan Grafik jarak (m) vs jarak (m)/I	4-25
Gambar 4.15.b Tampilan Grafik jarak (m) vs jarak (m)/II	4-25
Gambar 4.15.c Tampilan Grafik jarak (m) vs jarak (m)/III	4-25
Gambar 4.16.a Gambar konsentrasi vs downstream distance X/I	4-26
Gambar 4.16.b Gambar konsentrasi vs downstream distance X/II	4-26
Gambar 4.16.c Gambar konsentrasi vs downstream distance X/III	4-26
Gambar 4.17. Gambar tampilan <i>report</i> studi kasus	4-28
Gambar 4.18a. Grafik perbandingan jarak (m) vs jarak (m) antara <i>CORMIX</i> dan <i>Ocean outfall.exe/Studi Kasus I</i>	4-30
Gambar 4.18b. Grafik perbandingan jarak (m) vs jarak (m) antara <i>CORMIX</i> dan <i>Ocean outfall.exe/Studi Kasus II</i>	4-31

Gambar 4.18c. Grafik perbandingan jarak (m) vs jarak (m) antara *CORMIX*

dan *Ocean outfall.exe/Studi Kasus III*

4-31

Gambar 4.19.aGrafik perbandingan jarak (m) vs C (mg/l) antara

CORMIX vs TA / Studi Kasus I

4-34

Gambar 4.19.bGrafik perbandingan jarak (m) vs C (mg/l) antara

CORMIX vs TA / Studi Kasus II

4-34

Gambar 4.19.cGrafik perbandingan jarak (m) vs C (mg/l) antara

CORMIX vs TA / Studi Kasus III

4-34

DAFTAR NOTASI

- a₁ = Koefisien dari hubungan fungsi karakteristik hidrodinamik pada variasi daerah (BDNF,BDFF, Transisi)
- a₂ = Koefisien dari hubungan fungsi karakteristik hidrodinamik pada variasi daerah (BDNF,BDFF, Transisi)
- A(z) = Daerah dari standart distribusi normal dari 0-z sepanjang absis.
- b = Lebar awal *plume* (m)
- C_a = Konsentrasi *bulk dilution* pada *downstream* dari kontrol volume
- C_c = Konsentrasi pada titik tertentu didalam *plume*
- C_o = Konsentrasi polutan sebelum keluar dari *port*
- C₁ = Koefisien dari Lee dan Cheung (1991)
- C₂ = Koefisien dari Lee dan Cheung (1991)
- C₃ = Koefisien dari Lee dan Cheung (1991)
- C₄ = Koefisien dari Lee dan Cheung (1991)
- C₅ = Koefisien dari Lee dan Cheung (1991)
- C_{D1} = Koefisien dari model untuk menghitung X_D
- C_{D2} = Koefisien dari model untuk menghitung X_D
- C_{S1} = Koefisien yang didasarkan pada air tenang, untuk menghitung S_a
- C_{S2} = Koefisien yang didasarkan pada air tenang, untuk menghitung S_a
- C(x,y) = Konsentrasi pollutan pada titik (x,y).
- d = Diameter pipa *outfall* (m)

Erf(w)	= Error function dari w
Fo	= Angka densimetrik froude (<i>Dimensionaless</i>)
g	= Percepatan gravitasi (m/sec ²)
g'	= Percepatan gravitasi tereduksi (m/sec ²)
h ₀	= Tebal <i>Plume</i> (m)
h(x)	= Tebal <i>plume</i> sebagai fungsi jarak x (m)
H	= Kedalaman dari <i>ambient water</i> (m)
I _{0,1}	= Variabel Regional (karakteristik hidrodinamika) pada daerah transisi didefinisikan sebagai $H/L_b > 0.1$
I ₁₀	= Variabel Regional (karakteristik hidrodinamika) pada daerah transisi didefinisikan sebagai $H/L_b > 10$
I _{tr}	= Variabel Regional (karakteristik hidrodinamika) pada daerah transisi didefinisikan sebagai $0.1 < H/L_b < 10$
L _b	= <i>Bouyancy Length scale</i> sebagai pemastian dari jarak vertikal dimana kecepatan dipengaruhi <i>buoyancy</i> .
L _m	= <i>Buoyancy Length scale</i> (m) sebagai pemastian dari interaksi dan didominasi momentum <i>jet</i> dengan <i>cross flow</i>
L ₀	= Lebar <i>Plume</i> pada <i>downstream</i> (m)
L _s	= Jarak dari pusat <i>boil</i> ke hulu/ <i>upstream</i>
L(x)	= Lebar <i>plume</i> sebagai fungsi pada jarak x
n	= Konstanta pada <i>turbulen difusi</i> ($n = 4/3$)
N(0,0.092)	= Residual model yang terdistribusi secara normal dengan rata-rata nol dan standart deviasi sebesar 0.092.

Q	= Flowrate/ laju aliran polutan (m^3/sec)
R_f	= Flux Richardson Number
S	= Initial (centerline) dilution pada elevasi z diatas pipa pembuangan (Dimensionless)
S_a	= Bulk dilution pada ujung hilir (downstream) dari kontrol volume.
S_o	= Bulk Dilution pada downstream dari kontrol volume (Dimensionless)
U	= Kecepatan arus (m/s)
u^*	= Kecepatan Geser (m/s)
x	= Jarak sepanjang plume centerline dimulai dari center dari downstream dari volume kontrol
x'	= Jarak downstream yang besarnya tergantung nilai n (m)
x_b	= Jarak horizontal dari lokasi boil dari port (m)
x_D	= Jarak dari boil center hingga downstream (m)
y	= Koordinat horizontal tegak lurus terhadap koordinat horizontal x
z	= Kedalaman pembuangan (m)
α	= Koefisien entrainment untuk menghitung $h(x)$
β	= Konstanta pada buoyant spreading
$\sigma(x)$	= Standart deviasi
ε_0	= Koefisien difusi disaat $x = 0$ (m^2/s)
ρ_a	= Density dari ambient water (Kg/m^3)
ρ_o	= Density dari effluent (Kg/m^3)

- π = Phi (3.14)
- K = Konstanta Karman (0.4)
- θ = Sudut diantara sumbu *buoyant jet* yang bergerak naik dari permukaan air (Huang et al, 1996)

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.	Tabel Spesifikasi data studi kasus	4-2
Tabel 4.2.	Tabel perbandingan grafik jarak (m) vs jarak (m)	4-29
Tabel 4.3.	Tabel perbandingan grafik jarak (m) vs konsentrasi (mg/l)	4-33

BAB I
PENDAHULUAN

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Dewasa ini perkembangan IPTEK (Ilmu Pengetahuan dan Teknologi) yang semakin maju telah mendorong pertumbuhan industri-industri di dunia. Suatu negara dikatakan maju jika negara tersebut dapat memanfaatkan IPTEK untuk kemajuan, kemandirian, dan kesejahteraan penduduknya. Salah satu industri yang berkembang dengan pesat adalah industri kelautan. Industri kelautan ini dapat berkembang dengan pesat karena beberapa faktor antara lain kebutuhan dunia akan sumber energi (minyak) yang semakin banyak dan juga didorong oleh kemajuan IPTEK pada industri kelautan. Industri kelautan ini menghasilkan produk-produk yang berupa barang dan jasa misalnya gas alam, minyak, sumber energi (OTEC, pasang surut, arus, dan gelombang), jasa transportasi, dan pariwisata. Namun di lain pihak industri kelautan ini juga akan menimbulkan dampak negatif yaitu pembuangan limbah. Pada umumnya limbah ini dibuang ke laut karena laut memiliki kemampuan untuk menyebarkan dan mengencerkan limbah dengan cepat, pembuangan limbah ini akan menimbulkan masalah jika limbah yang dibuang tersebut masih mengandung racun baik kimia atau logam yang akan membahayakan kehidupan disekitarnya.

Penanggulangan terhadap limbah yang dibuang ke laut ini mendapatkan perhatian utama terutama oleh pemerintah, lembaga-lembaga yang terkait, dan industri kelautan. Penelitian-penelitian banyak dilakukan untuk mencari solusi untuk



pembuangan limbah yang aman terhadap lingkungan sekitarnya. Salah satu upaya pemerintah untuk mengatasi masalah ini adalah dengan merumuskan suatu “*Undang-Undang Lingkungan*” yang mengatur tentang segala sesuatu yang berkaitan dengan masalah lingkungan. Peraturan lingkungan laut yang sekarang ini berkembang, telah mengakomodasi aspek probabilistik. Sehingga penelitian sekarang ini perlu dibuat sedemikian hingga, agar mudah dimodifikasi untuk memenuhi spesifikasi peraturan terbaru tersebut.

Pada umumnya limbah industri ini dibuang ke laut melalui sistem tertentu antara lain selokan, saluran langsung, *on site treatment* dan sungai yang tidak memiliki kemampuan penyebaran dan pengenceran limbah yang baik, sehingga limbah buangannya hanya terlokalisir pada daerah dekat pantai dan muara saja. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem pembuangan yang konvensional. Sistem pembuangan konvensional untuk pembuangan limbah cair ke laut dapat menggunakan *ocean outfall*. Sistem ini suatu alat yang terdiri atas pipa-pipa bawah laut yang dilengkapi dengan *port diffuser* pada bagian ujungnya yang berfungsi sebagai penyebar dan pengencer limbah cair ke badan laut (Mukhtasor, 1995). Limbah yang tersebar akan mengalami percampuran dengan *receiving water* sehingga terjadi pengenceran kandungan zat pencemarnya.

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam pembuangan limbah ini maka dibutuhkan perencanaan/desain yang baik dari *ocean outfall*. Perencanaan tersebut meliputi penentuan ukuran *ocean outfall*, serta pemodelan dari penyebaran dari limbah/*effluent* di laut juga harus diperhitungkan. Untuk itu



dewasa ini sudah banyak sekali software pemodelan penyebaran limbah di laut yang berkembang di masyarakat yaitu software **CORMIX**. **CORMIX (The Cornell Mixing Zone Expert System)** adalah suatu sistem software yang digunakan untuk analisa, memperkirakan, dan mendesain dari racun cair atau limbah konvensional pada bermacam-macam air (Doneker dan Jirka, 1996). Adapun keuntungan dari penggunaan software ini adalah mudah untuk digunakan (*User Friendly*) dan pembuatan software ini dilakukan berdasarkan hasil percobaan di laboratorium dan data di lapangan (kalibrasi antara data lapangan dan data di laboratorium). Namun software *CORMIX* ini juga memiliki kelemahan yaitu pemodelannya dilakukan secara deterministik, sehingga akan sulit untuk dilakukan modifikasi menjadi pemodelan probabilistik karena *Source Codenya* tidak tersedia.

Di latarbelakangi oleh masalah-masalah diatas maka penelitian ini diarahkan untuk memperbaiki software yang sudah ada yaitu dengan memasukkan perumusan yang baru dari hasil penelitian terbaru tentang *ocean outfall* serta akan menyediakan *source code/program list* sehingga software ini akan mudah untuk dilakukan modifikasi terutama untuk aspek probabilistik. Software ini memiliki beberapa keuntungan antara lain dapat memodelkan penyebaran limbah yang keluar dari port pada 3 daerah penyebaran, telah mengakomodasi perumusan terbaru untuk *initial dilution* pada daerah *near field*, dan pemodelan konsentrasi dari limbah untuk tiap titik berbeda-beda. Sedangkan kelemahan dari software ini adalah hanya dapat memodelkan penyebaran limbah *ocean outfall tipe buoyant jet* dengan jenis *port* adalah *single port* (pipa tunggal). Adapun pemodelan dari



software ini terdiri atas 3 daerah penyebaran (Mukhtasor, 2001) yaitu pertama, daerah ***near field*** dimana *initial dilution* dipakai sebagai ukuran tingkat percampuran antara limbah dengan air laut. Kedua, daerah ***far field*** yang ditandai oleh adanya proses *buoyant spreading* dan *difusi turbulen*. Ketiga, daerah ***transisi (intermediate region)*** yang menghubungkan daerah *near field* dengan *far field*. Dalam hal ini, penulis akan melakukan pemodelan penyebaran limbah dengan software baru yaitu dengan memasukkan data-data antara lain data lingkungan (*ambient data, discharge data, dan effluent data*) dan data ocean outfall (diameter port, tinggi port dan luas port) dan selanjutnya *merunning* program. Selanjutnya hasilnya akan dibandingkan dengan pemodelan software *CORMIX*.

1.2. PERUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana melakukan pemodelan dari *ocean outfall jenis Buoyant Jet tunggal* yang meliputi 3 daerah yaitu ***near field, far field dan daerah transisi (intermediate region)*** dengan menggunakan bantuan software
2. Bagaimana hasil dari pemodelan yang dilakukan apabila dibandingkan dengan pemodelan yang sudah ada (*CORMIX*).

1.3. TUJUAN

Dari permasalahan yang ada di atas, maka tujuan yang ingin dicapai pada penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :



1. Mengembangkan software yang akan digunakan untuk pemodelan dari *Ocean Outfall*, yang meliputi 3 daerah yaitu *near field, far field, dan daerah transisi (intermediate field)*.
2. Membandingkan hasil pemodelan yang dilakukan dengan model yang sudah ada (*CORMIX*).

I.4. MANFAAT

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari Tugas akhir ini adalah sebagai berikut ini :

1. Dihasilkan software yang dapat dimodifikasi lebih lanjut untuk analisa probabilistik pada pemodelan *ocean outfall*.
2. Dihasilkan software yang *user friendly* (mudah diaplikasikan) untuk pemodelan *ocean outfall jenis buoyant jet*.
3. Software ini akan mengakomodasi hasil penelitian terbaru tentang *ocean outfall* yaitu dengan memasukkan perumusan *initial dilution* pada daerah *near field* (Mukhtasor, 2001b).
4. Software ini akan menghasilkan grafik konsentrasi dimana tiap titik pada arah lateral nilainya berbeda-beda. Analisa ini tidak dilakukan pada Software *CORMIX*.
5. Dapat memberikan rekomendasi bagi Industri-industri yang terkait, dalam pertimbangan perancangan *ocean outfall jenis buoyant jet tunggal*.



I.5. BATASAN MASALAH

Untuk mempersempit permasalahan dan mempermudah pemodelan maka permasalahan dalam Tugas Akhir ini akan dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut :

1. Jenis *ocean outfall* yang ditinjau adalah jenis *buoyant jet* yaitu suatu jenis *ocean outfall* yang dipakai sebagai fasilitas pembuangan limbah/*effluent* ke laut.
2. Pemodelan akan dilakukan untuk *ocean outfall* dengan *single port* (pipa pembuangan tunggal).
3. Ada 3 daerah yang ditinjau sebagai titik penyebaran dari *effluent* ini yaitu daerah *near field, far field, dan transisi (intermediate region)*.
4. Sebagai titik sumber limbah adalah ujung (port) dari *ocean outfall* yaitu dititik (0,0).
5. Pada daerah *near field* maka pemodelannya menggunakan persamaan *initial dilution* (Mukhtasor, 2001b).
6. Pada daerah *intermediate dan far field* didasarkan pada model yang dipublikasikan secara luas (Donaker dan Jirka, 1990 ; Huang et al, 1996 dalam Mukhtasor, 2001b).

I.6. SISTEMATIKA PENULISAN

Adapun sistematika penulisan yang akan digunakan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab pembuka ini akan menjelaskan latar belakang yang mendukung penulis untuk melakukan penelitian tentang tema yang diangkat dalam Tugas Akhir. Bab ini



juga menjelaskan tentang perumusan masalah yang dihadapi dan tujuan serta manfaat yang akan dicapai. Untuk membatasi permasalahan agar tidak meluas, diberikan batasan masalah. Selanjutnya penyusunan Tugas Akhir agar sistematis maka disertakan juga sistematika penulisan Tugas Akhir.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang tinjauan pustaka yang berkenaan dengan tema masalah yang diangkat yang berpedoman pada beberapa penelitian tentang *ocean outfall tipe buoyant jet tunggal* yang pernah dilakukan. Untuk mempermudah pemahaman maka pada bab ini akan diberikan landasan teori yang melingkupi : design *ocean outfall* secara umum, perumusan pemodelan *ocean outfall* yang terbagi menjadi 3 daerah yaitu : pemodelan hidrodinamis pada *near field, intermediate region, dan far field*. Serta dasar teori dari software pemodelan *ocean outfall* yang sudah ada yaitu *CORMIX*.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang metodologi yang dipakai oleh penulis untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Adapun metodologi ini berisi tentang langkah-langkah penggerjaan Tugas Akhir yang meliputi : Studi literatur, pengumpulan data-data, pembuatan perangkat lunak, menjalankan program, pemodelan dengan menggunakan software *CORMIX*, Analisa hasil yaitu dengan membandingkan hasil dari kedua software tersebut, menarik kesimpulan, dan selesai.



BAB 4. STUDI KASUS PERENCANAAN OCEAN OUTFALL TIPE BUOYANT JET TUNGGAL

Pada bab ini berisi tentang spesifikasi data yang akan digunakan untuk pemodelan ocean outfall jenis buoyant jet tunggal serta analisa data-data yaitu untuk mendapatkan grafik pemodelan penyebaran limbah/*effluent* dan grafik konsentrasi dari limbah yang dibuang ke laut. Selanjutnya pada bab ini juga akan berisi tentang validasi software yang dibuat, yaitu dibandingkan hasilnya dengan software CORMIX (hasil penelitian terdahulu). Selanjutnya dari perbandingan tersebut akan diketahui perbedaan/persamaan karakteristik dari penyebaran *effluent* di laut dan konsentrasinya dari software baru dengan *CORMIX*.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan tentang hasil/kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan sehubungan dengan masalah yang telah ditentukan pada bab 1. Selanjutnya akan memberikan rekomendasi tentang software pemodelan *ocean outfall tipe buoyant jet tunggal* kepada pihak yang berkepentingan yaitu pemerintah, lembaga-lembaga terkait, serta industri kelautan. Software ini akan bermanfaat untuk salah satu tahapan untuk melakukan perencanaan ocean outfall tipe buoyant jet tunggal. Pada bab ini juga berisi tentang saran-saran kepada pihak-pihak yang berkepentingan untuk mendapatkan hasil penelitian tentang pemodelan *ocean outfall tipe buoyant jet tunggal* dengan lebih baik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. TINJAUAN PUSTAKA

Perkembangan dari industri kelautan yang semakin maju yaitu ditandai dengan semakin banyaknya industri kelautan yang memanfaatkan segala potensi sumber daya untuk mendapatkan produk-produk baik barang dan jasa. Selanjutnya industri kelautan ini juga akan memberikan dampak negatif terhadap lingkungan yaitu apabila limbah/*effluent* yang akan dibuang ke laut ini masih mengandung racun, *acid*, logam berat, kimia organik, dan konsentrasi dari limbah yang masih melebihi ambang batas yang telah ditetapkan dalam “*Standart Baku Mutu Limbah*”. Adapun standart baku mutu limbah di Indonesia ditetapkan melalui keputusan menteri Negara Kependudukan & Lingkungan hidup No-3 1991 (Mohamad Hendratmoko,1995). Sedangkan contoh standart baku mutu untuk pembuangan limbah dari *offshore platform* di *North Sea* adalah tidak melampaui 40 ppm (Mukhtasor, 2001a). Untuk itu perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut tentang masalah pembuangan limbah yang aman terhadap lingkungan.

Dimana menurut hasil penelitian bahwa penggunaan *ocean outfall* ini sudah cukup efektif untuk melakukan pembuangan limbah ke laut. Efektif dari segi desain yaitu *ocean outfall* hanya berupa pipa-pipa yang ditempatkan di dasar laut dan dilengkapi dengan *diffuser* yang berguna untuk penyebar limbah ke badan laut dan kadar konsentrasi limbah yang dibuang ke laut sudah memenuhi standart yang ditentukan oleh “ **Standart Baku Mutu Limbah** “. *Ocean outfall* juga efektif



dilengkapi dengan *diffuser* yang berguna untuk penyebar limbah ke badan laut dan kadar konsentrasi limbah yang dibuang ke laut sudah memenuhi standart yang ditentukan oleh “ **Standart Baku Mutu Limbah** ”. *Ocean outfall* juga efektif dari segi ekonomis antara lain biaya pembuangan limbah juga tidak begitu besar, karena material yang dibutuhkan tidak begitu banyak. Jadi untuk saat ini penggunaan *ocean outfall* sangat efektif untuk penanggulangan masalah limbah/*effluent* cair yang akan dibuang ke laut.



Untuk mendapatkan hasil yang maksimum maka perlu dilakukan perencanaan *ocean outfall* yang dipakai, yang bertujuan untuk mendapatkan desain *ocean outfall* yang paling baik. Kriteria yang harus dipenuhi untuk desain *ocean outfall* yaitu syarat-syarat desain *diffuser* pada *ocean outfall* (Halliwell,1995) adalah sebagai berikut :

1. Cukup jauh dari pantai.

Yaitu agar limbah/*effluent* ini tidak mencemari lingkungan pantai sehingga tidak membahayakan kehidupan manusia di sekitar pantai sehingga penempatan pipa *diffuser* ini harus cukup jauh dari pantai.

2. Sirkulasi yang baik untuk *flushing*

Yaitu limbah ini diharapkan mampu untuk melakukan pengenceran/penghilangan kadar racun dengan baik sehingga nantinya tidak akan mengganggu kehidupan lingkungan laut.

3. Cukup kedalaman untuk terjadinya *initial dilution*

Yaitu dibutuhkan kedalaman yang cukup untuk terjadinya percampuran awal antara limbah dengan air laut.



4. Perbaikan fasilitas dekat dengan pantai

Yaitu letak dari fasilitas *ocean outfall* ini cukup dekat dengan pantai dengan tujuan agar pada saat ada kerusakan maka akan lebih cepat untuk dilakukan perbaikan.

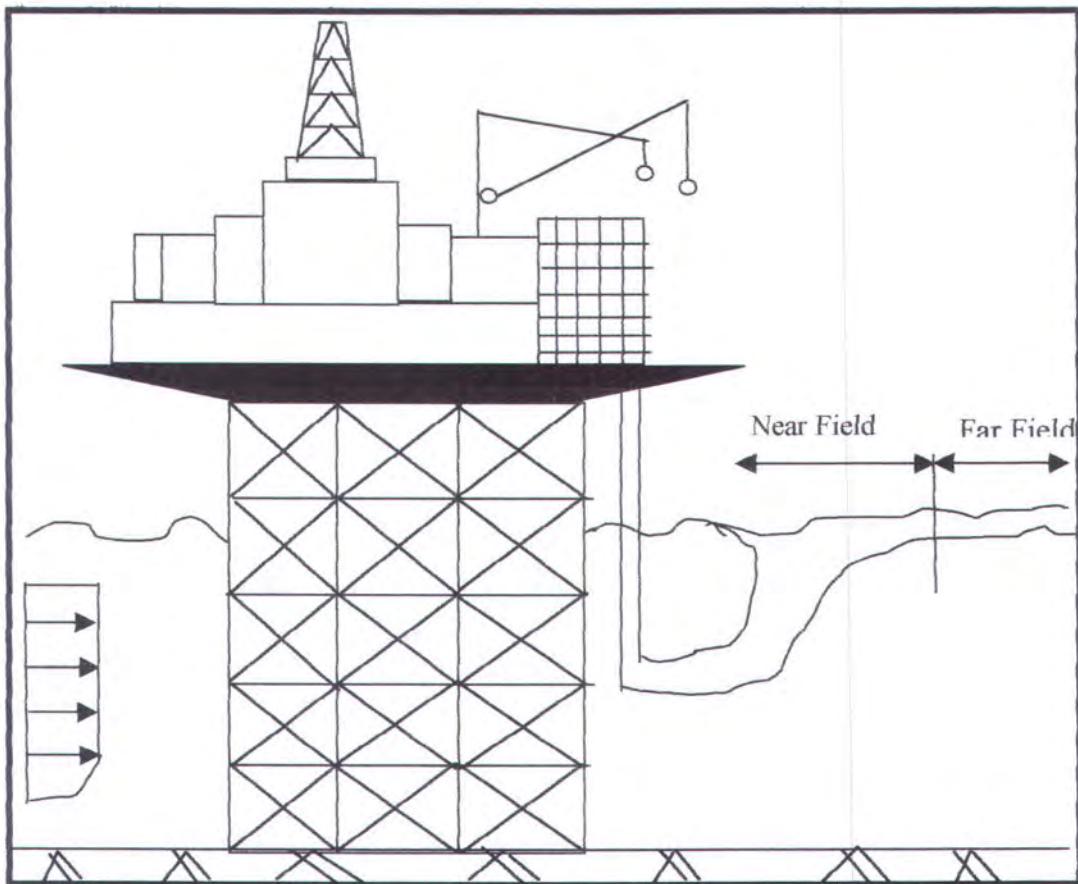
Syarat-syarat diatas harus dilakukan dalam kegiatan perencanaan *ocean outfall*. Agar nantinya didapatkan desain *ocean outfall* yang terbaik dan aman terhadap lingkungan sekitarnya.

Dalam kegiatan perencanaan *ocean outfall*, juga di perlukan analisa tentang karakteristik dari penyebaran *plume/jet* yang keluar dari *port* dan penyebarannya di laut. Untuk itu banyak sekali penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pemodelan penyebaran *ocean outfall*, yaitu salah satunya dengan menggunakan software **CORMIX**, yang berguna untuk menganalisa, memprediksi, dan mendesain penyebaran limbah cair pada suatu perairan. Sehingga software ini sangat berguna dalam membantu kegiatan perencanaan sebuah *ocean outfall*.

Melihat fenomena diatas maka dewasa ini penelitian *ocean outfall* sudah diarahkan untuk melakukan pemodelan dengan memasukkan aspek probabilistik. Hal ini bertujuan agar nantinya pemodelan yang dihasilkan akan semakin mendekati pada kebenaran/valid. Penelitian-penelitian terbaru tentang *ocean outfall* terus dilakukan guna mendapatkan hasil pemodelan yang benar-benar valid. Penelitian terbaru ini bertujuan untuk memperbaiki perumusan-perumusan terdahulu, yaitu dengan penelitian baik di laboratorium dan di lapangan. Seperti hasil penelitian terbaru dari Mukhtasor, 2001b telah memperbaiki perumusan



initial dilution untuk daerah *near field*. Gambar pemodelan limbah dari *near field* hingga *far field* pada suatu *offshore platform* ditunjukkan pada Gbr. 2.1 berikut ini



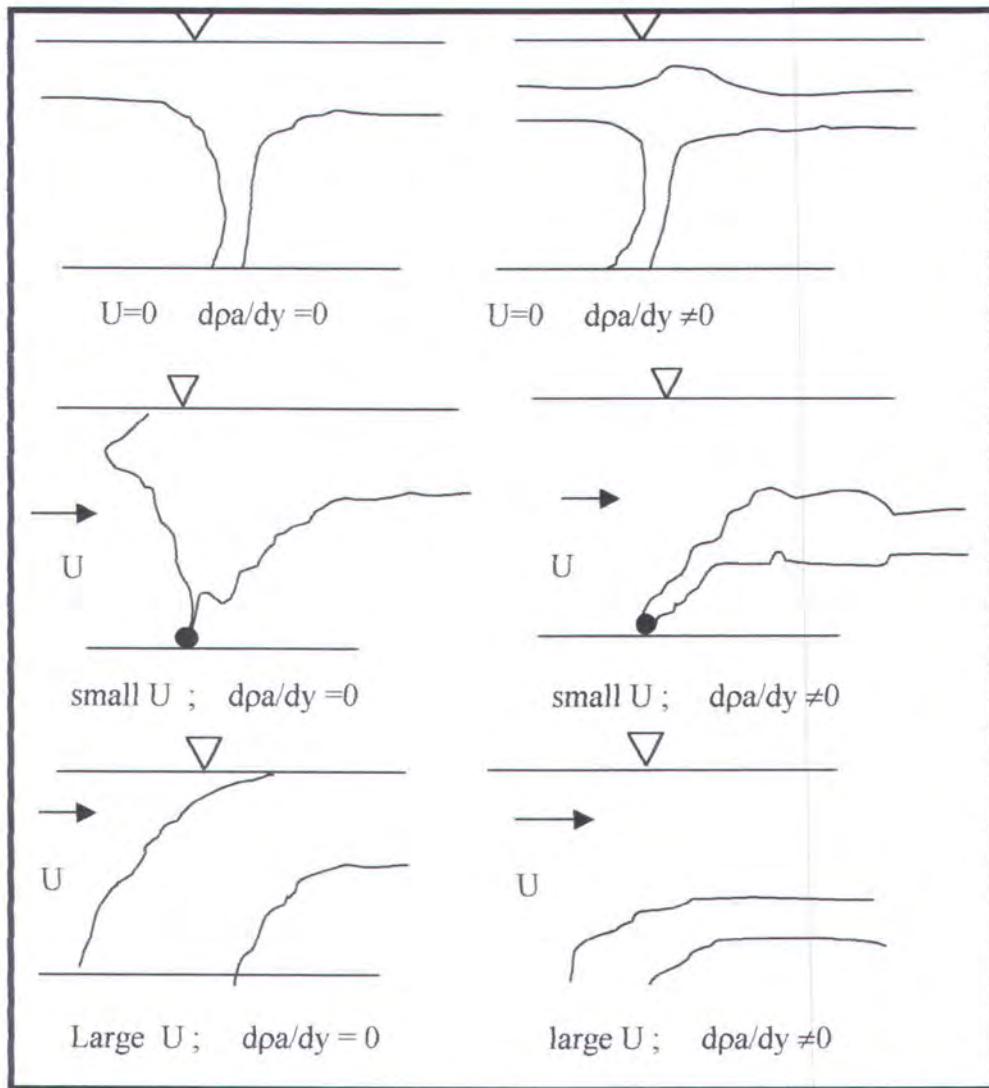
Gambar 2.1. Gambar pemodelan pembuangan *produced water* dari *Offshore Platform* (Mukhtasor, 2001a)

Adapun proses dari penyebaran limbah cair diatas adalah sebagai berikut :

“Mula-mula limbah yang keluar dari *port* akan naik akibat adanya *buoyancy* dan energi kinetik dan selanjutnya akan menyebar searah arus air laut dan terdifusi kearah horizontal dan vertikal yang tegak lurus dengan arah arus”. Namun karakteristik dari penyebaran limbah ini juga berbeda-beda tergantung pada apakah termasuk pada daerah yang tidak ada perbedaan density (*homogenous*) dan daerah yang terstratifikasi (ada perbedaan density). Dibawah ini Gbr. 2.2.



adalah menunjukkan pengaruh arus dan stratifikasi densitas air laut terhadap perilaku *plume* limbah yang keluar dari *diffuser* yaitu sebagai berikut :



Gambar 2.2. Perilaku Plume limbah yang dipengaruhi oleh kondisi ambient water (Halliwell, 1995)

2.2. *Ocean Outfall* Secara Umum

Ocean outfall adalah alat yang efektif untuk pengolahan limbah cair yaitu dengan mengencerkan limbah sampai konsentrasi tertentu sehingga akan aman jika dibuang ke laut. *Ocean outfall* terdiri atas pipa-pipa *diffuser* pada ujungnya yang dilengkapi dengan *port* yang fungsinya menyebarkan dan mengencerkan limbah yang dibuang ke dalam badan laut. Ditinjau dari bentuk *port* (corongnya), *diffuser*



dapat diklasifikasikan atas *port slot* dan *circular*. Untuk kegunaan praktis *circular port* lebih sering digunakan. Berdasarkan jumlah *portnya diffuser* dibedakan atas *diffuser port tunggal* dan *diffuser multi port*.

Dalam perancangan *ocean outfall* ada 4 aspek utama yang harus diperhatikan yaitu : **Standart receiving water, standart baku mutu limbah, kondisi lingkungan laut dan ekonomi** (Mohamad Hendratmoko, 1995). Keempat aspek tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

2.2.1. Standart Receiving water

Standart *receiving water* ditetapkan berdasarkan nilai guna perairan. Masing-masing negara mempunyai peraturan standart *receiving water* yang berbeda-beda. Standart *receiving water* ditetapkan untuk melindungi ekosistem, lingkungan akuatik, dan kualitas baku mutu air. Penetapan standart *receiving water* ditentukan berdasarkan *kadar maksimum zat pencemar yang diijinkan pada permukaan air*.

Di Indonesia secara umum telah ditetapkan standart *receiving water* ada 4 katagori yaitu katagori A untuk keperluan air minum, katagori B untuk perikanan, katagori C untuk pertanian, dan D untuk kehidupan biota air pada umumnya (Mohamad Hendratmoko, 1995). Sandart *receiving water* dalam perancangan *ocean outfall* adalah untuk menetapkan kriteria keamanan lingkungan.

2.2.2. Standart Baku Mutu limbah

Limbah yang akan dibuang ke suatu badan air tidak boleh langsung dibuang ke laut, setidaknya harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Tujuan adanya standart baku mutu adalah berisi tentang peraturan-peraturan ambang batas kadar



suatu kandungan limbah sehingga fungsi lingkungan masih dapat digunakan. Standart baku mutu ada 2 yaitu *End Pipe Approach* dan *Ambient Quality Approach* (Mukhtasor, 2001a). Adapun prinsip standart baku mutu jenis *end pipe approach* adalah kualitas dari limbah (pH, warna, *suspended solid*) sebelum dibuang ke laut harus dihitung terlebih dahulu. Metode ini memiliki kelemahan yaitu apabila di lokasi banyak industri yang lokasinya berdekatan maka pendekatan baku mutu ini tidak valid karena telah terjadi akumulasi limbah sehingga metode ini tidak mencerminkan perlindungan terhadap lingkungan. Sedangkan prinsip standart baku mutu jenis *ambient quality approach* adalah kualitas limbah sebelum dibuang dan kualitas dari *ambient water*nya juga harus dihitung. Sehingga metode ini sudah mencerminkan perlindungan terhadap lingkungan dan kelemahan dari metode ini adalah pengamatan terhadap arus dan gelombang agak susah.

2.2.3. Kondisi Lingkungan Laut

Kemampuan lingkungan laut dalam mengencerkan dan menyebarluaskan limbah harus menjadi acuan penting setelah *standart receiving water*. Kemampuan ini diukur berdasarkan harga *initial dilution* minimum yang dikehendaki untuk mengencerkan dan menyebarluaskan pencemar aktif (seperti detergen dan minyak) sehingga tidak membentuk lapisan “*visual film*” pada permukaan air. Selain itu faktor besarnya arus laut, gelombang, angin juga harus diperhatikan dalam desain *ocean outfall*.

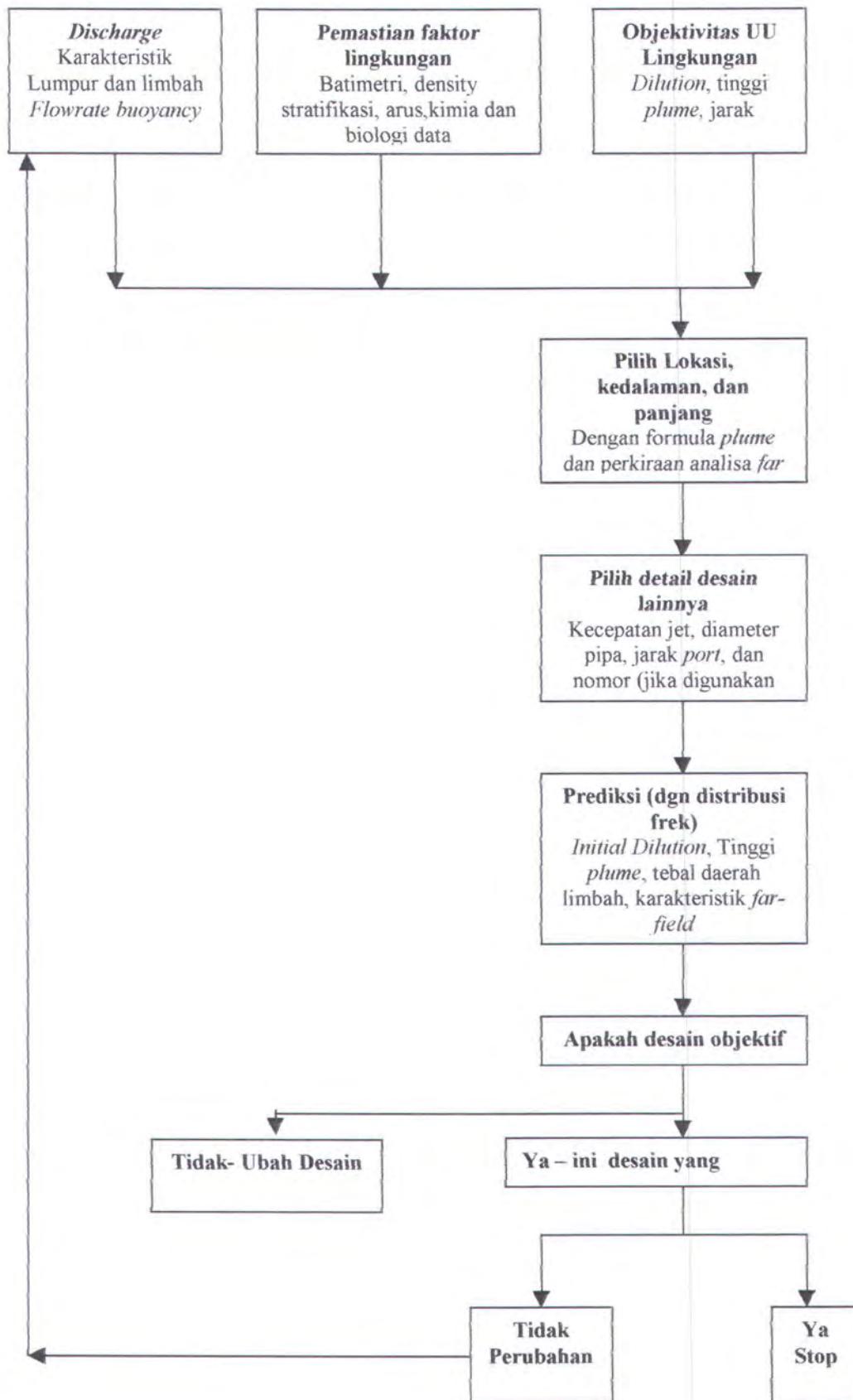


2.2.4. Ekonomi

Selain ketiga aspek diatas maka ada satu aspek yang juga harus diperhitungkan yaitu aspek ekonomi. Aspek ini penting untuk diperhatikan dalam memilih rancangan *ocean outfall* yang semurah mungkin. Analisa ekonomi biasanya dilakukan terhadap :

1. Berbagai kombinasi desain *ocean outfall* untuk berbagai kedalaman perairan yang berbeda pada tingkat keamanan lingkungan yang sama.
2. Berbagai konfigurasi peletakan *ocean outfall* untuk memilih rancangan yang paling murah pada tingkat keamanan lingkungan yang sama.

Selain aspek perancangan diatas maka untuk mendapatkan desain *ocean outfall* yang paling baik, maka dibawah ini adalah skema “*prosedur desain ocean outfall*”, yang bertujuan untuk mendapatkan desain *ocean outfall* yang terbaik adalah sebagai berikut :



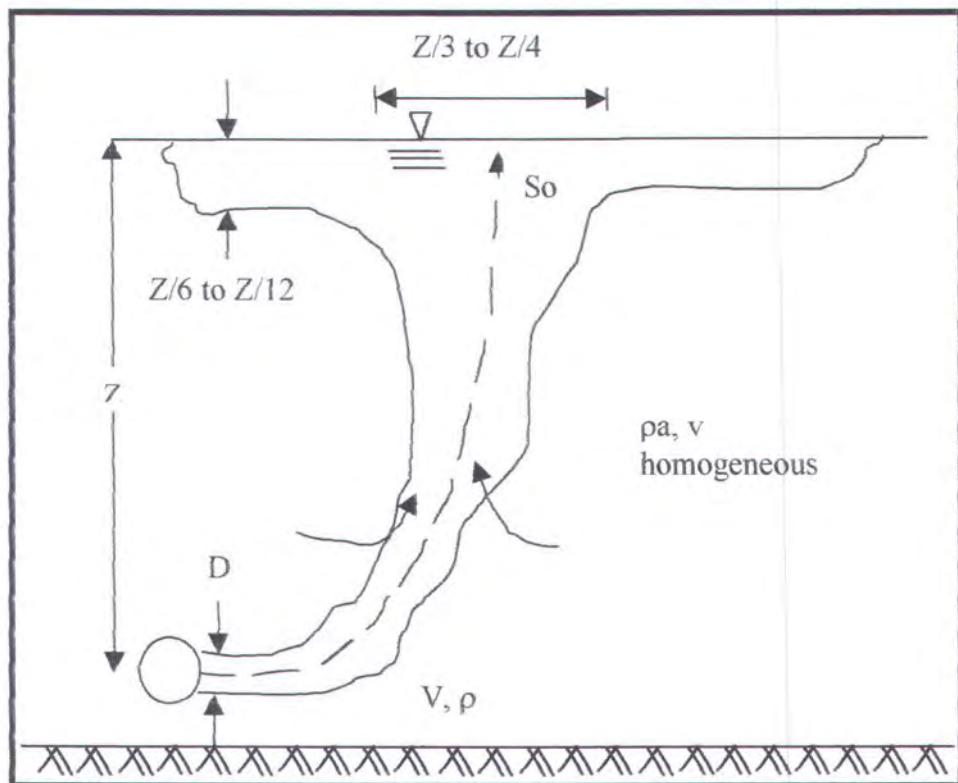
Gambar 2.3. Skema desain *Ocean Outfall* (Halliwell,1995)



Selain itu juga harus di lakukan pengumpulan data-data lingkungan yang digunakan dalam perancangan *ocean outfall*. Biasanya data-data tersebut diambil pada daerah sekitar pipa pembuangan (*near field*). Data-data lingkungan yang harus dikumpulkan guna menunjang perencanaan dari *ocean outfall* antara lain:

1. Kecepatan angin yaitu kecepatan angin yang bertiup secara periodik (tiap jam).
2. Hidrographi yaitu kedalaman dari pembuangan limbah yang keluar dari pipa *ocean outfall*.
3. Geologi lokal yaitu data gempa bumi sepanjang lokasi dari *ocean outfall* yang berguna untuk mengetahui lokasi dari batuan.
4. Gelombang yaitu dengan melakukan tabulasi terhadap musim selama periode tertentu
5. Kecepatan arus disekitar lokasi *ocean outfall*.
6. Properti dari air yaitu yang terdiri dari temperatur, salinitas, D.O, B.O.D., dll.
7. Properti dari sedimentasi, termasuk di dalamnya adalah organisme benthik, dan kandungan kimia.

Turbulen dari pembuangan limbah secara horizontal di dalam homogenitas air laut akan naik ke permukaan , yang ditunjukkan pada Gbr. 2.4. berikut ini :



Gambar 2.4. Turbulen Buoyant Jets (Sorensen, 1978)

Dimana:

- Z = Jarak vertikal dari titik tengah dari *port* hingga permukaan bebas
D = Diameter mula-mula dari lingkaran *jets*
V = Kecepatan awal dari *jets*
 ρ_0 = Densitas dari air laut
So = Titik tengah dari permukaan *dillution*.

Limbah dan air laut dapat di asumsikan memiliki viskositas kinematis (v) yang sama, serta juga dapat menentukan percepatan gravitasi (g'), dimana sama dengan gaya buoyant per unit massa dari limbah, dan persamaannya diberikan sebagai berikut ini :



$$g' = \frac{\rho_a - \rho_o}{\rho_a} g \quad \dots \dots \dots (2.1)$$

Sedangkan geometri dari *plume* dan hasil dari limbah akan tergantung pada ratio dari kedalaman air yang dibuang lewat *port*, harga momentum awal dari limbah dan gaya *buoyancy* akibat perbedaan densitas pada air laut tersebut. Pada saat limbah mulai meningkat maka air laut akan *entrained*, sedangkan konsentrasi dari limbah sehingga densitas dan gaya *buoyant* akan meningkat dan *plume* akan *spread* secara lateral. Konsentrasi dari limbah dan kecepatan *jet* akan maksimum sepanjang dari titik tengah *plume* dan menurun sesuai dengan jarak dari titik tengah, berdasarkan perkiraan dari *distribusi gauss*. Sedangkan pada perbedaan konsentrasi lateral akan menyebabkan *Spreading* dan *diffusi* dari limbah pada *plume*.

Pada arah horizontal maka momentum akan maksimum pada *discharge port*. Yang akan menurun secara kontinyu mendekati nol pada perlawanan dengan komponen horizontal dan tahanan geser dari turbulen. Sedangkan pada arah vertikal biasanya yang bekerja adalah gaya *buoyant* dan akan menyebabkan *jet* mencapai momentum vertikal, sehingga akan meningkat berdasarkan komponen percepatan. Sepanjang sumbu dari *jet*, gaya *buoyant* akan menurun dan komponen gesernya akan meningkat, pada perubahan dari arah *jet* dan peningkatan kecepatan *jet*, akan menyebabkan percepatan vertikal.

2.3. Pemodelan Hidrodinamika pada *Near Field*

Sebagaimana dijelaskan diatas, ketika limbah keluar dari pipa *outfall*, daerah penyebaran limbah ke badan air laut dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu



near fields, far fields dan daerah transisi (intermediate region). Tingkat percampuran limbah dengan air laut pada daerah *near field* atau *initial dilution*, dapat ditingkatkan dengan design geometri *outfall* dan memperhatikan karakteristik *jet* yang keluar dari pipa *outfall*, karakteristik limbah (*effluent*) dan kondisi lingkungan laut. Pengertian dari *initial dilution* di *near field* adalah tingkat ukuran percampuran/pengenceran pada awal daerah *near field* pada elevasi tertentu dari suatu *ocean outfall*. Yang dirumuskan sebagai perbandingan konsentrasi sebelum keluar dengan konsentrasi pada titik tertentu di dalam *plume*, yaitu :

$$So = \frac{Co}{Cc} \quad \dots \dots \dots \quad (2.2)$$

Salah satu aspek penting di dalam desain geometri adalah pemilihan bentuk, ukuran dan susunan pipa pengeluaran, yang mungkin terdiri atas sebuah pipa pengeluaran terbuka (*single port*) atau sebuah *diffuser* yang berupa susunan beberapa pipa pengeluaran (*multiport diffuser*). Desain *outfall* biasanya diarahkan untuk mencapai kondisi stabil supaya proses pencampuran dapat berlangsung lebih efektif. Kondisi stabil ini disyaratkan dengan kondisi sebagai berikut (Mukhtasor, 2001b) :

$$\frac{H}{d} \geq 0.22Fo \quad \dots \dots \dots \quad (2.3)$$

Dimana :

H = Kedalaman air laut,

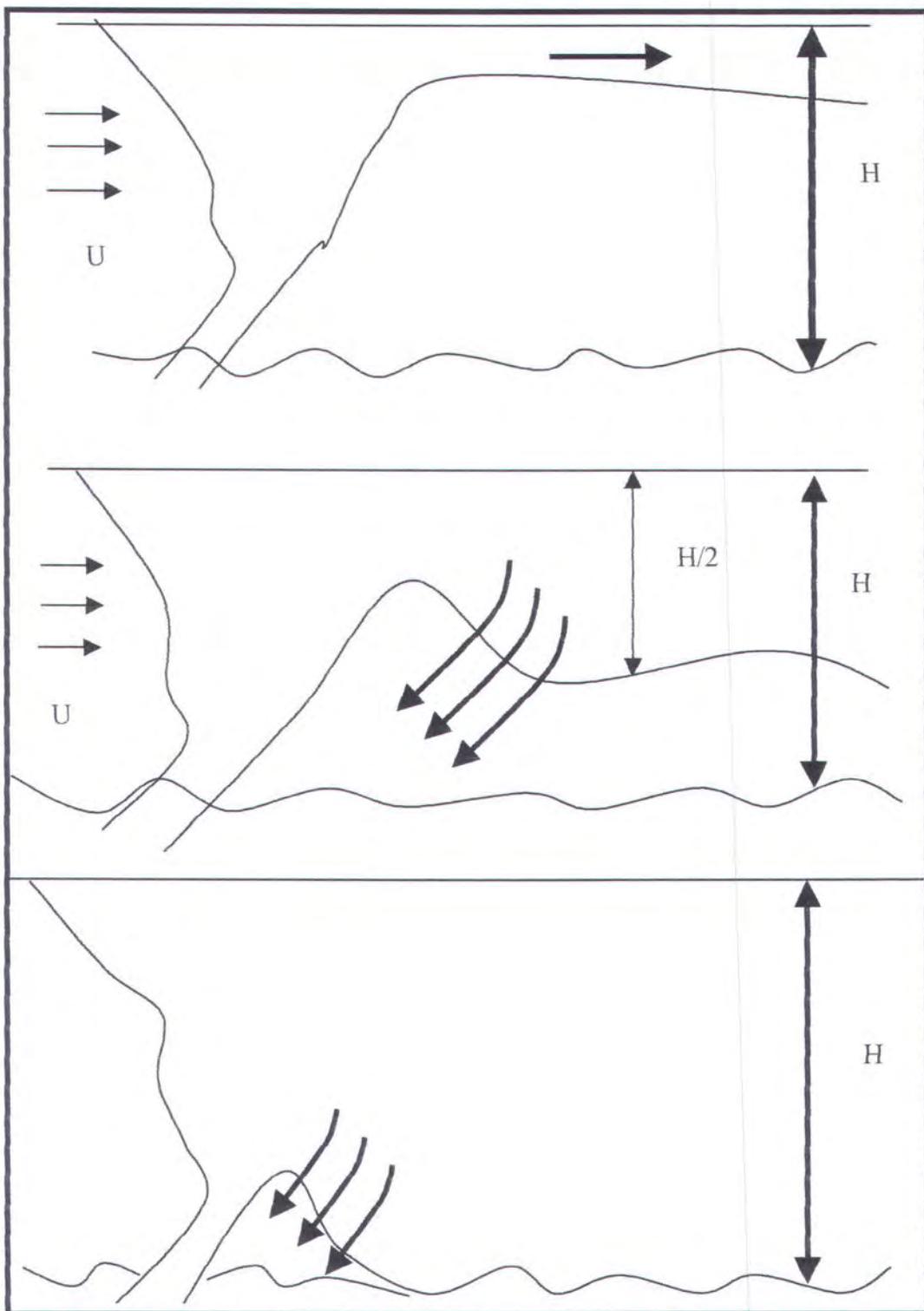
d = Diameter dari pipa pengeluaran (port).



Fo = Angka Froude yang didefinisikan oleh (William, 1985 dalam Mukhtasor, 2001b) sebagai berikut :

$$Fo = \frac{Vj}{\sqrt{gd \frac{(\rho_a - \rho_o)}{\rho_a}}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.4)$$

Persamaan 2.3 mempunyai sensitivitas yang kecil terhadap sudut *discharge* terhadap arah arus (Jirka dan Lee dalam Mukhtasor, 2001b). Ketika kriteria tersebut tidak terpenuhi, maka *jet* termasuk dalam kategori kondisi *laut dangkal*, dimana pengaruh momentum pada karakteristik *jet* cukup dominan dan menyebabkan ketidakstabilan pergerakan *buoyant-jet*, serta menimbulkan daerah sirkulasi lokal seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 2.5. Untuk menghasilkan percampuran (*dilution*) yang maksimum, ketidakstabilan *buoyant-jet* hendaknya dihindari agar tidak terjadi resirkulasi.



Gambar 2.5. Variasi karakteristik Discharge Buoyant-Jet (Mukhtasor, 2001b)

(Atas : stabil atau kondisi *deep water discharge*, tengah : transisi, dan bawah : tidak stabil atau kondisi *shallow water discharge*)



Perumusan untuk pemodelan *ocean outfall type buoyant jet* pada daerah *near field* adalah sebagai berikut :

$$\frac{SQ}{uz^2} = 0.13 \left(\frac{z}{I_b} \right)^{-0.31} + 0.46 \exp \left(\frac{-0.22}{z/I_b} \right) \quad (2.5a)$$

$$\frac{SQ}{uz^2} = (0.13 \pm 0.02) \left(\frac{z}{I_b} \right)^{(-0.31 \pm 0.03)} + (0.46 \pm 0.02) \exp \left(\frac{(-0.22 \pm 0.04)}{z/I_b} \right) + N(0.0092) \quad (2.5b)$$

Dimana:

S = Initial (*centerline*) dilution pada elevasi z diatas pipa pembuangan;

Q = Laju aliran limbah

u = Kecepatan arus

N (0, 0.092) menunjukkan residual model yang terdistribusi secara normal dengan rata-rata nol dan standar deviasi sebesar 0.092

I_b = *Buoyancy-length scale* yang didefinisikan :

$$I_b = \frac{Qg}{u^3} \left(\frac{\rho_a - \rho_o}{\rho_a} \right) \dots \dots \dots \quad (2.6)$$

Dimana :

g = Percepatan gravitasi

ρ_a = Massa jenis air laut

ρ_o = Massa jenis effluent.

Persamaan untuk menentukan lokasi *boil* dalam arah horisontal (x_b) pada permukaan air laut dapat ditulis dengan :



$$xb = C_3 \frac{H^{4/3}}{Lb^{1/3}} \quad \dots \dots \dots (2.7.a)$$

$$xb = C_4 \frac{H^{3/2}}{Lb^{1/2}} \quad \dots \dots \dots (2.7.b)$$

Dimana :

H = Kedalaman air diatas pembuangan (m)

C_3, C_4 = Koefisien model yang ditentukan berdasarkan data lapangan dan laboratorium.

Lb = *Length buoyancy scale* (m)

Untuk mengatasi kondisi nonlinier didaerah transisi antara dua kasus diatas (persamaan 2.7a dan 2.7b), maka dapat menggunakan metode interpolasi, yang dikemukakan oleh Huang et al. 1996 dalam Mukhtasor,2001b. Di dalam interpolasi ini, persamaan 2.7a dan 2.7b dipergunakan masing-masing pada $H/lb < 0.1$ dan > 10 . Diantara dua daerah ini, nilai dari suatu variabel merupakan fungsi dari salah lainnya, didefinisikan dengan :

$$I_{tr} = a_1 I_{0.1} + a_2 I_{10} \quad \dots \dots \dots (2.8.)$$

Dimana :

$I_{0.1}$ = Variabel regional untuk daerah $H/lb < 0.1$

I_{tr} = Variabel regional untuk daerah $0.1 \leq H/lb \leq 10$

I_{10} = Variabel regional untuk daerah $H/lb > 10$

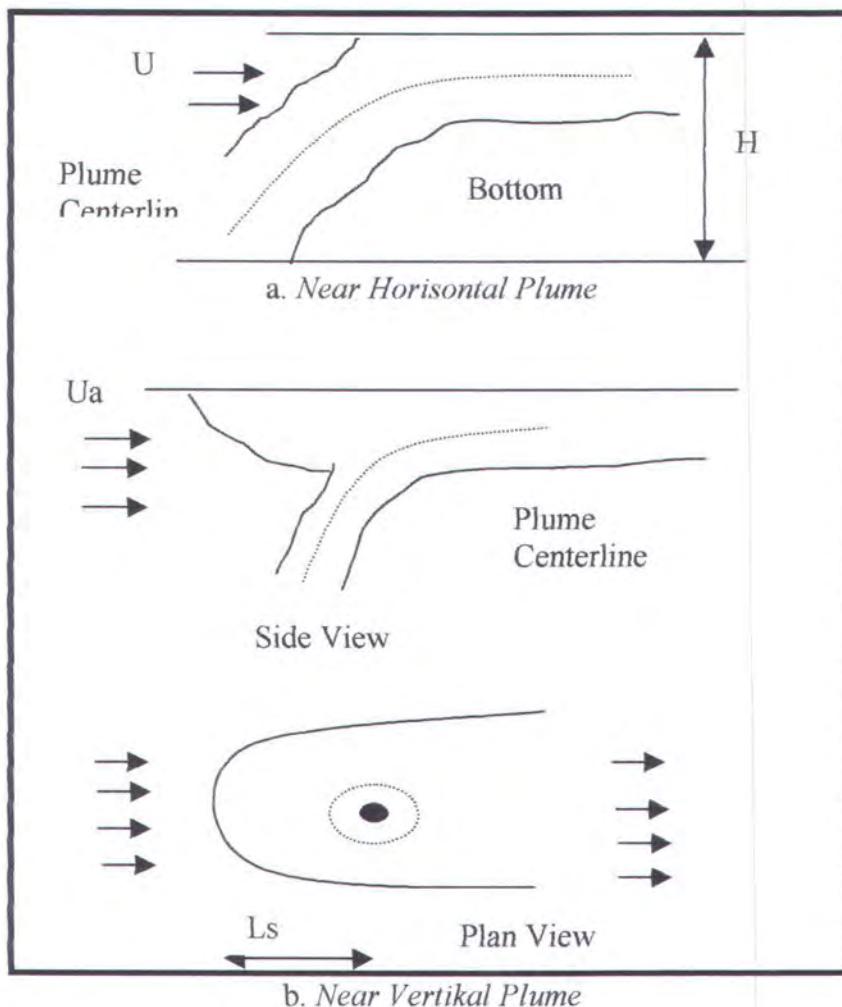
$$a_1 = 0.5 - 0.5 \log_{10}(H/Lb) \quad \dots \dots \dots (2.9a)$$

$$a_2 = 0.5 + 0.5 \log_{10}(H/Lb) \quad \dots \dots \dots (2.9b)$$



2.4. Pemodelan *Intermediate Region*

Setelah *jet* bergerak mendekati permukaan air laut, maka proses *surface impingment* mengambil peran penting, dimana *jet* akan mengalami defleksi dan mulai bergerak ke arah horizontal. Suatu kontrol volume, yaitu suatu volume dimana terjadi *surface impingement* tersebut, dapat didefinisikan sebagai daerah transisi (*intermediate region*) yang dimodifikasi dari (Donaker dan Jirka, 1990). Dibawah ini adalah gambar daerah transisi (*intermediate region*) yang ditunjukkan pada Gbr. 2.6. berikut :



Gambar 2.6. Model pada daerah *Intermediate* (Doneker, Hinton, and Jirka, 1996)

(Atas : *Near Horizontal Plume* ; Bawah : *Near Vertical Plume*)



Perumusan untuk analisa pada daerah *intermediate region* dengan menggunakan persamaan yang di kemukakan oleh (Donaker dan Jirka, Wright et al, dan Huang et al dalam Mukhtasor, 2001.b). Dimana perumusan tersebut di dasarkan pada sebuah pendekatan volume kontrol, dimana *inflow adalah aliran buoyant jet yang naik ke dekat permukaan air dan outflow adalah plume pada permukaan air yang bergerak horizontal dibawah pengaruh arus air laut*. Karakteristik *outflow* yang diperlukan untuk menghubungkan *near field* dan *far field* meliputi *bulk dilution S_a* (atau alternatifnya konsentrasi limbah C_a dimana C_a=C_o/S_a dan C_o adalah konsentrasi limbah sebelum keluar dari pipa pembuangan), lebar *Plume L_o*, Ketebalan dari *plume h_o*, dan jarak dari pusat *boil* sampai ke hulu (*upstream*) L_s dan ujung hilir (*downstream*) dari volume kontrol (x_d). Perumusan yang dikemukakan oleh (Doneker dan Jirka. 1990, Huang et al. 1996 dalam Mukhtasor, 2001b) sebagian telah di kalibrasi berdasarkan percobaan lapangan berdasarkan data tipikal dan *plume outfall*. Sedangkan karakteristik hidrodinamis di daerah *intermediate* yang dibahas di atas berlaku untuk daerah H/I_b < 0.1 dan H/I_b > 10. Untuk memperoleh daerah transisi yang bagus diantara 2 daerah tersebut maka menggunakan interpolasi.

2.4.1. Bulk Dilution

Bulk dilution pada ujung hilir (*down stream*) dari kontrol volume, S_a dimodelkan dengan persamaan berikut ini (Wright et al. (1991); Doneker dan Jirka, (1990) ; Huang et al, (1996) dalam Mukhtasor, (2001b)) :

$$S_a = C_{s1}S \quad \text{Untuk } H/I_b < 0.1 \quad (\text{Harga } C_{s1} = 3 - 5) \quad \dots \quad (2.10a)$$

$$S_a = C_{s2}S \quad \text{Untuk } H/I_b > 10 \quad \dots \dots \quad (2.10b)$$



Ketika $H/I_b < 0.1$, *buoyant jet* yang bergerak vertikal hanya terdefleksi dengan lemah oleh aliran arus, sehingga *buoyant jet* mendekati permukaan air pada sudut yang hampir vertikal. Sedangkan ketika $H/I_b > 10$, *Buoyant jet* yang naik ke permukaan terdefleksi dengan kuat oleh aliran arus laut sehingga mendekati permukaan air pada saat sudut yang hampir horizontal. Aliran *plume* dipengaruhi oleh kecepatan air laut (u), sehingga harga dari $C_{s2} = 1.5 - 2.0$ (Doneker dan Jirka. 1990; Huang et al. 1996 dalam Mukhtasor, 2001b). Percobaan lapangan tipikal bersesuaian dengan nilai dari koefisien 2.01 dan 1.74 untuk masing-masing C_{s1} dan C_{s2} (Huang et al. 1996 dalam Mukhtasor, 2001b).

2.4.2. Lebar *Plume* dan panjang *Instrusi Upstream*

Lebar *plume* pada ujung hilir/down stream dari kontrol volume, L_o diperkirakan (Doneker dan Jirka. 1990 ; Huang et al. 1996 dalam Mukhtasor 2001b) :

$$L_o = 5.2 L_s \text{ Untuk } H/I_b < 0.1 \quad \dots \dots \dots \quad (2.11)$$

Dimana :

L_s = Panjang instrusi kehulu yaitu jarak pusat *boil* ke ujung hulu dari kontrol volume.

$$L_s = 2.12 H^{3/2} (1-\cos\theta)^{3/2} I_b^{-1/3} \text{ Untuk } I_b/H > 6.11 (1-\cos\theta) \quad \dots \dots \dots \quad (2.12a)$$

$$L_s = 0.38 I_b \text{ Untuk } I_b/H < 6.11 (1-\cos\theta) \quad \dots \dots \dots \quad (2.12b)$$

Dimana :

$$\theta = \tan^{-1}(H/x_b) \quad \dots \dots \dots \quad (2.13)$$

= Sudut diantara sumbu *buoyant jet* yang bergeraknaik dan permukaan air.



Ketika $H/I_b > 10$, lebar *plume* pada ujung hilir dari kontrol volume, Lo dan jarak dari pusat *boil* menuju ujung hulu dari kontrol volume, Ls yaitu dengan persamaan berikut ini :

$$Lo = 2\sqrt{\frac{S_a Q}{2u}} \quad \text{Untuk } H/I_b > 10 \quad \dots \dots \dots \quad (2.14a)$$

$$L_s = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\frac{S_a Q}{\pi \gamma}} \quad \text{Untuk } H/I_b > 10 \quad \dots \dots \dots \quad (2.14b)$$

2.4.3. Jarak ujung *downstream* dan ketebalan *plume*

Jarak dari pusat *boil* ke ujung hilir dan kontrol volume, X_d , diperkirakan dengan asumsi bahwa ia proporsional dengan kedalaman yang diukur terhadap titik pipa pembuangan (H), yang didefinisikan sebagai berikut ini :

Dimana :

C_{D1} = Koefisien model, Harga dari $C_{D1} = 3$

C_{D2} = Koefisien model, Harga dari $C_{D1} = 0.6$

Ketebalan *plume* h_o dapat diperkirakan dari persamaan kontiyuitas yaitu sebagai berikut ini :

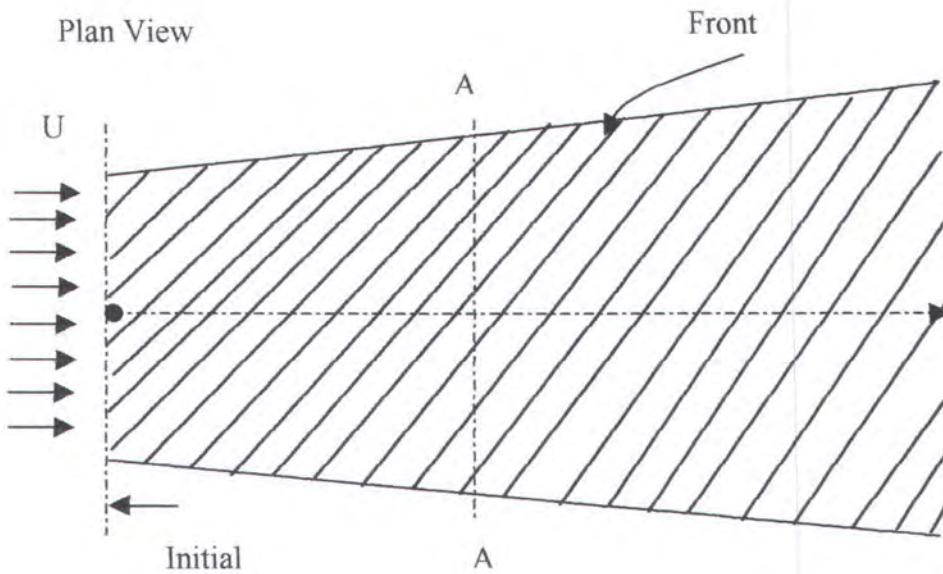
$$ho = \frac{S_a Q}{U L_o} \quad \dots \dots \dots \quad (2.16)$$

2.5. Pemodelan *Far Field*

Percampuran hidrodinamis dari suatu *effluent* dan air laut di daerah *far field* dipengaruhi oleh dua mekanisme yaitu *buoyant spreading* dan *difusi turbulen*.



Buoyant spreading adalah proses dispersi mandiri dimana sisa-sisa *buoyancy* yang terkandung di dalam *plume* menyebabkan dorongan ke atas dan dengan adanya batas permukaan air dorongan ke atas ini berubah menjadi penyebaran transversal horizontal. *Difusi turbulen* adalah proses terakhir dimana *turbulensi lautan* juga mendorong terjadinya *dispersi plume*. Dari suatu penelitian bahwa *effluent* di dominasi oleh *buoyant spreading* sampai jarak beberapa ratus meter dari outfall. Penyebaran tersebut disebabkan oleh gaya *buoyancy* akibat perbedaan massa jenis *plume* dan air laut. Dibawah ini adalah Gbr. 2.7. tentang model dari *buoyancy spreading* adalah sebagai berikut :



Gambar 2.7. Sketsa Buoyancy Spreading (Doneker, Hinton, and Jirka, 1996)

$$h(x) = h_o \left(\frac{L(x)}{Lo} \right)^{\alpha-1} \quad \dots \dots \dots (2.17)$$

$$L(x) = Lo \left(3\beta \left[\frac{Ib}{Lo} \right]^{1/2} \frac{x}{Lo} + 1 \right)^{2/3} \quad \dots \dots \dots (2.18)$$



Dimana :

- α = Koefisien yang bernilai antara 0.15 - 0.6, dengan nilai tipikal dari pengujian lapangan yaitu 0.59.
- β = Konstanta model yang bernilai antara 0.707 – 1.414, dengan sebuah tipikal pengujian lapangan yaitu 1.33.
- L_b = *Buoyancy length* dengan menggunakan kecepatan arus pada kedalaman 5 m.
- x = Jarak sepanjang pusat *plume*, $x = 0$ adalah titik pada ujung hilir
- $L(x)$ = Lebar *plume* yaitu $L(x) = 2(3)^{1/2}\sigma(x)$.

Sehingga berdasarkan asumsi bahwa konsentrasi polutan dari *buoyant spreading* di modelkan dengan asumsi konsentrasi *tracer* didalam permukaan *plume* yang memiliki distribusi *error function* pada arah lebar *plume* dan memiliki distribusi *uniform* pada arah tebal *plume*. Berdasarkan asumsi diatas maka besarnya konsentrasi polutan pada titik (x,y) adalah :

$$C(x,y) = 1.832 C_a \frac{h_o}{h(x)} \frac{1}{2} \left[\operatorname{erf} \left(\frac{0.273 L_o + y}{\sqrt{2} \cdot \sigma(x)} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{0.273 L_o - y}{\sqrt{2} \cdot \sigma(x)} \right) \right] \text{ untuk } x \geq 0 \quad (2.19)$$

Persamaan 2.14 adalah persamaan konsentrasi untuk 2 dimensi, sedangkan untuk persamaan satu dimensi diperoleh dengan memasukkan nilai $y = 0$. Sehingga akan diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$C(x,y) = 1.832 C_a \frac{h_o}{h(x)} \frac{1}{2} \left[\operatorname{erf} \left(\frac{0.273 L_o}{\sqrt{2} \cdot \sigma(x)} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{0.273 L_o}{\sqrt{2} \cdot \sigma(x)} \right) \right] \text{ untuk } x \geq 0 \quad (2.20)$$

Dimana :

- y = Koordinat horizontal tegak lurus terhadap koordinat horizontal X



C_a = Konsentrasi polutan rata-rata pada ujung hilir kontrol volume ($x=0$)

Erf = *Error function*, dapat diselesaikan dengan pendekatan aturan simpson.

$$erf(w) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^w e^{-v^2} dv \quad \dots\dots\dots(2.21.)$$

Atau fungsi *error function* dapat diselesaikan dengan menggunakan tabel statistik dari daerah dibawah kurva distribusi dengan mengubah variabel berikut ini :

$$Erf(w) = 2 A(z) \quad \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

$$Z = 1.414 w$$

$A(z)$ = Daerah dari standart normal distribusi dari 0 sampai ke z sepanjang absis.

Berdasarkan penjelasan diatas, persamaan (14) hanya dapat digunakan untuk kondisi $x \geq 0$, sedangkan untuk daerah lainnya, harus dilakukan modifikasi.

Asumsi tipikal adalah

- ❖ $x < (-L_s - x_D)$. maka konsentrasinya nol
- ❖ $(-x_D + L_s) < x < 0$ maka konsentrasinya = $1.2 C_a$.
- ❖ $(-x_D - L_s) \leq x \leq (-x_D + L_s)$, maka konsentrasi pada $boil = [Co/(1.7 S)]$
- ❖ $Y > 0.5 L(x)$, maka konsentrasi/ $C(x,y)$ adalah nol

Dimana :

Co = konsentrasi awal/sebelum keluar dari pipa *outfall*

S = *Initial dilution* pada pusat *plume*.



Sebuah bentuk parabola yang didefinisikan oleh (Akar dan Jirka. 1995 dalam Mukhtasor, 2001b), merumuskan hubungan dari lebar dan jarak dari *plume* dalam daerah $(-x_D + L_s) \leq x \leq 0$, sehingga :

$$L(x) = L_0 [(x + x_D + L_s)/(x_D + L_s)]^{1/2} \quad \text{untuk } (-L_s - x_D) \leq x < 0 \quad (2.23)$$

Suatu kriteria untuk menentukan daerah transisi tersebut biasanya didasarkan pada *Richardson number* (R_f), yang didekati dengan perumusan berikut :

$$Rf = \kappa^2 \left(\frac{g' h(x)}{u^{*2}} \right) \quad \dots \dots \dots \quad (2.24)$$

Dimana :

K = Konstanta Karman, besarnya = 0.4

h = Kedalaman *Plume*

u^* = Kecepatan geser

$$= \left(\frac{f}{8} \right)^{1/2} u_a \quad \dots \dots \dots \quad (2.25)$$

U_a = Kecepatan arus

f = Darcy-Weisbach Friction Factor ($f = 0.02 - 0.03$ untuk open water)

g' = Percepatan gravitasi tereduksi yang di definisikan seperti pada persamaan 2.1. :

R_f dapat digunakan sebagai sebuah kriteria dalam penggunaan model hidrodinamik *far field*, yaitu *buoyancy spreading* dan *difusi turbulent*. Untuk harga $R_f < 0.15$ maka menggunakan perumusan konsentrasi untuk *buoyant spreading*, sedangkan jika harga $R_f > 0.15$, maka perumusan yang dipakai adalah perumusan konsentrasi *difusi turbulen*.



Perumusan konsentrasi untuk *difusi turbulen* yaitu menggunakan persamaan (Satryanto,2002):

$$C(x,y) = \frac{Co}{6} \sqrt{\frac{3b}{\beta x' \pi}} \left[\exp\left(\frac{-3(y^2 - 2y + 1)}{\beta x' b}\right) + 4 \exp\left(\frac{-3(y^2 - 2.2y + 1.21)}{\beta x' b}\right) + \exp\left(\frac{-3(y^2 - 2.4y + 1.44)}{\beta x' b}\right) \right] \quad \dots \dots \dots (2.26)$$

Dimana :

$$X' = \frac{b}{2\beta} \left[\left((2-n)\beta \frac{x}{b} + 1 \right)^{2/(2-n)} - 1 \right] \quad \dots \dots \dots (2.27)$$

Dimana:

Co = Konsentrasi sebelum keluar dari pipa *outfall*

U = Kecepatan arus

ε_0 = $\alpha \cdot L(x)^{4/3}$ (2.28)

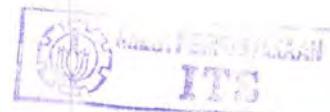
$L(x)$ = Lebar *Plume*

α = 0.01 (Brooks)

b = Lebar awal *plume* (m)

$\beta = \frac{12\varepsilon_0}{ub}$ (2.29)

n = 4/3, untuk kondisi yang sudah disesuaikan dengan pembuktian dilapangan dan sering disebut = "4/3 law".



Model hidrodinamik dengan menggunakan model *buoyant spreading* adalah untuk memperkirakan karakteristik hidrodinamik *plume* di sekitar daerah pembuangan, dimana pengaruh dari *difusi turbulen* kurang dominan dibandingkan dengan *buoyant spreading*. Selama penyebaran *plume* bergerak ke hilir maka



pengaruh *buoyancy* akan berkurang dan pada jarak tertentu turbulen yang terjadi di laut dominan di dalam mempengaruhi proses pencampuran (*mixing*) antara *plume* dengan air laut.

2.6. Pemodelan dengan CORMIX

CORMIX (*The Cornell Mixing Zone Expert System*) adalah suatu sistem software yang digunakan untuk analisa, memperkirakan, dan mendesain dari racun/toxic cair atau limbah konvensional pada bermacam-macam air. Sofware ini dibuat dibawah beberapa kerjasama yang disetujui perusahaan, diantaranya *U.S EPA* dan *Cornell University* selama periode 1985 - 1995. CORMIX direkomendasikan sebagai alat yang berguna untuk menganalisa pada dokumen untuk mengijinkan dari industri, pemerintah, dan sumber lain yang melakukan pembuangan pada *receiving water*. Meskipun sistem utamanya berdasarkan pada perkiraan geometri dan karakteristik *dilution* dari *mixing zone* sehingga pada akhirnya masih akan memenuhi standart kualitas air. Selain itu CORMIX juga berguna untuk memperkirakan karakteristik dari pembuangan *plume* pada jarak yang cukup besar (Doneker dan Jirka, 1996).

Penggunaan dari CORMIX adalah diimplementasikan pada *IBM-DOS* yang memanfaatkan microcomputer. Peraturan dari sistem didasarkan dengan pendekatan pada pemasukan data dan proses dari CORMIX yang terdiri atas 3 subsistem. yaitu :

1. CORMIX 1 untuk analisa submerged pembuangan *single port*.
2. CORMIX 2 untuk analisa submerged pembuangan *multiport diffuser*
3. CORMIX 3 untuk analisa dari pembuangan *buoyant surface*



Selain itu CORMIX juga terdiri atas 2 post processor model yaitu CORJET (Pemodelan pada daerah *near field*) dan FFLOCCTR (Pemodelan pada *far field*). Tanpa latihan khusus pada hidrodinamika, pengguna/pemakai dapat membuat detail perkiraan dari kondisi *mixing zone*, sehingga dapat diperiksa apakah sudah memenuhi peraturan dan dapat melakukan penelitian tentang alternatif desain dari *ocean outfall*. Dasar metodologi dari CORMIX berhubungan dengan asumsi dari kondisi *steady ambient*. Dimana versi ini baru-baru ini terdiri atas kondisi yang khusus untuk di aplikasikan pada lingkungan yang tidak stabil seperti kondisi pasang surut, dimana terjadi pergerakan sementara dan efek ke atas akan terjadi.

Disamping itu, beberapa pilihan post processing telah tersedia. CORJET (*The Cornell Buoyant Jet Integral Model*) untuk analisa yang detail dari karakteristik pada daerah *near fields* dari *buoyant jet*. Sedangkan FFLOCTR (*The Far Field Plume Locator*) untuk menggambarkan *far field dari plume*. CMXGRAPH adalah merupakan perlengkapan grafik untuk menggambarkan *plume*. Dibawah ini faktor-faktor yang mendorong pembuatan sistem ini adalah sebagai berikut ini :

1. Kompleksitas yang rumit dari proses percampuran (*mixing*) pada lingkungan akuatik. Sehingga dibutuhkan pengetahuan yang cukup tinggi untuk melakukan analisa .
2. Kegagalan dari keberadaan model sebelumnya (*U.S EPA* yang dibuat untuk pembuangan limbah untuk laut dalam).
3. Pada tahun 1985 *U.S EPA* terdapat penambahan petunjuk untuk perijinan dari pembuangan limbah.



4. Kemampuan dari metode komputer yang baru yang dikenal dengan sistem yang canggih. Untuk membuat akses bagi penggunanya yang didalamnya dilakukan perhitungan pada data lingkungan yang sederhana. Maka dibutuhkan pengetahuan dan pengalaman dalam hubungannya dengan masalah teknik yang kompleks.

Dari sistem *CORMIX* ini akan dilakukan perbandingan dan kevalidan antara data di lapangan dan data di laboratorium. Petunjuk objektif yang harus diperhatikan oleh pengguna adalah :

1. Menghasilkan gambaran yang komprehensif dari sistem *CORMIX*.
2. Untuk menghasilkan petunjuk untuk perakitan dan persiapan yang membutuhkan masukkan data untuk ketiga subsistem diatas.
3. Untuk merencanakan rentang kemampuan dari subsistem.
4. Menghasilkan petunjuk untuk intrepretasi dan menampilkan grafik dari output dari sistem.
5. Untuk menggambarkan penggunaan sistem yang praktis untuk menyelesaikan beberapa kasus.

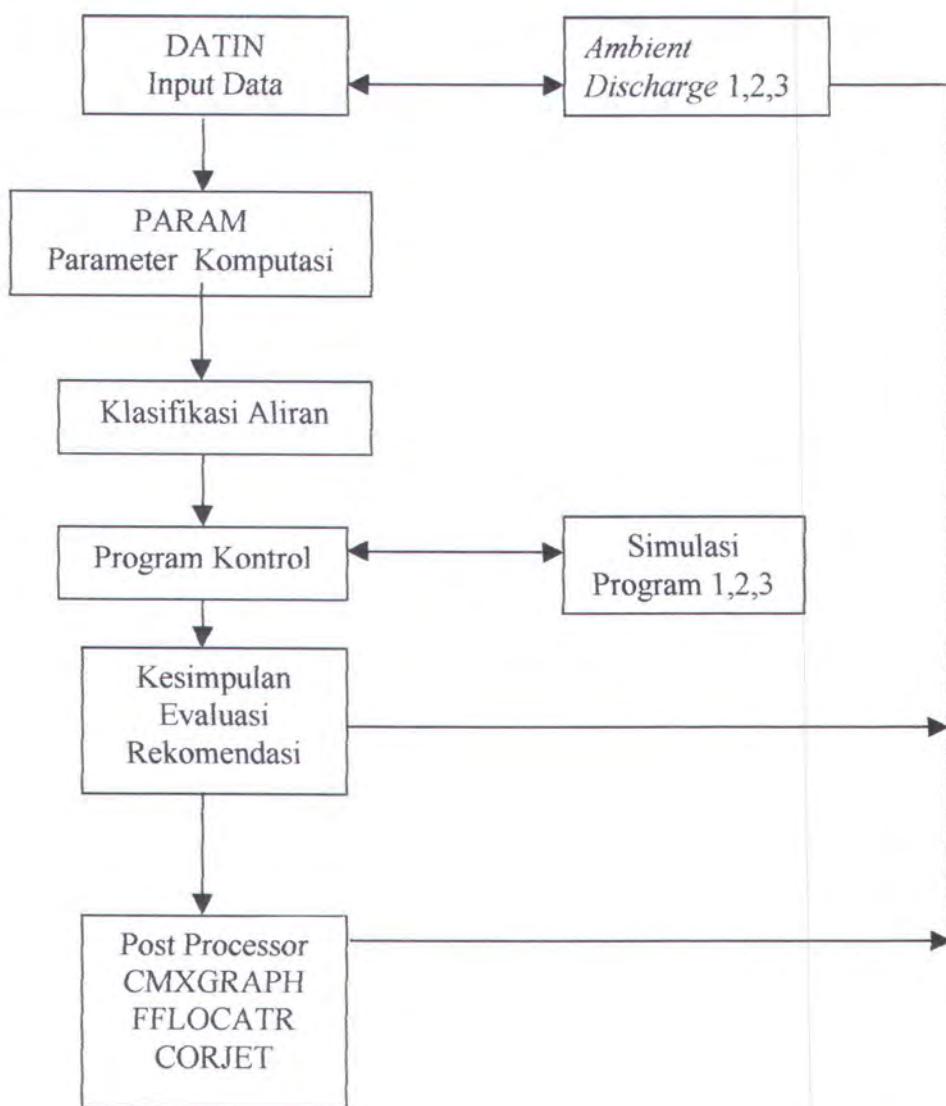
Pada akhirnya , *CORMIX* adalah alat untuk belajar yang bertujuan untuk membuat pemakai memiliki pengetahuan yang lebih dan dapat mengetahui tentang pembuangan limbah dan proses percampuran. Sistem ini adalah menghasilkan perhitungan atau ouput yang berupa grafik, tetapi didalamnya terdapat menu yang



sangat interaktif untuk petunjuk bagi pemakai, pilihan bantuan, dan penjelasan material dari proses fisik yang relevan. Sistem ini juga menghasilkan perkiraan tentang model dan menjelaskan tentang sensitivitas dari model.

2.6.1. *Input data pada CORMIX*

Semua data dimasukkan pada sistem *CORMIX* dapat dilakukan dengan cepat, karena input data disusun oleh program input data (*DATIN*). *DATIN* sangat mudah digunakan oleh pemakai karena berisi data secara spesifik yaitu lingkungan fisik dari pembuangan yang akan digunakan untuk analisa. Bagian dari *CORMIX* terdiri atas 4 topik dimana menanyakan tentang : *Deskripsi dari kasus/ lokasi, kondisi ambient, karakteristik pembuangan, dan pengaturan tentang daerah percampuran*. Pada saat memasukkan data terdapat petunjuk bagi pemakai dan terdapat menu pilihan yang terdiri atas deskripsi yang berupa pertanyaan, jika klarifikasi dibutuhkan. Dibawah ini adalah gambar flowchart dari sistem *CORMIX* :



Gambar 2.8. Diagram Alir Software CORMIX (Doneker dan Jirka, 1996)

2.6.2. Output dari CORMIX

Output yang dihasilkan adalah kilas balik (*feedback*) selama input, sistem CORMIX menghasilkan 3 laporan yang berisi:

1. Kesimpulan, yang kebanyakan untuk evaluasi dari semua input data pembuangan sehingga nantinya akan memenuhi peraturan *mixing zone*.



2. *CORMIX 1,2,3* adalah suatu file dimana berisi urutan yang detail dari properties *plume* sebagai prediksi yang menggunakan program fortran.
3. *CMXGRAPH* menunjukkan tampilan pandangan atas, samping, dan trayektori dan distribusi konsentrasi dari prediksi *plume*.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam kegiatan penelitian maka langkah-langkah penggerjaan penelitian harus disusun dengan jelas. Hal ini bertujuan untuk lebih memudahkan dalam penyelesaian dan pemahaman alur penggerjaannya Tugas Akhir ini. Selain itu dalam penelitian keberadaan referensi dan data pendukung adalah sangat penting. Untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam penulisan ini maka digunakan metodologi berikut ini :

- Studi Literatur

Yaitu dengan mencari bahan-bahan dari buku-buku, jurnal atau penelitian terbaru yang berkaitan dengan masalah *Ocean Outfall tipe Buoyant Jet Tunggal.*

- Pengumpulan Data

Yaitu mengumpulkan data-data yang berkaitan untuk kegiatan pemodelan penyebaran *effluent* di laut. Dimana data-data ini akan dimasukkan dalam software. Selanjutnya akan dilakukan analisa.

- Pembuatan Software/Perangkat Lunak

Software ini di buat dengan memasukkan perumusan hidrodinamis pada 3 dearah penyebaran yaitu : *near field, intermediate region, dan far field.* Dimana Software ini dibuat dengan menggunakan bantuan program *visual basic.* Setelah software ini selesai maka program



aplikasinya dalam bentuk .exe. Program.exe inilah yang merupakan program aplikasi untuk pemodelan *ocean outfall tipe buoyant jet* tunggal.

- Melakukan running software dan analisa model

Software yang dibuat dijalakan , dengan memasukkan data studi kasus *terra nova dan B plant shallow water*, dan akan dilakukan analisa pemodelan penyebaran limbah serta analisa konsentrasi limbah.

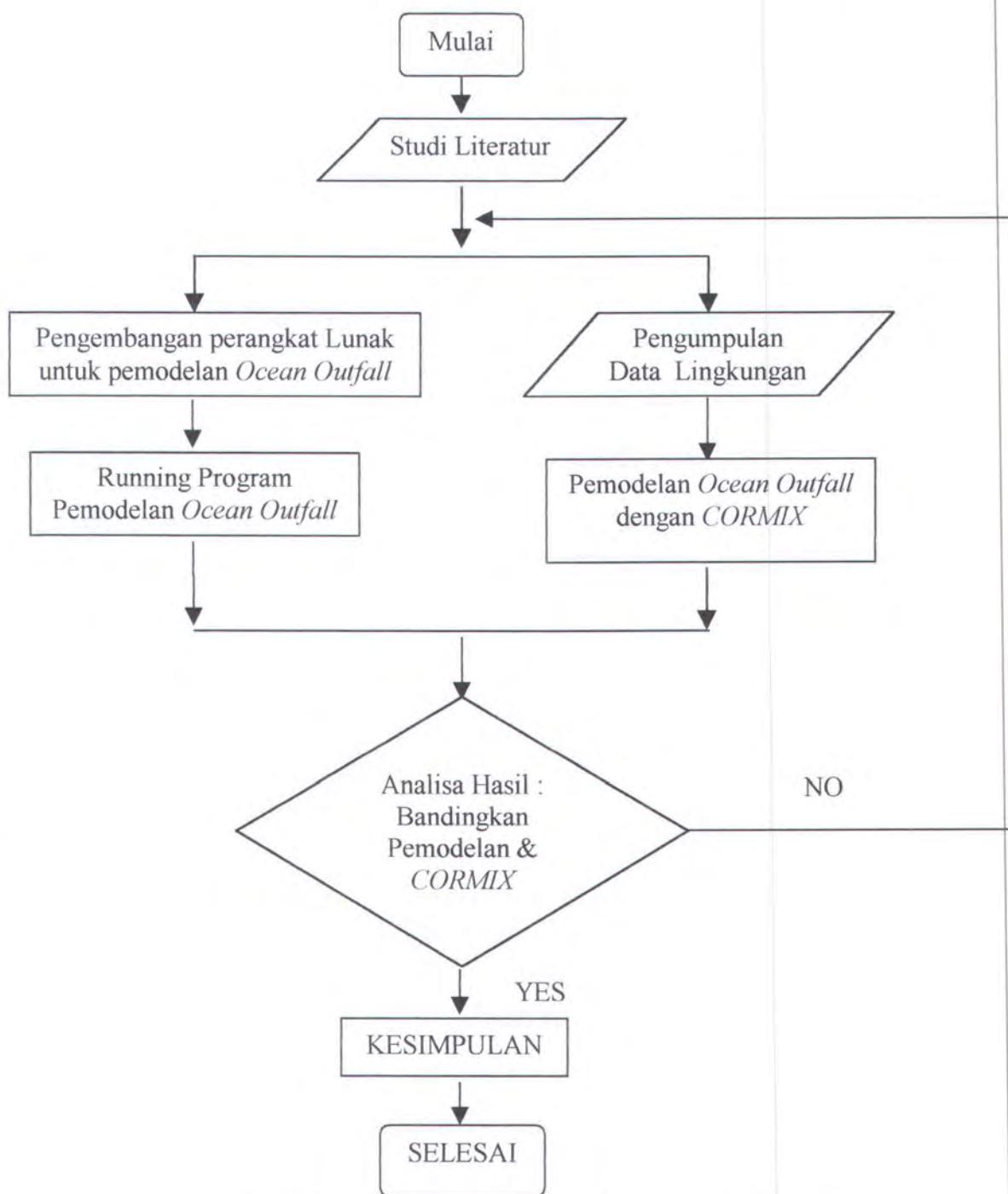
- Membandingkan hasil software dengan *CORMIX*

Dari hasil software tersebut akan dibandingkan dengan hasil pemodelan dengan menggunakan *CORMIX*.

- Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan akan disimpulkan tentang hasil pemodelan /penelitian yang telah dilakukan.

Dibawah ini adalah **Diagram Alir dari Tugas Akhir** dapat dilihat pada halaman berikut :



Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir (TA) ini, maka penulis akan mengikuti langkah-langkah seperti yang tercantum dalam bagan alir di atas. Langkah-langkah tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut ini :



1. Studi literatur

Pelaksanaan studi literatur meliputi seleksi paper-paper, jurnal ilmiah, buku-buku yang berkaitan dengan masalah Pemodelan dari *ocean outfall*, yaitu yang meliputi 3 daerah yaitu *Near field*, *Intermediate Region*, dan *Far Field* khususnya untuk jenis *buoyant-jet*.

2. Pengumpulan data lingkungan

Pengumpulan data lingkungan yang meliputi data gelombang, angin, density limbah, density air laut, *Flowrate/ laju aliran limbah*, temperatur limbah, dan kecepatan arus yang nantinya akan digunakan untuk mengetahui penyebaran dari *effluent/limbah*. Data lingkungan tersebut yang akan digunakan untuk input data pada pemodelan yang dibuat dan pemodelan dengan menggunakan *CORMIX*.

3. Pembuatan perangkat lunak untuk pemodelan *Ocean Outfall*

Adapun penggeraan dari pembuatan pemodelan untuk *Ocean Outfall* yang akan meliputi 3 daerah yaitu :

1. Pemodelan untuk *Near Field*

Yaitu dengan memasukkan data-data yang mendukung pemodelan dari *mixing zone* untuk *near field* yaitu dengan menggunakan persamaan *initial dilution* yang dikembangkan oleh (Mukhtasor, 2001b).

2. Pemodelan Untuk *Intermediate Region*

Yaitu dengan memasukkan data-data yang mendukung pemodelan dari *mixing zone* untuk *Intermediate region* yaitu dengan menggunakan persamaan *initial dilution* yang dikembangkan oleh

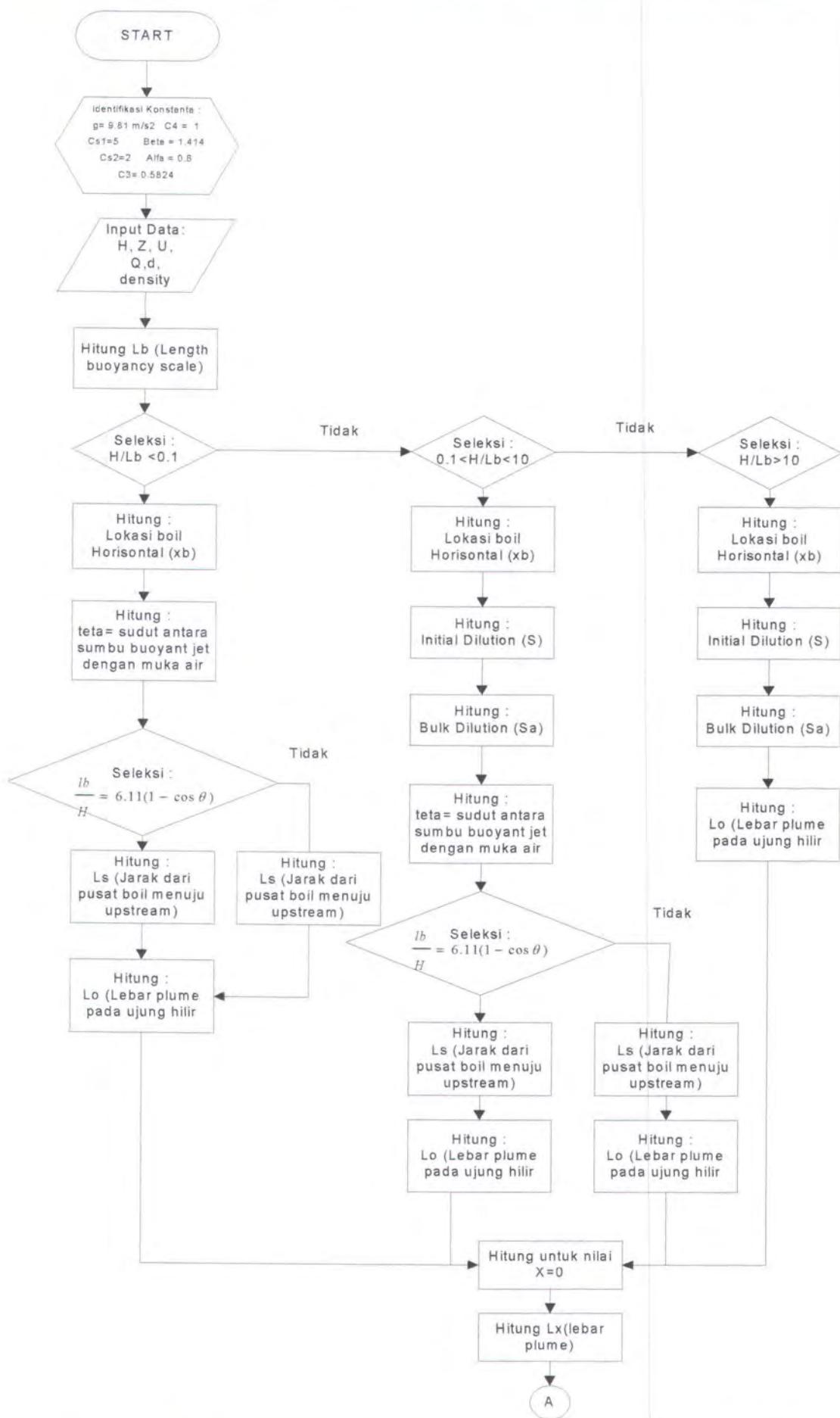


(Donaker dan Jirka, (1990) ; Huang et al, (1996) dalam Mukhtasor, 2001b).

3. Pemodelan Untuk *Far Field*

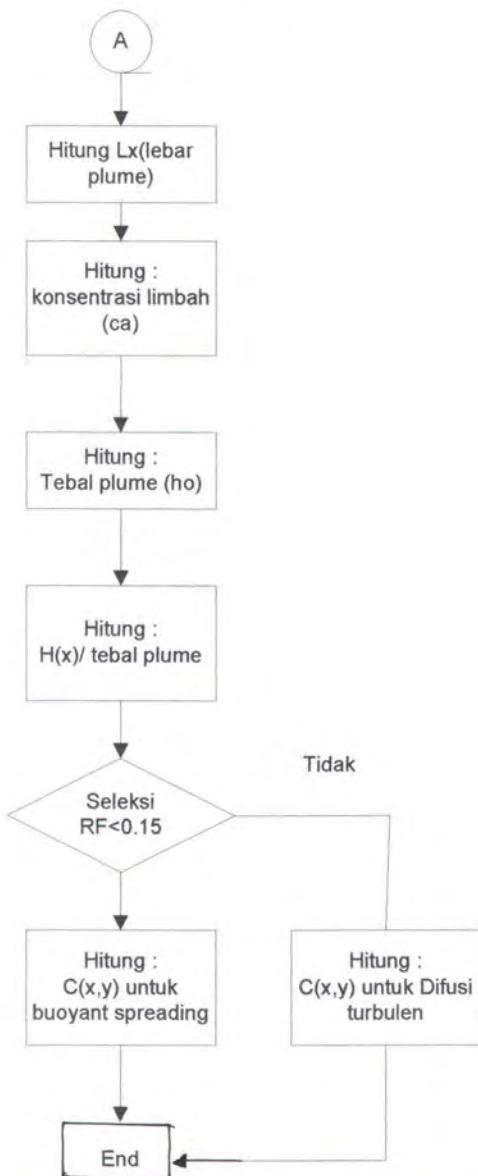
Yaitu dengan memasukkan data-data yang mendukung pemodelan dari *mixing zone* untuk *Far Field* yaitu dengan menggunakan persamaan *buoyant spreading* dan *difusi turbulent* yang dikembangkan oleh (Donaker dan Jirka, (1990) ; Huang et al, (1996) dalam Mukhtasor, 2001b).

Dibawah ini adalah Diagram Alir untuk Pembuatan Software *Ocean Outfall tipe buoyant jet Tunggal* dapat dilihat pada halaman berikut :





Lanjutan Flowchart perhitungan dalam software :



Gambar 3.2. Diagram Alir Perhitungan Software

Penjelasan *flowchart* perhitungan software :

1. Mulai
2. Identifikasi konstanta pemodelan

Yaitu mengidentifikasi konstanta-konstanta pemodelan yang sifatnya

tetap antara lain : percepatan gravitasi (g), konstanta pemodelan pada



daerah *near field* : C_3 dan C_4 , pemodelan pada daerah *intermediate region* : C_{S1} dan C_{S2} , serta konstanta pemodelan untuk daerah *far field* = α dan β .

3. Input data

Yaitu memasukkan data-data studi kasus untuk menjalankan software. Dimana input data yang harus dimasukkan adalah kedalaman laut (H), kedalaman pembuangan (z), kecepatan arus (u), *Flowrate* limbah (Q), dan diameter *port*(d), kecepatan angin (u).

4. Hitung *length buoyancy scale* (lb)

Yaitu jarak vertikal dimana kecepatan dipengaruhi oleh *buoyancy*. Perumusan perhitungan *length buoyancy scale* dapat dilihat pada persamaan 2.6.

5. Seleksi harga H/lb

Yaitu menyeleksi harga H/lb terdapat 3 kemungkinan yaitu $H/lb < 0.1$; $0.1 \leq H/lb \geq 10$; $H/lb > 10$.

6. Apabila termasuk dalam $H/lb < 0.1$, langkah selanjutnya adalah :

- Perhitungan jarak horisontal dari lokasi *boil* (x_b), sesuai dengan persamaan 2.7a.
- Perhitungan θ yaitu sudut diantara sumbu *buoyant jet* yang bergerak naik dan permukaan air, yang ditunjukkan pada persamaan 2.13.
- Seleksi harga $\frac{lb}{H} > 6.11(1 - \cos\theta)$



Jika seleksi harga masuk dalam range diatas,maka mencari harga L_s dengan persamaan 2.12a. Sedangkan jika tidak termasuk dalam seleksi diatas maka mencari harga L_s dengan persamaan 2.12b.

- Hitung nilai lebar *plume* pada ujung hilir/ *downstream* dari kontrol volume (Lo), dengan persamaan 2.11.
 - Hitung nilai lebar *plume* / $L(x)$, dengan persamaan 2.18. Untuk nilai x dimulai pada saat $x = 0$.
 - Hitung nilai konsentrasi limbah (Ca), dengan persamaan $Ca = Co/Sa$.
 - Hitung nilai tebal *plume* / Ho , dengan persamaan 2.16.
 - Hitung tebal *plume* / $H(x)$, dengan persamaan 2.17.
 - Seleksi harga *Rf/ Richardson Number*, yaitu jika harga $Rf \leq 0.15$, maka persamaan konsentrasi yang digunakan adalah persamaan 2.19. Sedangkan jika harga $Rf > 0.15$, maka persamaan yang digunakan adalah persamaan 2.26.

7. Apabila termasuk dalam $0.1 \leq H/lb \leq 10$, langkah selanjutnya adalah :

- Perhitungan jarak horisontal dari lokasi *boil* (x_b), sesuai dengan persamaan berikut :

$$xb = (a1.c3.\frac{H^{4/3}}{Lb^{1/3}}) + (a2.c4.\frac{H^{3/2}}{Lb^{1/2}}) \quad \dots \dots \dots (3.1.)$$

- Perhitungan *initial dilution* (S), seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.5.a.
 - Perhitungan nilai *bulk dilution* (S_a), dengan persamaan berikut :

$$Sa = (a1.Cs1.S) + (a2.Cs2.S) \quad \dots \dots \dots \quad (3.2.)$$



- Perhitungan θ yaitu sudut diantara sumbu *buoyant jet* yang bergerak naik dan permukaan air, yang ditunjukkan pada persamaan 2.13.
- Seleksi harga $\frac{lb}{H} > 6.11(1 - \cos\theta)$

Jika seleksi harga masuk dalam range diatas,maka mencari harga L_s dan L_o dengan persamaan berikut :

$$L_s = (a1 \cdot 2 \cdot 12 \cdot H^{3/2} (1 - \cos\theta)^{3/2} \cdot lb^{-1/3}) + (a2 \cdot \frac{1}{\sin\theta} \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot Sa}{3.14 \cdot u}}) \quad (3.3)$$

$$L_o = (a1 \cdot 5.2 \cdot 2.12 H^{3/2} (1 - \cos\theta)^{3/2} * lb^{-1/3}) + (a2 * 2 * \sqrt{\frac{Sa * Q}{2 * u}}) \quad (3.4)$$

Sedangkan jika tidak termasuk dalam seleksi diatas maka mencari harga L_s dengan persamaan berikut :

$$L_s = (a1 \cdot 0.38 \cdot lb) + (a2 \cdot \frac{1}{\sin\theta} \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot Sa}{3.14 \cdot u}}) \quad (3.5)$$

$$L_o = (a1 \cdot 5.2 \cdot 0.38 lb) + (a2 * 2 * \sqrt{\frac{Sa * Q}{2 * u}}) \quad (3.6)$$

- Hitung nilai lebar *plume* /L(x), dengan persamaan 2.18. Untuk nilai x dimulai pada saat x = 0.
- Hitung nilai konsentrasi limbah (Ca), dengan persamaan Ca = Co/Sa.
- Hitung nilai tebal *plume* / Ho, dengan persamaan 2.16.
- Hitung tebal *plume*/ H(x), dengan persamaan 2.17.
- Seleksi harga Rf/ *Richardson Number*, yaitu jika harga Rf ≤ 0.15 , maka persamaan konsentrasi yang digunakan adalah persamaan 2.19. Sedangkan jika harga Rf > 0.15 , maka persamaan yang digunakan adalah persamaan 2.26.



8. Apabila termasuk dalam $H/lb > 10$, langkah selanjutnya adalah :

- Perhitungan jarak horisontal dari lokasi *boil* (x_b), sesuai dengan persamaan 2.7b.
- Perhitungan *initial dilution* (S), seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.5.a.
- Perhitungan nilai *bulk dilution* (S_a), dengan persamaan 2.10b.
- Hitung nilai lebar *plume* pada ujung hilir/ *downstream* dari kontrol volume (L_0), dengan persamaan 2.14.a.
- Hitung nilai lebar *plume* / $L(x)$, dengan persamaan 2.18. Untuk nilai x dimulai pada saat $x = 0$.
- Hitung nilai konsentrasi limbah (C_a), dengan persamaan $C_a = C_0/S_a$.
- Hitung nilai tebal *plume* / H_0 , dengan persamaan 2.16.
- Hitung tebal *plume* / $H(x)$, dengan persamaan 2.17.
- Seleksi harga R_f / *Richardson Number*, yaitu jika harga $R_f \leq 0.15$, maka persamaan konsentrasi yang digunakan adalah persamaan 2.19. Sedangkan jika harga $R_f > 0.15$, maka persamaan yang digunakan adalah persamaan 2.26.

9. Selanjutnya akan hasil perhitungan diatas akan diplotkan pada 2 tampilan grafik yaitu : grafik hubungan antara jarak (m) vs jarak (m) yaitu grafik yang menunjukkan penyebaran polutan kearah lebar *plume* dan grafik hubungan antara jarak (m) vs konsentrasi/ $C(x,y)$ mg/l.

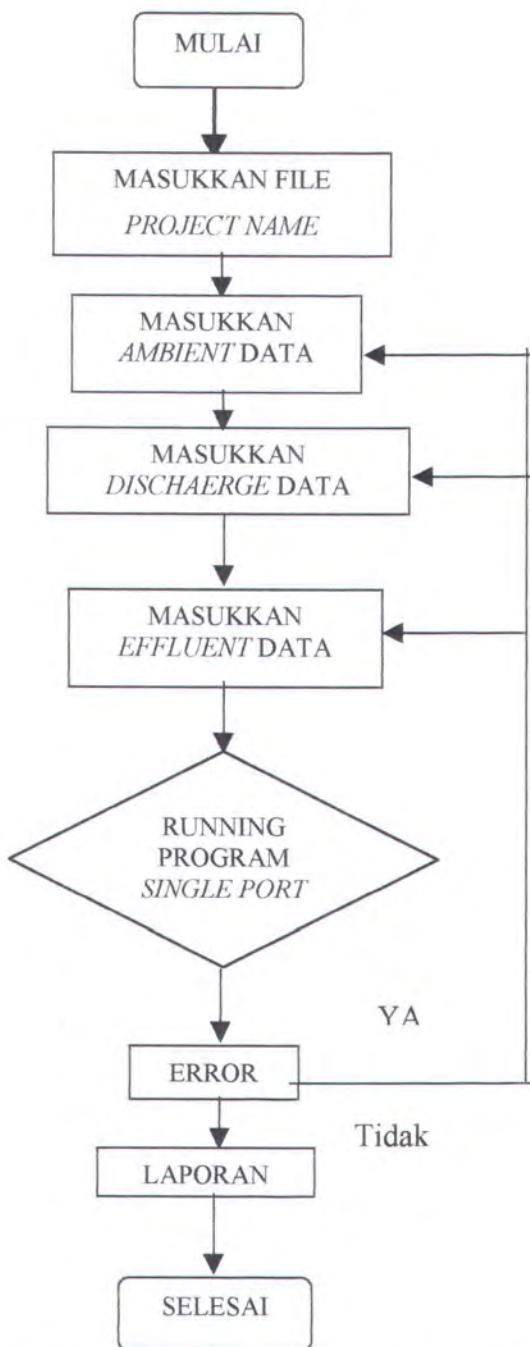


4. Menjalankan program pemodelan *Ocean Outfall*

Yaitu dengan menjalankan program dan melakukan evaluasi terhadap output yang dihasilkan yaitu berupa tampilan grafik yang menunjukkan penyebaran *effluent* searah lebar *plume* maupun grafik konsentrasi maksimum dari suatu *Ocean Outfall* jenis *buoyant Jet*.

5. Analisa Pemodelan dengan CORMIX

Dari data-data lingkungan yang ada/studi kasus maka dilakukan analisa data tersebut dengan menggunakan software CORMIX 1 yaitu menganalisa pemodelan yang berupa penyebaran *effluent* untuk *submerged single port*. Pada halaman berikut adalah Diagram alir untuk penggerjaan pemodelan *ocean outfall tipe buoyant jet tunggal* dengan menggunakan software *CORMIX* adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3. Diagram Alir Pemodelan dengan CORMIX

Penjelasan dari diagram alir diatas adalah :

- Mulai, yaitu membuka software CORMIX.
- Memasukkan nama *project*, tanggal, dll.



- Memasukkan data *ambient* yaitu : Kedalaman laut (H), kecepatan arus, kecepatan angin, kedalaman pembuangan(z).
- Memasukkan data *effluent* yaitu : flowrate limbah, tipe limbah, density limbah.
- Memasukkan data *discharge* yaitu: diameter port, luas port, tinggi port.
- Merunning software dengan *CORMIX1* yaitu analisa untuk *single port*.
- Laporan yaitu berupa kesimpulan dari studi kasus tersebut, serta output dari software ini yaitu berupa grafik hubungan antara jarak (m) vs jarak (m) serta grafik hubungan jarak (m) vs konsentrasi (mg/l).

6. Analisa Hasil

Yaitu dengan membandingkan antara hasil pemodelan yang dibuat dengan menggunakan pemodelan dengan software *CORMIX*. Dari perbandingan tersebut maka hasilnya akan dianalisa.

7. Kesimpulan

Dari analisa hasil tersebut akan dibuat kesimpulan tentang perbandingan antara program pemodelan yang dibuat dengan pemodelan dengan menggunakan *CORMIX*. Dihitung validasi hasil perbandingan antara hasil pemodelan software yang baru dengan pemodelan *CORMIX*.

BAB IV
STUDI KASUS PERENCANAAN OCEAN
OUTFALL JENIS BUOYANT JET TUNGGAL

BAB 4

STUDI KASUS PERENCANAAN OCEAN OUTFALL TIPE BUOYANT JET TUNGGAL

4.1. STUDI KASUS PERENCANAAN OCEAN OUTFALL

Dalam Tugas Akhir ini untuk mendapatkan hasil yang maksimal maka akan dilakukan studi kasus. Adapun data yang digunakan untuk studi kasus ini adalah berdasarkan informasi yang relevant untuk *produced water discharge* dari suatu *Offshore Platform, TheTerra Nova FPSO (Floating Production Storage And Offloading) Vessel*, yang berlokasi di *Grand banks, Newfoundland, Canada*. Alasan dipilih data *Terra Nova* adalah informasi yang didapatkan berhubungan dalam memperkirakan potensial *discharge* dari *produced water*. Selain data diatas maka diambil data lain sebagai studi kasus yaitu : *Teluk Jakarta dan B plant Project*. Data *Teluk Jakarta* ini termasuk dalam *waste water*, sedangkan *B plant project* adalah data untuk pembuangan limbah dari industri, yang berlokasi di perairan Amerika. Dibawah ini adalah spesifikasi data untuk *The Terra Nova Offshore Platform, Teluk Jakarta, dan B plant project*.

4.2. SPESIFIKASI DATA STUDI KASUS

Dibawah ini adalah data spesifikasi untuk perencanaan desain *ocean outfall tipe buoyant jet tunggal* baik data *Terra Nova Project, Teluk Jakarta, dan B Plant Project* yang meliputi :

- Data *ocean outfall* yaitu data yang berkaitan dengan ukuran dari *ocean outfall*.



- *Ambient* Data yaitu data-data yang berkaitan dengan kondisi lingkungan laut disekitar lokasi *ocean outfall*, yang berguna untuk melakukan desain *ocean outfall* yang baik.
- *Effluent* data yaitu data yang berhubungan dengan karakteristik dari limbah yang dibuang lewat *port* dari *ocean outfall*
- *Discharge* data yaitu data yang berhubungan dengan pembuangan limbah yang keluar dari *port* suatu *ocean outfall* tertentu.

Data untuk tiga studi kasus diatas dapat dilihat pada Tabel 4.1. berikut ini :

Tabel 4.1. Spesifikasi Data Studi Kasus

Spesifikasi Data	Terra Nova Project (Studi Kasus I)	Teluk Jakarta (Studi kasusII)	B Plant Project (Studi Kasus III)
1. Data Ocean Outfall			
• Diameter Port (D)	0.305 m	2.99 m	0.2 m
• Tinggi Port (h_o)	3.3 m	5 m	2 m
• Luas Port (A_o)	0.073 m^2	0.073 m^2	0.03 m^2
2. Ambient Data :			
• Kedalaman Laut (H)	10 m	30 m	8 m
• Ked. Pembuangan (z)	10 m	30 m	8 m
• Kecepatan Arus (U_o)	0.14 m/s^2	0.2 m/s^2	0.16 m/s^2
• Kecepatan Angin (V)	2 m/s^2	2 m/s^2	2 m/s^2
• Ambient Density (ρ_a)	1025 Kg/m^3	1025 Kg/m^3	1025 Kg/m^3
3. Effluent Data :			
• Density (ρ_o)	998 Kg/m^3	1000 Kg/m^3	998 Kg/m^3
• Konsentrasi effluent	40 mg/l	50 mg/l	20 mg/l
• Tipe Effluent	Konservative	Konservative	Konservative
4. Discharge data :			
• Flowrate Discharge	$0.212 \text{ m}^3/\text{s}$	$1.53 \text{ m}^3/\text{s}$	$0.28 \text{ m}^3/\text{s}$

Sumber data tersebut di dapat dari :

Desain *Ocean Outfall* untuk *Offshore Platform* “*Terra Nova*” (Mukhtasor, 2001a), Analisa Teknis Perancangan *Ocean Outfall Diffuser* untuk *Teluk Jakarta* (Mohamad H, 1995), User manual of CORMIX (Doneker, Hinton, Jirka, 1996).



4.3. Deskripsi Tentang Software

Software yang dihasilkan pada tugas akhir ini diberi nama *Ocean Outfall*. Software *ocean outfall* ini dibuat dengan tujuan untuk mengembangkan perangkat lunak untuk pemodelan *ocean outfall* jenis *buoyant jet* tunggal. Software untuk pemodelan *ocean outfall* jenis *buoyant jet* tunggal ini dirancang untuk memberikan kemudahan bagi penggunanya. Dimana pengguna hanya diminta untuk memberikan beberapa input data yang diperlukan, setelah itu software akan memberikan output berupa tampilan grafik hubungan antara jarak x (m) dengan jarak y (m) yaitu merupakan grafik penyebaran limbah kearah lebar *plume* dan tampilan grafik hubungan antara jarak (m) vs konsentrasi (mg/l) yaitu menggambarkan konsentrasi maksimum dari limbah. Hasil software tersebut nantinya digunakan sebagai masukkan dalam kegiatan perencanaan *ocean outfall* terutama jenis *buoyant jet* tunggal.

4.3.1. Desain Software *Ocean outfall*

Untuk membuat main program software *ocean outfall* yaitu menggunakan *visual basic versi 6.0*. yang merupakan software aplikasi yang berbasis bahasa program *pascal* yang memiliki fasilitas pembuatan aplikasi visual. *Visual basic 6.0* merupakan perangkat pengembang untuk membangun program berbasis *windows* atau *NT*. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah objek *pascal*. Dengan menggunakan *visual basic 6.0* dapat dihasilkan program aplikasi dengan mudah dan cepat. Adapun sarana yang dapat dibuat dengan *VB 6.0*. antara lain : kotak dialog, tombol, menu, kotak cek, panel, dan lain-lain, yang merupakan ciri khas *windows*. Dan salah satu keuntungan menggunakan pemrograman dengan menggunakan *visual basic* adalah programer dapat memanfaatkan jangkauan dari



V.B 6.0 yang luas dengan *microsoft office* seperti *microsoft excell*, *microsoft word*, *microsoft power point*, *microsoft visio*, dan lain-lain.

Software *ocean outfall* ini didesain dengan tujuan untuk memberikan kemudahan bagi pengguna/*user*, sehingga nantinya software ini akan lebih bermanfaat dalam melakukan perencanaan *ocean outfall* yang baik. Software ini didesain dengan memberikan tampilan-tampilan yang interaktif, yang nantinya akan memberikan kemudahan bagi pengguna.

4.4.2. Kriteria Pemilihan Perumusan Pemodelan

Untuk menyusun program dari software *ocean outfall* ini, perlu memperhatikan beberapa faktor antara lain : perumusan matematis yang digunakan untuk memodelkan *ocean outfall tipe buoyant jet* tunggal serta metode yang digunakan untuk menyelesaikan perumusan matematis tersebut menjadi metode numerik serta pertimbangan-pertimbangan dalam menentukan koefisien model yang sesuai untuk software ini. Dibawah ini akan dijelaskan tentang perumusan matematis yang digunakan dalam pembuatan software (perumusan pemodelan untuk 3 daerah penyebaran terdapat pada bab 2 sedangkan alur kerja program terdapat pada bab 3) :

1. Pemodelan hidrodinamika pada *near field*

- Perumusan matematis untuk memodelkan hidrodinamika pada daerah *near field* yaitu perumusan *centerline initial dilution* menggunakan perumusan Mukhtasor, 2001 yang berbeda dengan perumusan sebelumnya. Keunggulan perumusan *initial dilution* yang dikemukakan oleh Mukhtasor, 2001 adalah :



- Pada daerah near field diasumsikan arus juga berpengaruh, sedangkan untuk perumusan huang et all, Arus tidak diperhitungkan
- Pada daerah far field model memiliki satu parameter yang lebih kecil dibandingkan dengan perumusan initial dilution terdahulu.
- Pada daerah intermediate region yaitu memberikan solusi yang unik dimana perumusan yang dulu kurang begitu akurat.
- Bahwa perumusan yang baru menunjukkan ketepatan hasil yang sama untuk setiap daerah penyebaran
- Perumusan yang terbaru dinyatakan dalam 2 perumusan yaitu perumusan deterministik dan perumusan probabilistik, sehingga akan memberikan kemudahan untuk kita dalam memodelkan dengan aspek probabilistik.
- Selanjutnya untuk memperbaiki perumusan sebelumnya maka dilakukan penelitian lebih lanjut, yaitu dengan melakukan analisa dimensi, maka perumusan *initial dilution untuk near field* seperti pada persamaan 2.5a.
- Penentuan koefisien model untuk pemodelan hidrodinamis pada daerah *near field* yaitu harga C_3 dan C_4 untuk perhitungan lokasi *boil* dalam arah horisontal. Pada software ini digunakan harga untuk model *CORMIX* (Doneker dan Jirka, 1990 dalam Mukhtasor, 2001b). Dimana harga $C_3 = 0.5824$ sedangkan harga $C_4 = 1.0$ (konstan). Pertimbangan yang diambil menggunakan koefisien model *CORMIX* adalah karena koefisien model tersebut telah dilakukan kalibrasi antara data lapangan dan data



laboratorium, sehingga koefisien model *CORMIX* bisa dikatakan telah dapat mewakili hasil penelitian baik di lapangan maupun di laboratorium.

2. Pemodelan Hidrodinamis *Intermediate Region*

- Untuk pemodelan pada daerah *intermediate region* maka pertimbangan penting yaitu dalam menentukan koefisien model Cs_1 dan Cs_2 untuk perhitungan *bulk dilution (Sa)*. Koefisien model *CORMIX* (Wright et al. 1991 dalam Mukhtasor, 2001b) yaitu $Cs_1 = 3 - 5$, maka dalam software ini digunakan harga $Cs_1 = 5$. Dengan pertimbangan setelah dilakukan perhitungan secara manual maka harga $Cs_1 = 5$ maka hasil perhitungan *Bulk dilution* lebih kurang sama dengan hasil *CORMIX*. Sedangkan harga $Cs_2 = 1.5 - 2.0$, maka dalam software ini diambil $Cs_2 = 2$. Dengan pertimbangan setelah melewati hasil perhitungan manual maka harga tersebut lebih kurang mendekati hasil dari *CORMIX*.

3. Pemodelan Hidrodinamis *Far Field*

- Penentuan koefisien model untuk perhitungan tebal *plume/h(x)* yaitu $\alpha = 0.15 - 0.6$, maka dalam *software ocean outfall* nilai $\alpha = 0.6$. Dengan pertimbangan setelah melalui hasil perhitungan manual maka harga tersebut lebih kurang mendekati hasil dari *CORMIX*.
- Penentuan koefisien model untuk perhitungan lebar *plume/L(x)* yaitu $\beta = 0.707 - 1.414$, maka dalam *software ocean outfall* nilai $\beta = 1.414$. Dengan pertimbangan setelah melalui hasil perhitungan manual maka harga tersebut lebih kurang mendekati hasil dari *CORMIX*.
- Perumusan konsentrasi polutan pada titik (x,y) , untuk penyelesaian *error function* pada software ini menggunakan persamaan 2.21.



Dimana untuk perhitungan *error function* dalam software ini dilakukan dengan bantuan analisis *toolpacknya microsoft excel*, yang dihubungkan dengan main program yang dibuat dengan visual basic 6.0. Pemilihan metode ini dengan tujuan untuk memberikan kemudahan dalam pembuatan program, untuk memanfaatkan fasilitas *excel* yang terdapat dalam VB.6.0, serta untuk mendapatkan hasil yang lebih *valid* jika menghitung harga *erf* pada *microsoft excel*.

Setelah memperhatikan faktor-faktor diatas, maka selanjutnya membuat *main program* dengan *visual basic 6.0*, yaitu dengan merubah perumusan matematis baik pada daerah *near field*, *intermediate region*, *far field* diatas menjadi metode numerik, sehingga nantinya dapat diproses oleh *visual basic* (terdapat pada lampiran 2). Dimana *algoritma* pembuatan *software ocean outfall* sesuai dengan *algoritma* pada bab 3, yaitu tentang pembuatan *software ocean outfall*.

4.4.3. Struktur File

Struktur file yang terdapat pada pembuatan *software Ocean Outfall.exe* dengan menggunakan pemograman *visual basic 6.0* dengan nama *project* adalah *my outfall.vbp* ini terbagi atas 2 *folder/bagian utama* yaitu :

1. *Form* yaitu jendela yang bisa diubah-ubah untuk membuat antarmuka program atau jendela yang dilihat sewaktu program sedang berjalan. *Form* ini biasanya mengandung menu, tombol, kotak daftar, dan item-item lain yang bisa dilihat pada program yang berbasis windows lainnya. Pada *my outfall.vbp* terdiri atas 3 *form* yaitu :



- *FrmMain.frm* yang berisi tampilan antarmuka dari software *ocean outfall.exe* yang terdiri atas : Toolbar, baris menu, *project file name* yang semuanya dibuat dengan menggunakan tool atau kontrol yang terdapat pada *toolbox* yaitu kontrol untuk menambah gambar, label, tombol, kotak daftar, menu, dan lain-lain yang terdapat pada *file frmMain.frm (form)* lihat lampiran 1. Sedangkan *file frmMain.frm (code)* ini berisi semua perintah-perintah untuk perhitungan dan pengaturan hasil dari software yang terdiri atas : *Declaration* yang berisi semua program *frmMain.frm (code)* antara lain (lihat lampiran 2) :
- *Find Xll* yaitu berisi program untuk mencari analisa 32.xll yaitu merupakan analisa perhitungan dengan menggunakan microsoft excell yaitu dalam hal ini berguna untuk perhitungan harga *error function (erf)*. Yang mana dalam *library* visual basic tidak tersedia fungsi *erf* maka dengan menambahkan *library* excell pada vb.6.0 maka fungsi *erf* dapat dihitung.
- *Handle New* yaitu berisi program untuk membuat kotak dialog “*NEW*” pada tampilan antar muka software *ocean outfall.exe*.
- *Handle Open* yaitu berisi program untuk membuat kotak dialog “*OPEN*” pada tampilan antar muka software *ocean outfall.exe*.
- *Handle Report Printing* yaitu berisi program untuk mencetak laporan/*report* dari hasil studi kasus tertentu.
- *Handle Save* yaitu berisi program untuk membuat kotak dialog “*SAVE*” pada tampilan antar muka software *ocean outfall.exe*.



- *My Engine* yaitu berisi tentang program perhitungan untuk pemodelan *ocean outfall tipe buoyant jet tunggal*. Dimana perumusan yang dipakai adalah diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu $H/Lb < 0.1$, $0.1 < H/Lb < 10$, $H/Lb > 10$.
 - *Set Print button* yaitu berisi program untuk mengatur perintah *printing/mencetak* pada software *ocean outfall.exe*.
 - *Test Input* yaitu berisi data-data yang akan dirunning dengan menggunakan softaware ini, data tersebut antara lain : H (Kedalaman laut), z (kedalaman pembuangan), Q (*Flowrate* limbah), u (Kecepatan Arus), d (diameter port), ρ (densitas limbah), dan lain-lain.
 - *Write Scale* yaitu berisi program pengaturan skala untuk garfik yang akan ditampilkan yaitu grafik jarak x (m) vs jarak y (m) dan grafik jarak (m) vs konsentrasi (mg/l).
 - *FrmAbaout.frm* yaitu berisi tampilan antarmuka *about* software yang dibuat yaitu *Ocean outfall.exe*, keterangan pembuat software, dan keterangan-keterangan lain. Dapat dilihat pada lampiran 3.
 - *FrmSplash.frm* yaitu berisi tampilan antarmuka, yang akan muncul pertama kali apabila kita klik *ocean outfall.exe*, maka tampilan *splash* ini yang akan muncul pertama kali. Pada tampilan ini memberikan pilihan kepada *user* apakah akan memasuki software maka *user* mengklik tombol *enter* sedangkan jika *user* menghendaki berhenti dari software ini maka klik tombol *cancel*. (lihat lampiran 4).
2. Modul yaitu jendela yang berfungsi untuk mendukung program/*file frame*. File modul dalam *my outfall.vbp* terdiri atas 3 *folder/bagian* yaitu :



- *ModINI.bas* yaitu terdiri atas 2 program utama yaitu (dapat dilihat pada lampiran 5) :
 - *ReadIniFile* yaitu berisi program untuk fungsi membaca *file* yaitu misalnya membaca data pada *form* data kemudian data tersebut akan diolah.
 - *WriteIniFile* yaitu berisi program untuk fungsi menulis *file* yaitu misalnya menulis data pada *form* data kemudian data tersebut dibaca dan selanjutnya akan diolah.
- *ModPublic.bas*. yaitu berisi deklarasi konstanta yang bersifat tetap dalam perhitungan dalam software misalnya koefisien model untuk *near field* (C_3, C_4), *intermediate region* (C_{s1}, C_{s2}), *Far fields* (α, β), *Phi* (3.1415), density air laut = 1025 kg/m^3 , ketetapan gravitasi = 9.81 m/s^2 . Semua program/perintah dalam *fileModINI.bas* terdapat pada *declaration* antara lain terdiri atas : (lihat lampiran 6)
 - *Base Log* yaitu merupakan program untuk menghitung fungsi *log* dari suatu nilai. Dimana program ini dibuat karena fungsi *log* di *visual basic* tidak ada maka perlu dibuat program khusus untuk menghitung harga *base log*.
 - *Power* yaitu merupakan program untuk menghitung harga pangkat dari suatu angka/nilai. Dimana program ini dibuat karena fungsi *power* di *visual basic* tidak ada maka perlu dibuat program khusus untuk menghitung pangkat tertentu.



- *XY Enconder* yaitu merupakan program untuk mengubah/mengkonversi koordinat visual basic/koordinat gambar ke koordinat kartesian.
- *XY Deconder* yaitu merupakan kebalikan dari enconder yaitu untuk mengkonversikan koordinat kartesian ke koordinat gambar/visual basic.
- *ModPrinting.bas* yaitu program yang berfungsi untuk memberikan perintah untuk mencetak setiap baris dari hasil/*report* dari studi kasus yang dilakukan yaitu yang berupa data studi kasus baik data *ambient* data, *effluent* data, *discharge* data, kesimpulan dari analisa data tersebut serta perumusan yang dipakai. (dapat dilihat pada lampiran 7).

Untuk kedua modul ini : ModINI.bas dan ModPrinting.bas, modul ini akan dipanggil oleh *FrmMain.frm* terlebih dahulu sehingga *frmMain.frm* dapat bekerja sesuai dengan aturan.

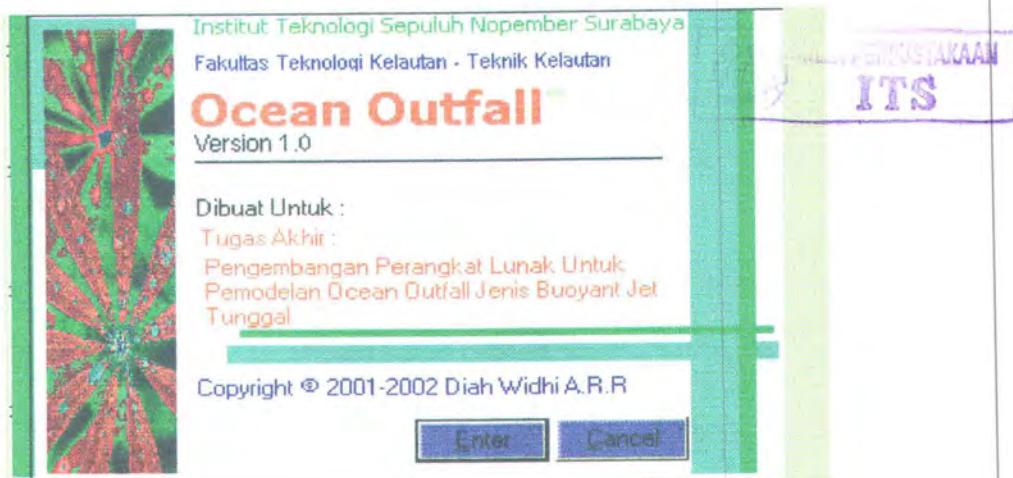
4.4.4. Analisa Studi Kasus Dengan Software *Ocean Outfall*

Data studi kasus untuk *Terra Nova Platform, Teluk Jakarta, dan B plant project*, akan dianalisa dengan menggunakan software *Ocean Outfall*. Berikut ini adalah langkah-langkah analisa studi kasus :

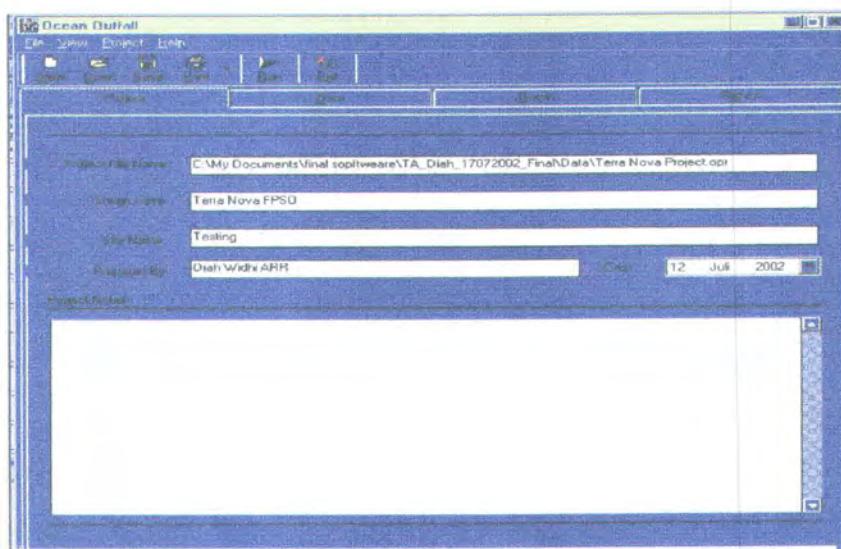
1. Program dibuka dengan membuka *Ocean Outfall.exe*, maka akan tampak tampilan seperti pada Gbr. 4.1. Tampilan pembuka dari *software ocean outfall*, yaitu yang berisi tentang nama software, pembuat, judul tugas akhir,



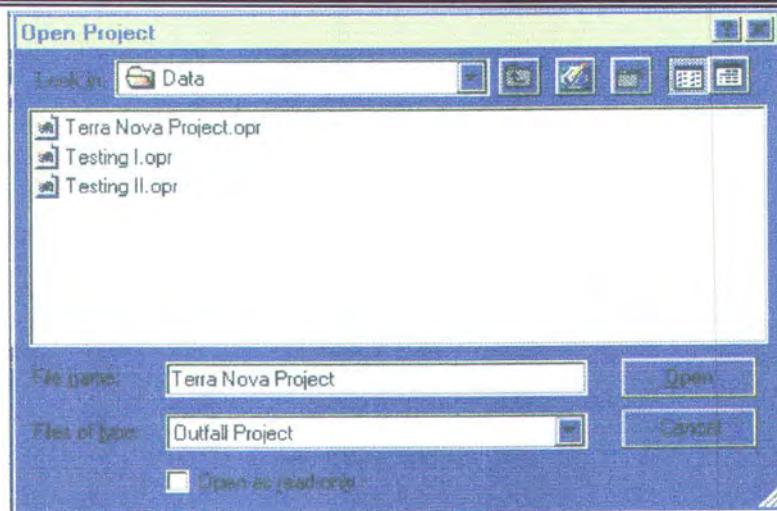
serta pilihan *enter* (jika ingin melakukan analisa dengan *software ocean outfall*) dan *cancel* (pilihan untuk keluar dari *software ocean outfall*). Setelah klik enter, maka akan muncul tampilan utama *software ocean outfall* seperti pada Gbr. 4.2. yang terdiri atas kotak dialog : *new, open, save, print, run, exit*, dan tombol *project, data, graph, report*. Untuk contoh penggisian data studi kasus *terra nova* telah disediakan data utama yang dapat dibuka dari menu *open*, sehingga muncul *folder* data, klik *terra nova.opr*, klik *open* sehingga data studi kasus *terra nova* akan muncul pada *software ocean outfall* seperti pada Gbr 4.3. berikut :



Gambar 4.1. Gambar Tampilan Pembuka *Software Ocean Outfall*

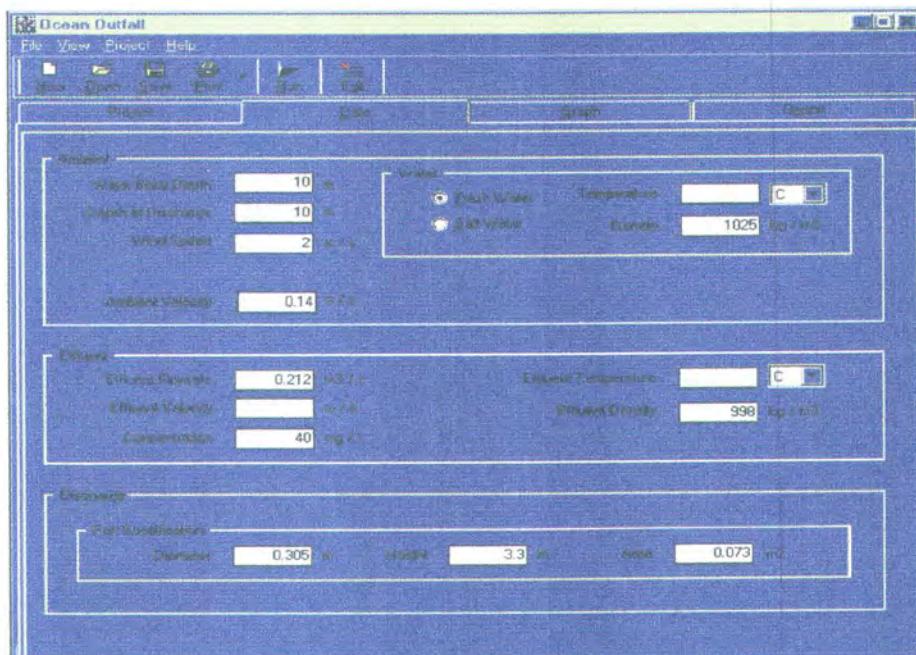


Gambar 4.2. Gambar Tampilan Menu Utama *Ocean Outfall*

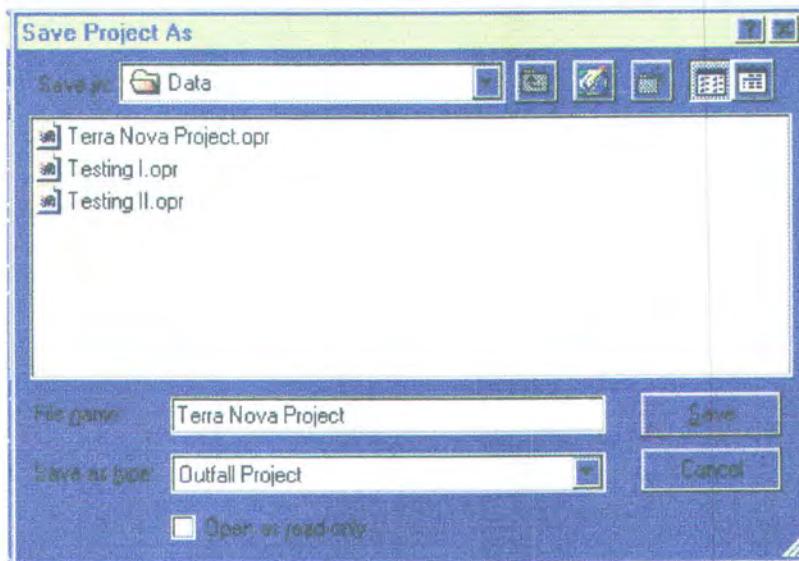


Gambar 4.3. Gambar Tampilan Kotak Dialog *Open Project*

2. Untuk mengisikan input data maka klik tombol data, sehingga akan muncul tampilan data yang harus diisikan oleh *user* yaitu berupa : *ambient data*, *effluent data*, *discharge data*. Tampilannya seperti pada Gbr. 4.4 sedangkan setelah semua data diinputkan pada menu data, maka data studi kasus tersebut dapat disimpan dengan mengklik kotak dialog “*SAVE*” seperti pada Gbr. 4.5 berikut ini :



Gambar 4.4. Gambar Tampilan *Form Data*

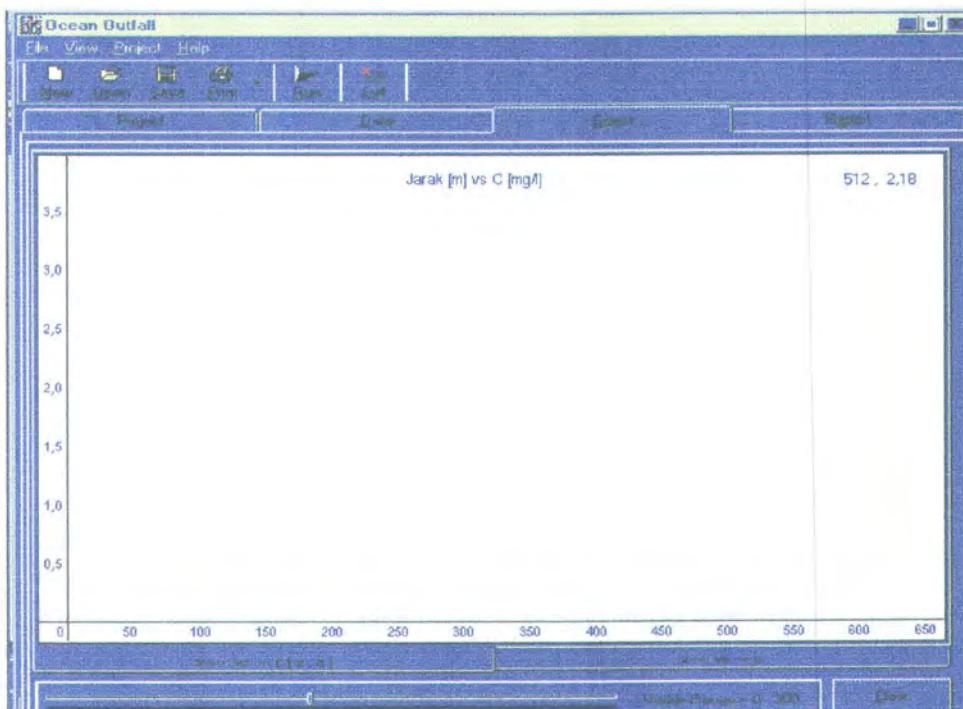


Gambar 4.5. Gambar Tampilan Kotak Dialog “Save”

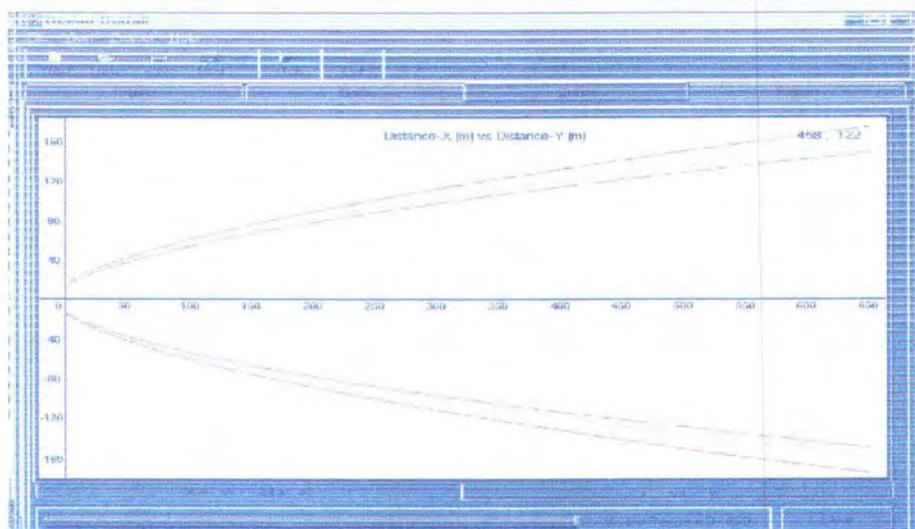
3. Setelah input data dimasukkan, kemudian klik tombol **GRAPH**, sehingga akan muncul tampilan seperti pada Gbr 4.6a untuk tampilan grafik hubungan antara jarak (m) vs C(mg/l) sedangkan Gbr. 4.6b untuk tampilan grafik hubungan antara jarak x (m) vs jarak y (m). Selanjutnya klik tombol **RUN** pada kotak dialog maka data akan diproses sehingga pada *form graph* akan muncul grafik hubungan antara jarak (m) vs jarak (m) dengan mengklik **(x,y)** serta grafik hubungan antara jarak (m) vs $c(x,y)$ mg/l dengan mengklik **C(x,y)** seperti pada Gbr. 4.7. dan Gbr. 4.8 pada halaman berikut :



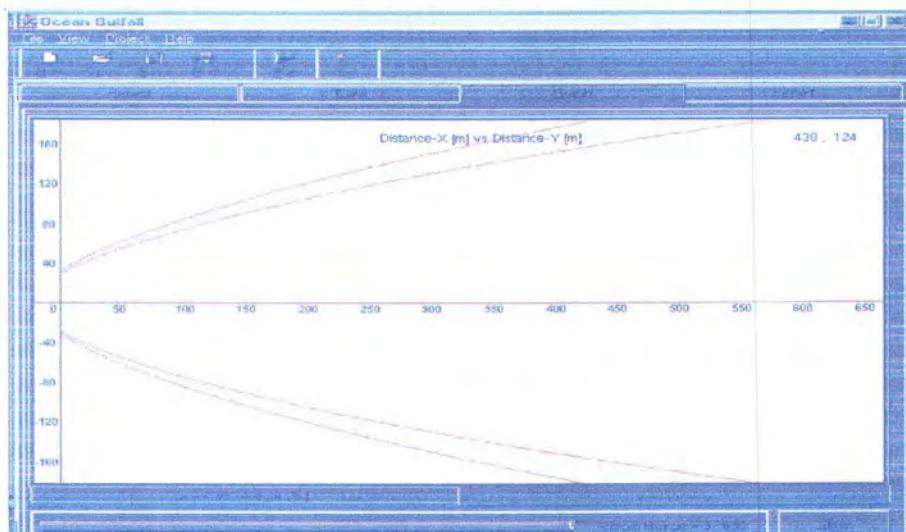
Gambar 4.6.a. Gambar Tampilan kotak dialog *Graph* Grafik hubungan antara Jarak (m) vs Konsentrasi (mg/l)



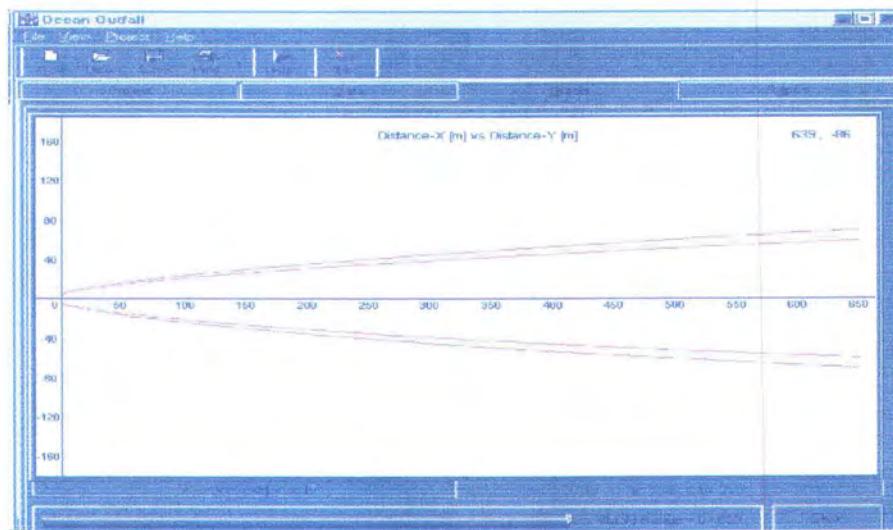
Gambar 4.6.b. Gambar Tampilan Kotak Dialog *Graph* Grafik antara Jarak X (m) vs Jarak Y (m)



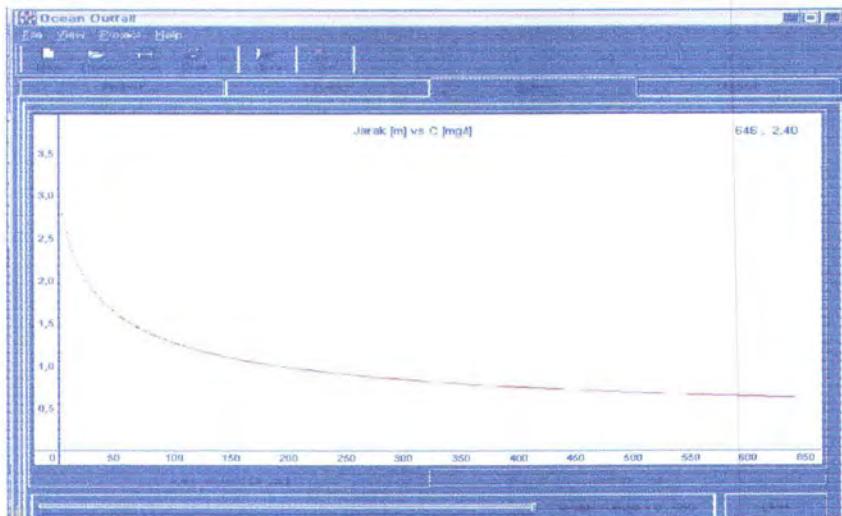
Gambar 4.7a. Gambar Tampilan Grafik jarak (m) vs jarak (m)
(Studi Kasus Terra Nova Platform)



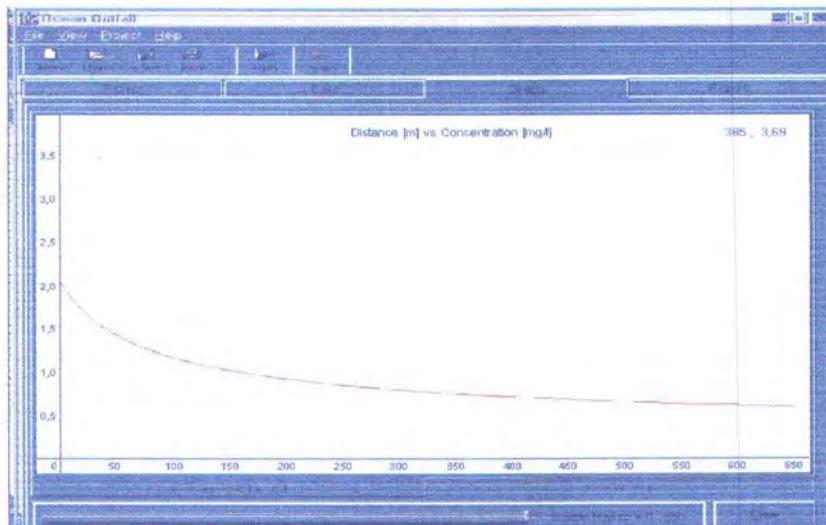
Gambar 4.7b. Gambar Tampilan Grafik jarak (m) vs jarak (m)
(Studi Kasus Teluk Jakarta)



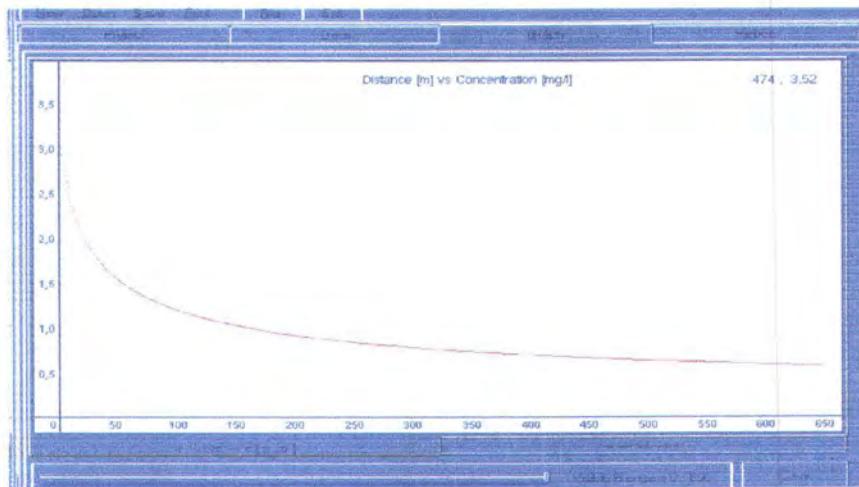
Gambar 4.7c Gambar Tampilan Grafik jarak (m) vs jarak (m)
(Studi Kasus B Plant project)



Gambar 4.8a Gambar Tampilan Grafik Jarak (m) vs C(x,y) mg/l
(Studi Kasus Terra Nova Platform)



Gambar 4.8b Gambar Tampilan Grafik Jarak (m) vs C(x,y) mg/l
(Studi Kasus Teluk Jakarta)



Gambar 4.8 Gambar Tampilan Grafik Jarak (m) vs C(x,y) mg/l
(Studi Kasus B Plant Project)



4. Setelah merunning data dengan menggunakan software *Ocean Outfall*, selanjutnya klik *report* yaitu untuk mengetahui laporan hasil dari data yang telah dirunning dengan menggunakan software *ocean outfall*. Adapun contoh tampilan *report* dari data terra nova seperti pada Gbr. 4.9. berikut ini :

```
=====
Project Properties
-----
Site Name      | Testing
Design Case    | Terra Nova FPSO
Type           | Submerged single part discharges
Date           | 12 Juli 2002
Prepared by    | Diah Widhi ARR
File           | C:\My Documents\final sopftware\TA_Diah_17072002_Final\Data\Terra Nova

=====
Data Properties
-----
:: Ambient Parameter
Water Body Depth      | 10 m
Depth at Discharge    | 10 m
Ambient Velocity       | 0.14 m/s
Wind Speed              | 2 m/s
Ambient Density         | 1025 kg/m3

:: Discharge Parameter
Discharge Flowrate     | 0.212 m3/s
Discharge Concentration | 40 mg/l
Discharge Density       | 998 kg/m3
Port Diameter           | 0.305 m
Port Area                | 0.073 m2
Port Height              | 3.3 m

:: Environmental Length Scale
Lb                      | 19,9646 m
Lo                      | 31,1054 m
Ho                      | 3,911514 m

=====
Summary
-----
:: Ocean Outfall Class Model
Intermediate Region ( 0.1 <= H / Lb <= 10 )

=====
End of Report
-----
```

Gambar 4.9. Gambar Tampilan *Report* untuk studi kasus *Terra Nova*



4.4.5. Penjelasan Hasil Program

Setelah melakukan analisa data dengan menggunakan software *ocean outfall*, maka kita akan mendapatkan output berupa grafik seperti pada Gbr. 4.7 dan 4.8. Dari grafik hubungan antara jarak x (m) vs jarak y (m) yaitu grafik penyebaran limbah kearah lebar *plume* maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penyebaran limbah dimulai pada titik (0,0) yaitu letak *port/pipa outfall*.
2. Terjadinya dispersi pada daerah *far field* yaitu dapat diketahui dari perhitungan lebar *plume* (Lo). Dimana dari hasil report menunjukkan bahwa $Lo = 31.1054$ m, sehingga dicocokkan dengan Gbr. 4.7a, maka dispersi pada daerah *far field* terjadi pada saat $x = 27$ m.
3. Penyebaran limbah pada daerah *near field* $x = 0 - 27$ m, sedangkan *dispersi far field* dimulai pada saat $x = 27$ m .

Dari hasil analisa studi kasus untuk data *Terra Nova* diatas maka, dengan menggunakan software *ocean outfall.exe* ini, para pengguna/user akan mendapatkan keuntungan antara lain :

1. Memberikan kemudahan dalam menjalankan software. Karena software *ocean outfall.exe* ini tersedia kotak dialog yang menunjukkan urutan proses yaitu mulai nama *project* sampai *graph (output)*.
2. Pada software *ocean outfall.exe* ini pengisian data langsung dilakukan dalam satu *form*, sehingga input data akan dapat dilakukan dengan efektif dan efisien.
3. Tampilan-tampilan pada software *ocean outfall* akan lebih mudah untuk dimengerti karena didesain untuk menghasilkan tampilan yang interaktif.



4. Mendapatkan masukan awal untuk perencanaan *ocean outfall tipe buoyant jet* tunggal sehingga nantinya didapatkan desain yang terbaik. Sehingga dari output grafik penyebaran kearah lebar *plume* tersebut akan berguna untuk memprediksi terjadinya *mixing zone*.
5. Software *ocean outfall.exe* ini telah mengakomodasi perumusan terbaru tentang *initial dilution* pada daerah *near field* yang dikemukakan oleh Mukhtasor, 2001. Dimana perumusan ini berbeda dengan perumusan yang telah terdahulu yang dikemukakan oleh Huang et al,1998, perumusan *initial dilution* yang terbaru, menyajikan pemodelan berdasarkan analisa *length scale* yang dikombinasi dengan hipotesis *additive entrainment* dan pemodelan regresi non linier. Pendekatan ini disajikan lebih sistematik dan lebih dapat dibenarkan daripada pemodelan terdahulu, dengan 2 alasan utama yaitu :
 - Penyelesaiannya pemodelan dilakukan secara objektif
 - Pengaruh *ambient current* pada daerah *near field* juga diperhitungkan.Penelitian ini juga menggunakan data percobaan yang baru dan kontinue sehingga perumusan *initial dilution* ini mengusulkan dan membandingkan dengan model yang telah tersedia. Selain perumusan *initial dilution* ini disajikan dalam pemodelan deterministik dan probabilistik.
6. Analisa dalam software *ocean outfall.exe* ini berbeda dengan *CORMIX* yaitu besarnya konsentrasi untuk tiap-tiap titik berbeda-beda, sedangkan dalam *CORMIX* tiap titik besarnya konsentrasi dianggap sama.

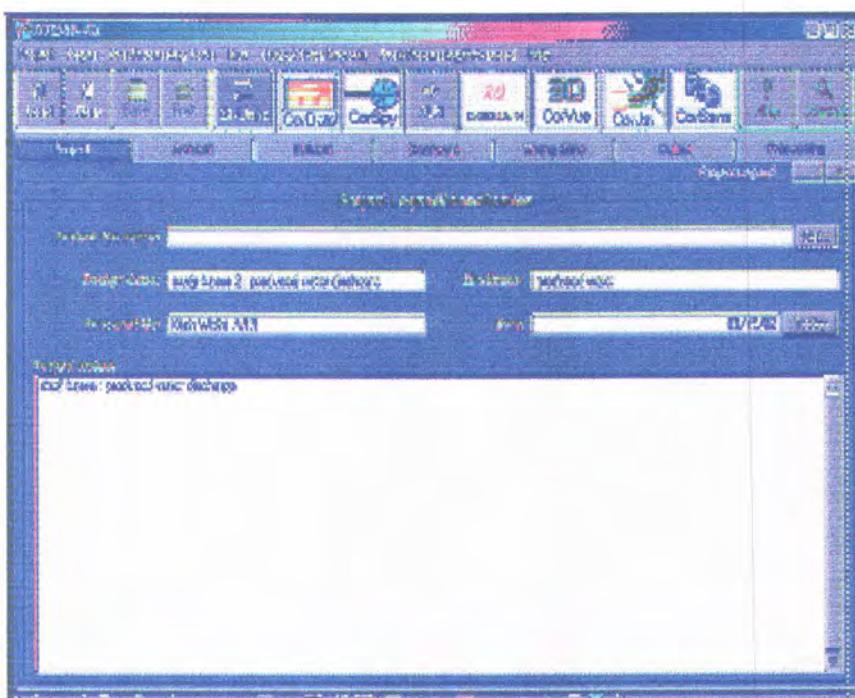
4.5. Analisa Studi Kasus Dengan Software CORMIX GI

CORMIX (*Cornell Mixing Zone Expert System*) adalah software untuk menganalisa, memprediksi, dan mendesain penyebaran limbah cair pada suatu



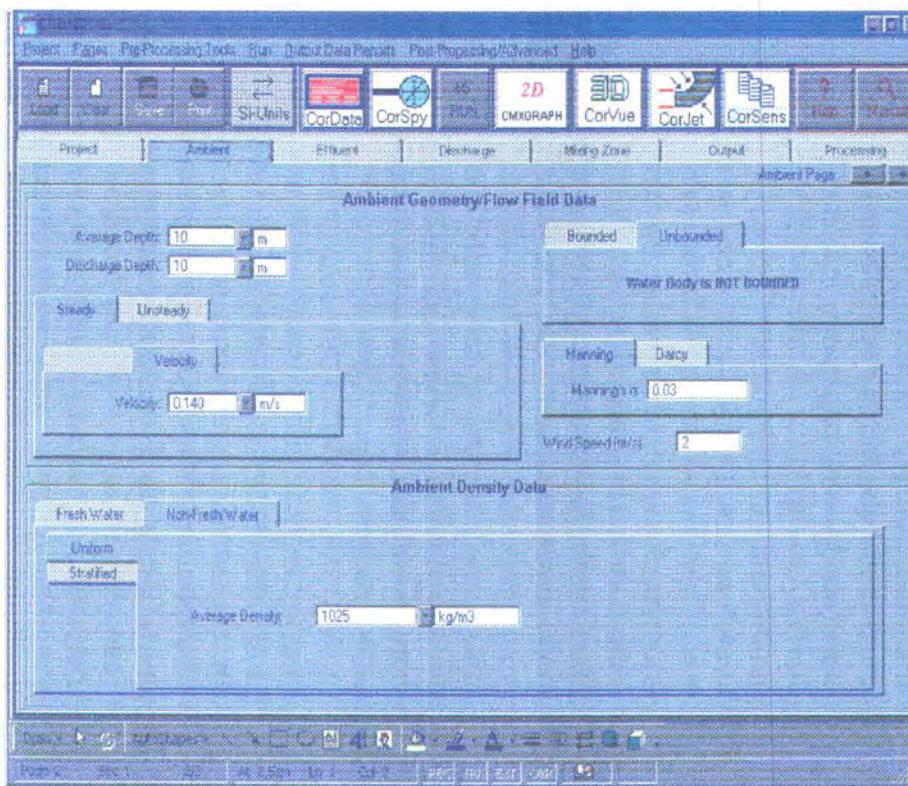
perairan. Sehingga dengan adanya Software ini sangat membantu dalam hal perencanaan sebuah *ocean outfall*. Analisa dengan menggunakan software CORMIX hanya dilakukan untuk pemodelan *Single port design (CORMIX1)*. Dibawah ini adalah langkah-langkah penggerjaan pemodelan *ocean outfall tipe buoyant jet tunggal* dengan menggunakan software CORMIX 1 adalah sebagai berikut :

1. Membuka program CORMIX maka akan tampak tampilan *form project file name* yang berisi nama file, design kasus, disiapkan oleh, label dan tanggal seperti pada Gbr. 4.10. berikut:



Gambar 4.10. Tampilan Form Project

2. Memasukkan data yang telah dijelaskan diatas pada *form ambient data* (yaitu dengan mengklik tombol *ambient data*). Tampilan tersebut merupakan *form input data* untuk kondisi *ambient* seperti pada Gbr. 4.11. pada halaman berikut :

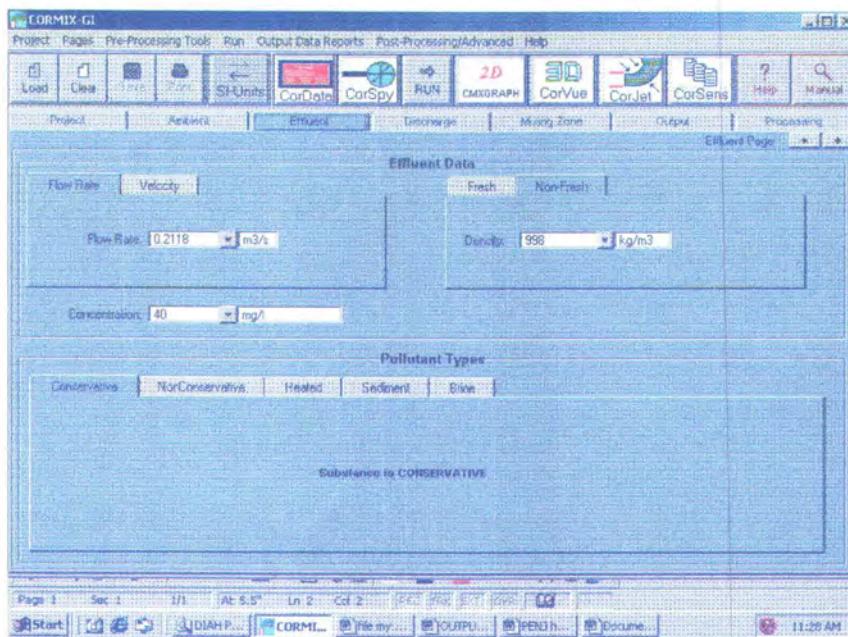


Gambar 4.11. Tampilan Form Ambient Data

Adapun data yang harus di masukkan adalah :

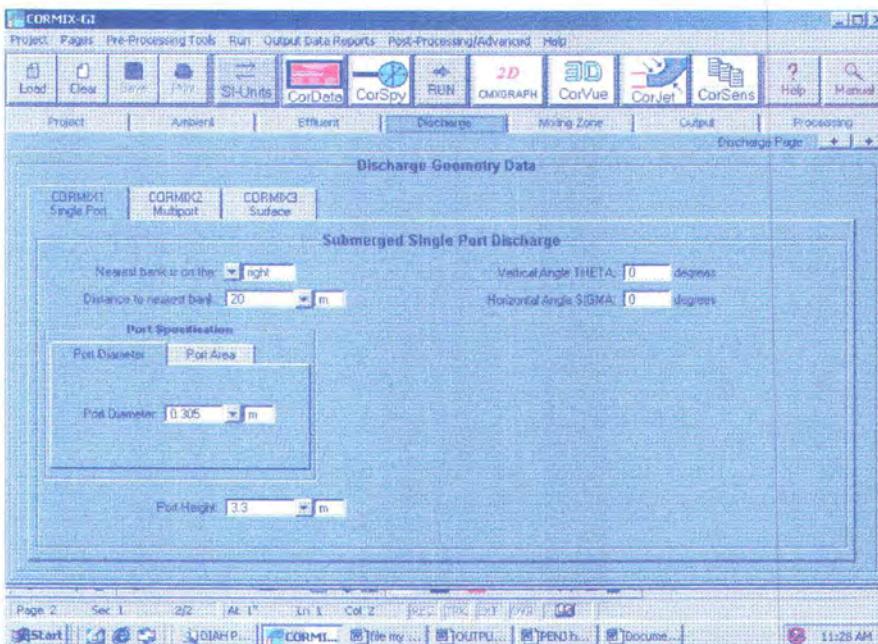
Kedalaman laut, kedalaman pembuangan, kecepatan aliran *steady, unbounded, density*, kecepatan angin.

3. Memasukkan data limbah pada *form effluent data* (dengan mengklik tombol *effluent data*). Pada halaman berikut ini, Gbr. 4.12. adalah tampilan form *effluent*:



Gambar 4.12. Tampilan Form Effluent Data

4. Memasukkan data pembuangan pada *form discharge data* (dengan mengklik tombol *discharge data*). Dibawah ini contoh tampilan *form discharge data* seperti pada Gbr. 4.13. berikut ini :

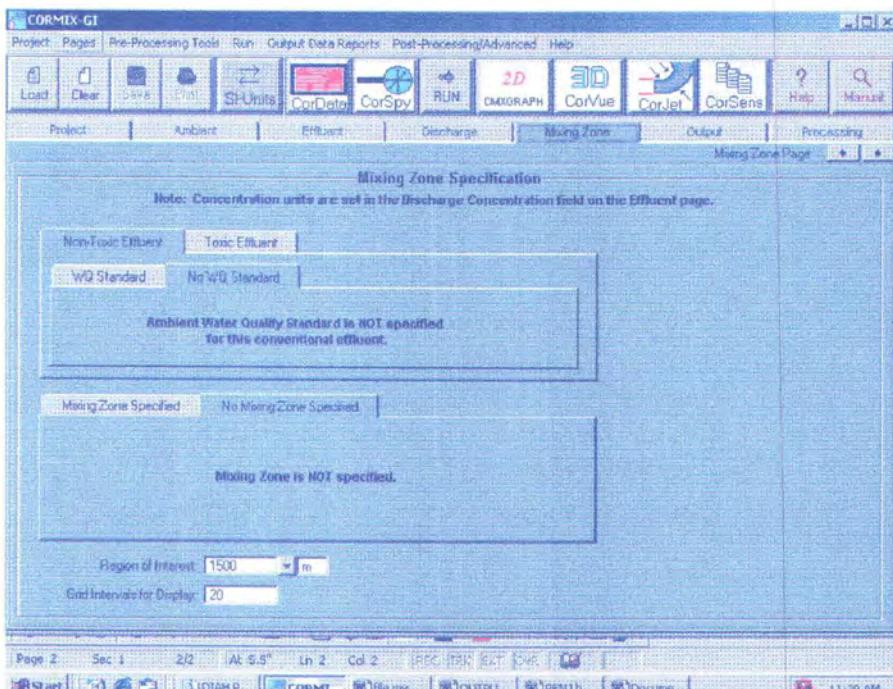


Gambar 4.13. Tampilan Form Discharge Data



Adapun data-data yang harus dimasukkan dalam *form discharge* data adalah Letaknya, jarak, diameter pipa, tinggi pipa, dan sudut.

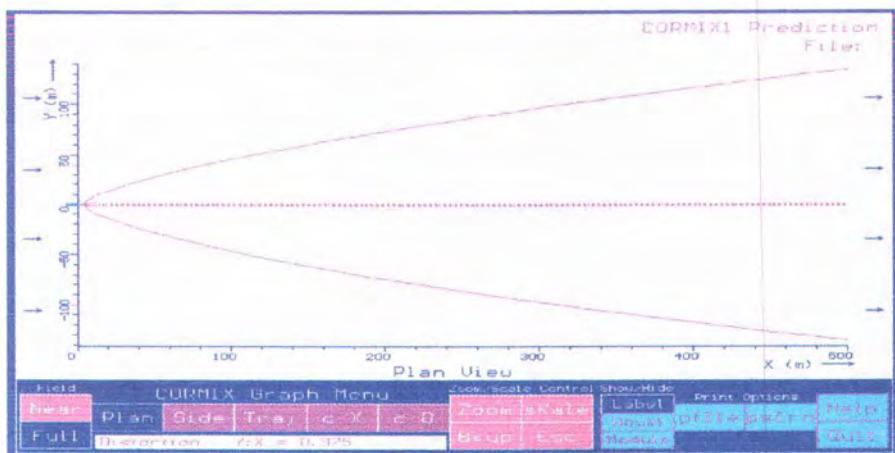
5. Memasukan data *mixing zone* pada *form mixing zone* (dengan mengklik tombol *mixing zone*). Dibawah ini adalah contoh tampilan *form mixing zone* dan pengisian data seperti pada Gbr. 4.14. berikut ini :



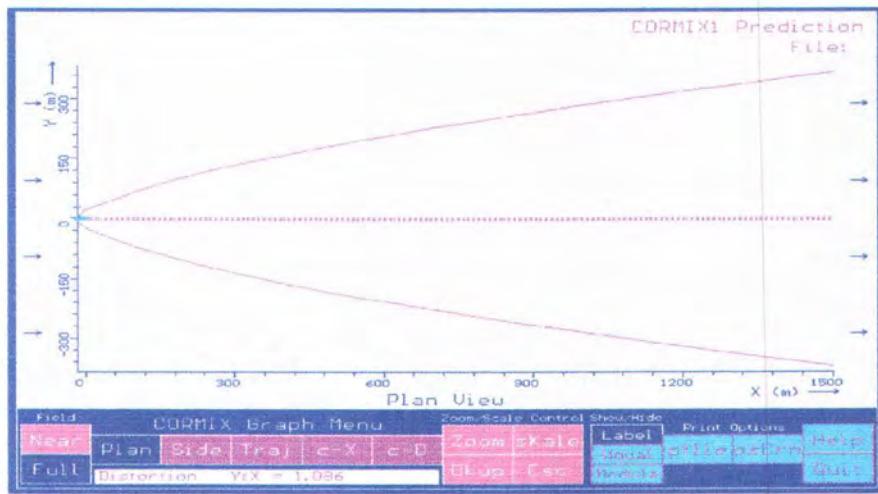
Gambar 4.14. Tampilan Form Mixing Zone Data

Adapun data-data yang harus dimasukkan dalam *mixing zone* data adalah *non toxic effluent*, tidak ada spesifikasi khusus dari *mixing zone*.

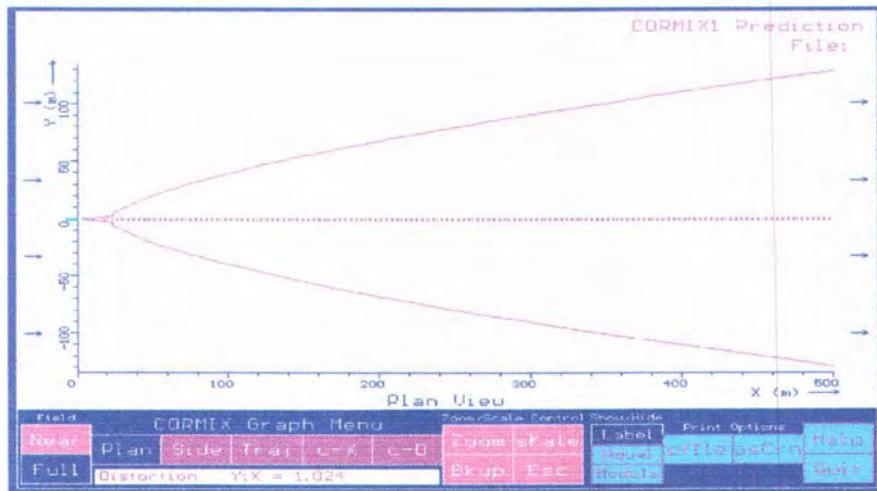
6. Langkah selanjutnya adalah merunning data-data tersebut dalam *form 2D CMXGRAPH*. Sehingga akan tampak tampilan pemodelan penyebaran limbah untuk *full (near-farfield)* dan grafik konsentrasi, *report* seperti pada Gbr. 4.15., Gbr. 4.16, Gbr. 4.17. berikut ini :



Gambar 4.15.a Gambar grafik jarak (m) vs Jarak (m)
(Studi Kasus Terra Nova)



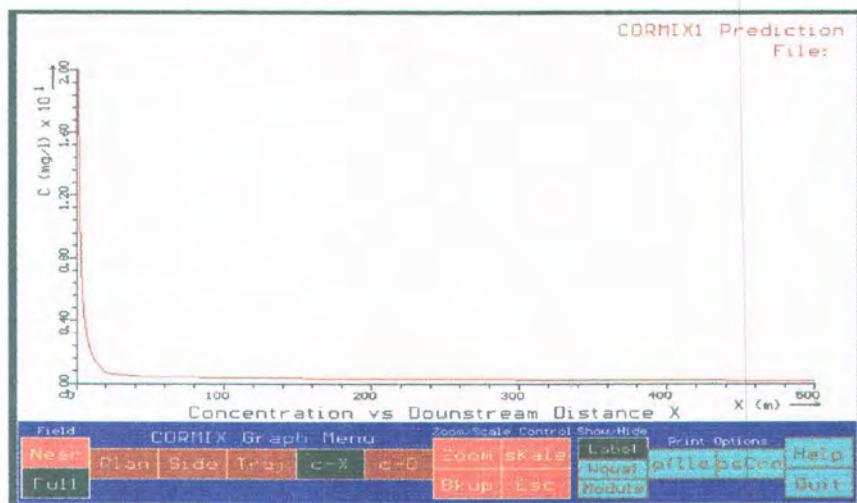
Gambar 4.15.b Gambar grafik jarak (m) vs Jarak (m)
(Studi Kasus Teluk Jakarta)



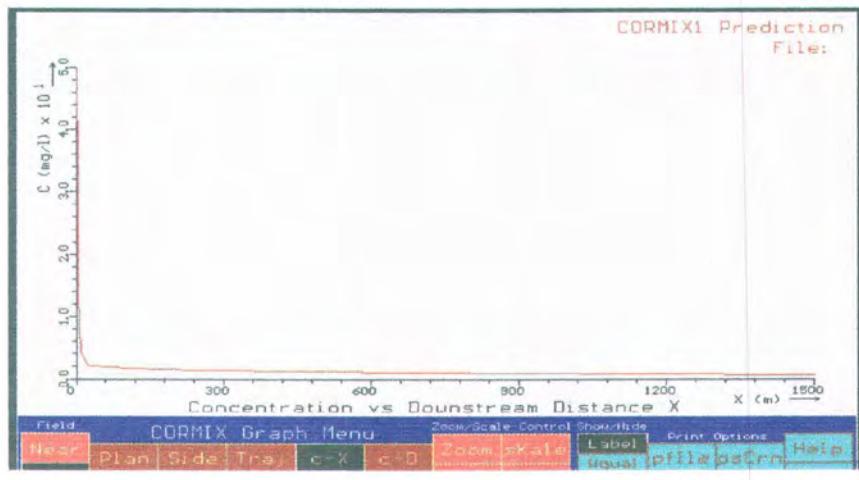
Gambar 4.15.c Gambar grafik jarak (m) vs Jarak (m)
(Studi Kasus B Plant Project)



Gambar 4.16a. Gambar konsentrasi vs Downstream Distance X
(Studi kasus Terra Nova)



Gambar 4.16b. Gambar konsentrasi vs Downstream Distance X
(Studi kasus Teluk Jakarta)



Gambar 4.16c. Gambar konsentrasi vs Downstream Distance X
(Studi kasus B Plant Project)



CORMIX SESSION REPORT:

XX

CORMIX: CORNELL MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX-GI Version 4.1E

SITE NAME/LABEL:

DESIGN CASE:

FILE NAME:

UNSET.prd

Using subsystem CORMIX1: Submerged Single Port Discharges

Start of session: 07/29/2002--08:42:35

SUMMARY OF INPUT DATA:

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section	= unbounded
Average depth	HA = 10 m
Depth at discharge	HD = 10 m
Ambient velocity	UA = 0.14 m/s
Darcy-Weisbach friction factor	F = 0.0328
Calculated from Manning's n	= 0.03
Wind velocity	UW = 2 m/s
Stratification Type	STRCND = U
Surface density	RHOAS = 1025 kg/m^3
Bottom density	RHOAB = 1025 kg/m^3

DISCHARGE PARAMETERS:

Submerged Single Port Discharge

Nearest bank	= left
Distance to bank	DISTB = 1500 m
Port diameter	DO = 0.305 m
Port cross-sectional area	AO = 0.0731 m^2
Discharge velocity	UO = 2.90 m/s
Discharge flowrate	QO = 0.212 m^3/s
Discharge port height	HO = 3.3 m
Vertical discharge angle	THETA = 0 deg
Horizontal discharge angle	SIGMA = 0 deg
Discharge density	RHO = 998 kg/m^3
Density difference	DRHO = 27 kg/m^3
Buoyant acceleration	GPO = 0.2583 m/s^2
Discharge concentration	CO = 40 mg/l
Surface heat exchange coeff.	KS = 0 m/s
Coefficient of decay	KD = 0 /s

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

LQ = 0.27 m	Lm = 5.60 m	Lb = 19.96 m
LM = 2.97 m	Lm' = 99999 m	Lb' = 99999 m

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Port densimetric Froude number	FRO = 10.34
Velocity ratio	R = 20.73

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge	= no
Water quality standard specified	= no



```
Regulatory mixing zone = no
: Region of interest = 500 m downstream
*****
HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:
+-----+
| FLOW CLASS = H4-O |
+-----+
: This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water
depth at the discharge site.
: Applicable layer depth = water depth = 10 m
*****
MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:
: Origin is located at the bottom below the port center:
: 1500 m from the left bank/shore.
: Number of display steps NSTEP = 20 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :
Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory
implication. However, this information may be useful for the discharge
designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the
discharge design conditions.
Pollutant concentration at edge of NFR = 1.4693 mg/l
Dilution at edge of NFR = 27.2
NFR Location: x = 18.35 m
(centerline coordinates) y = 0 m
```

Gambar 4.17. Gambar Tampilan Report Studi Kasus (CORMIX)

4.6. Validasi Software *Ocean Outfall*

Dari data studi kasus untuk desain *ocean outfall* untuk *Terra Nova Platform* setelah di *running* dengan menggunakan *Software Ocean Outfall*, maka untuk *validasi* maka hasilnya akan dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu yaitu dalam hal ini menggunakan software *CORMIX*. Dalam tugas akhir ini hanya dilakukan validasi terhadap software *CORMIX* saja, dengan alasan bahwa pembuatan software *CORMIX* terutama *CORMIX 1* sudah dilakukan kalibrasi yaitu antara data lapangan dan data laboratorium. Dimana dari hasil perbandingan tersebut menunjukkan bahwa *CORMIX 1* adalah suatu sistem pemodelan untuk memprediksi *mixing* dari pembuangan pipa tunggal/*single port discharge* pada berbagai kondisi. Dari hasil validasi, dinyatakan bahwa *CORMIX 1* mendekati kebenaran dan sudah cukup akurat dalam hal :



- Keandalan sistem ditunjukkan pada konfigurasi aliran yang akan terjadi untuk kondisi lingkungan sebelum simulasi model di lakukan.
- Keakuratan sistem adalah $\pm 50\%$ untuk definisi spasial dari *flow zones* (trayektori, lebar, dll) dan untuk mengetahui besarnya konsentrasi..

Untuk validasi ini ditekankan pada perbandingan data /model pada daerah *near field* pada daerah pembuangan. Ditekankan bahwa *CORMIX 1* sebagai alat untuk memprediksi untuk analisa *mixing zone*. Jadi dengan menggunakan *CORMIX 1* maka memprediksi pemodelan baik menggunakan data lapangan dan data laboratorium. Salah satu keunggulan dari *CORMIX 1* adalah untuk memperbarui, memperkirakan validasi ilmu dasar, dan kemampuan dasar dari sistem sehingga informasi menjadi tersedia. Dibawah ini adalah validasi software *ocean outfall* jika dibandingkan dengan *CORMIX* adalah sebagai berikut :

4.6.1. Perbandingan Grafik Jarak (m) dengan Jarak (m)

Dari hasil perhitungan data dengan menggunakan kedua software yaitu *CORMIX* dan *Ocean Outfall* maka hasil penyebaran limbah kearah lebar *plume* ditunjukkan pada Tabel 4.2. pada halaman berikut:

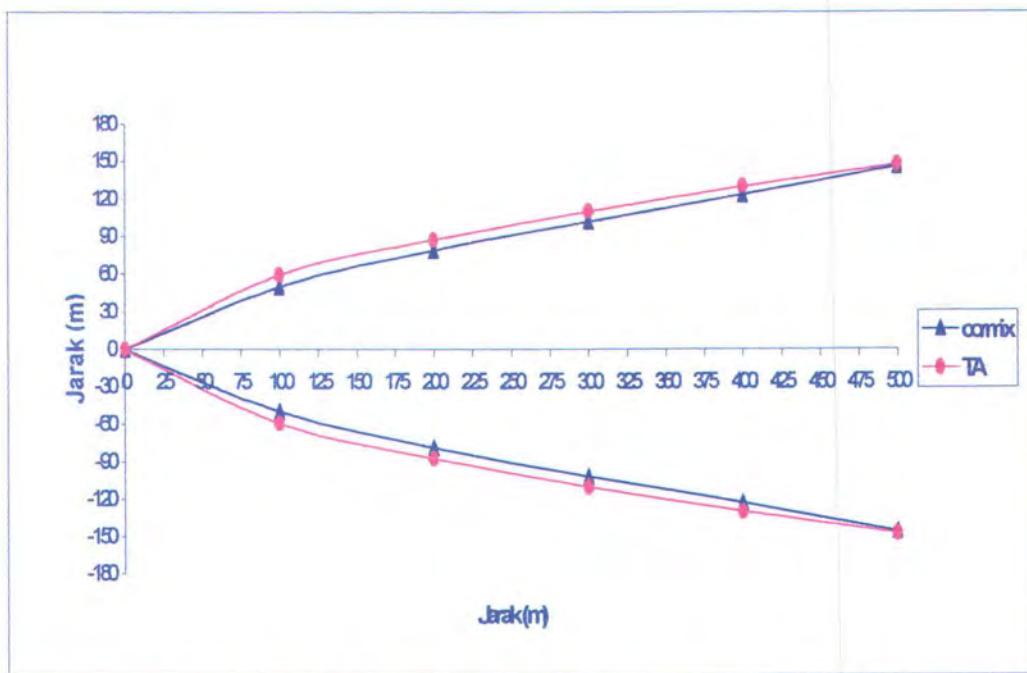
Tabel 4.2. Perbandingan Grafik Jarak (m) vs Jarak (m)

Sumbu X	Sumbu Y (CORMIX)	Sumbu Y (Ocean Outfall.exe)
0	0	0
100	50	59.5
100	-50	-59.5
200	78.8	87.5
200	-78.8	-87.5
300	102	110

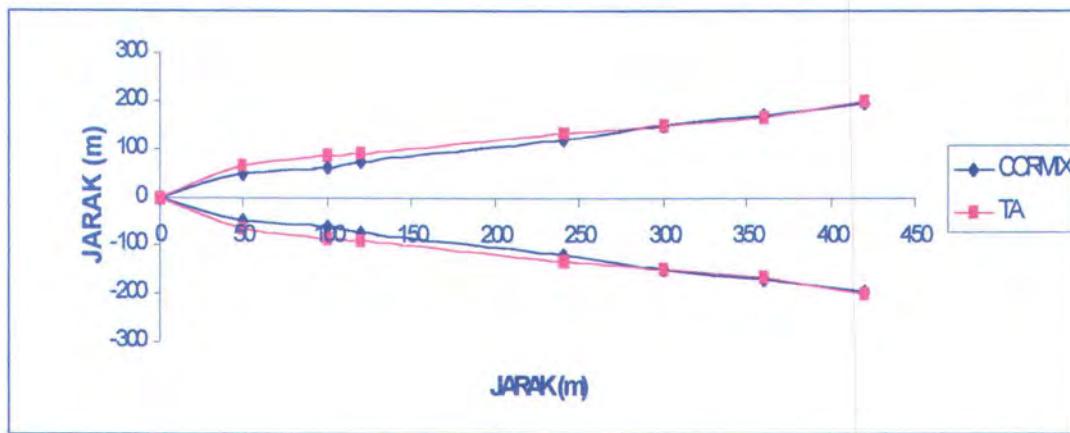


300	-102	-110
400	122.9	130
400	-122.9	-130
500	146.3	147.5
500	-146.3	-147.5

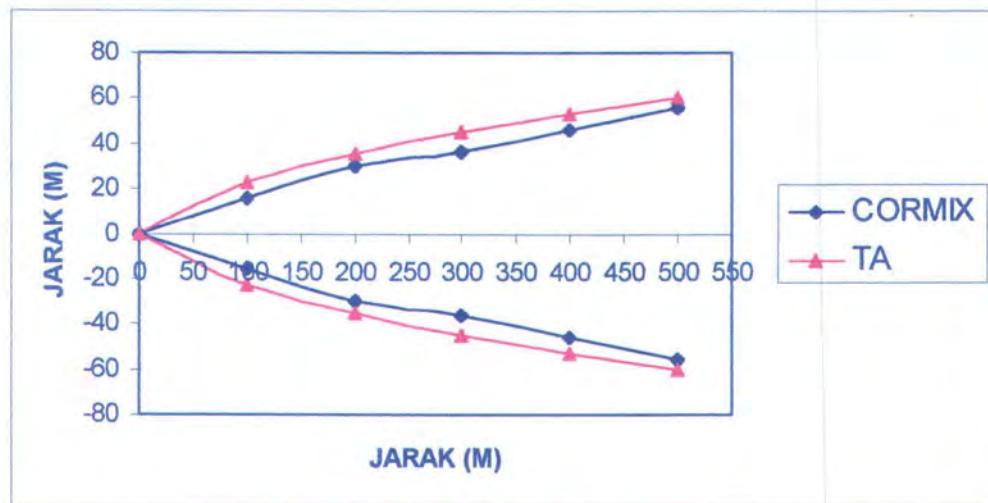
Dari Tabel 4.2. tersebut akan dibuat grafik perbandingan antara hasil dari software CORMIX dan *Ocean Outfall* (untuk studi kasus *Terra Nova*) seperti pada Gbr. 4.18a, sedangkan dengan cara yang sama seperti diatas maka grafik perbandingan CORMIX dan *Ocean Outfall.exe* untuk studi kasus *Teluk Jakarta* dan *B Plant Project* seperti pada Gbr 4.18b, 4.18c. berikut :



Gambar 4.18a. Grafik Perbandingan Jarak (m) vs Jarak (m)
Antara CORMIX dan *Ocean Outfall.exe* (Studi Kasus *Terra Nova*)



Gambar 4.18b. Grafik Perbandingan Jarak (m) vs Jarak (m)
Antara CORMIX dan Ocean Outfal.exe (Studi Kasus Teluk Jakarta)



Gambar 4.18c. Grafik Perbandingan Jarak (m) vs Jarak (m)
Antara CORMIX dan Ocean Outfall.exe (Studi Kasus B Plant Project)

Gbr. 4.18. menunjukkan penyebaran *centerline* dari polutant yang keluar dari *port ocean outfall* untuk analisa CORMIX dan Ocean Outfall.exe (TA). Dimana antara analisa hasil kedua software terjadi selisih yang kecil dan menunjukkan kecenderungan hasil yang sama. Perhitungan prosentase nilai *error* antara hasil CORMIX dan Ocean Outfall.exe (TA) adalah :



$$error(\%) = \frac{TrueValue - ApproximateValue}{TrueValue} \times 100\% \quad \dots\dots(4.1)$$

Keterangan :

$$TrueValue(CORMIX) = (50+78.8+102+122.9+146.3)/5 = 500/5 = 100$$

$$Approximatevalue(OceanOutfall) = (59.5+87.5+110+130+147.5)/5 = 534.5/5 = 106.9$$

$$Error (\%) = (100-106.9/100) \times 100\%$$

$$= 0.069 \times 100\%$$

$$= 6.9\%$$

Dari hasil perhitungan *validasi software CORMIX* dengan prosentase *error* = 6.9%, maka hasil perhitungan tugas akhir ini sudah cukup layak untuk digunakan dalam analisa dan pengambilan kesimpulan yang sesuai dengan batasan-batasan yang diberikan dalam tugas akhir ini dan software *ocean outfall.exe* ini sudah *valid* untuk digunakan dalam mendesain suatu *ocean outfall tipe buoyant jet tunggal*. Dari hasil perhitungan dispersi pada daerah *far field* pada = 27 m dari lokasi *boil*. Sedangkan pada pemodelan *CORMIX* memperkirakan ujung dari *near field* = 27.2 m. Terdapat Prosentase selisih harga sekitar $(27.2-27/27.2) \times 100\% = 0.74\%$.

4.6.2. Perbandingan Grafik hubungan antara jarak (m) vs c(x,y) mg/l

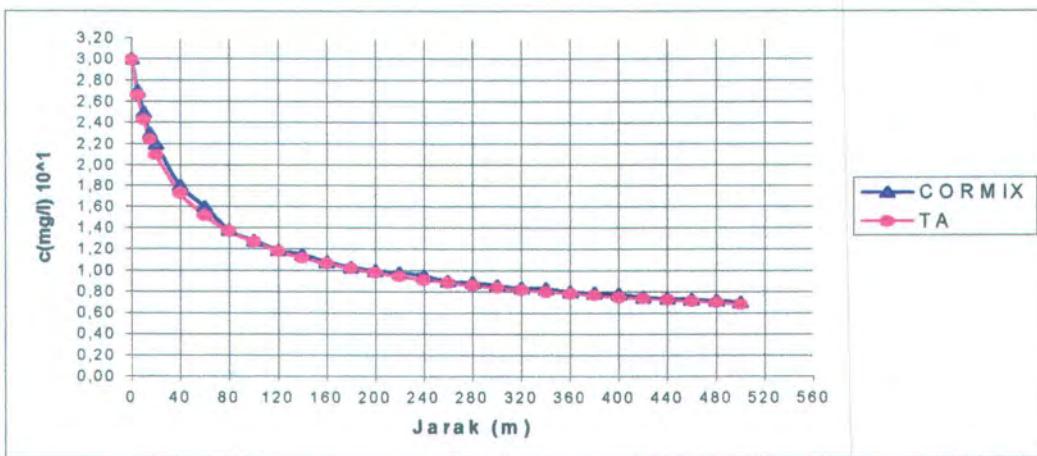
Dari hasil perhitungan/hasil analisa dari software *CORMIX* dengan *Ocean Outfall.exe* maka hasilnya terdapat pada Tabel 4.3. berikut ini :



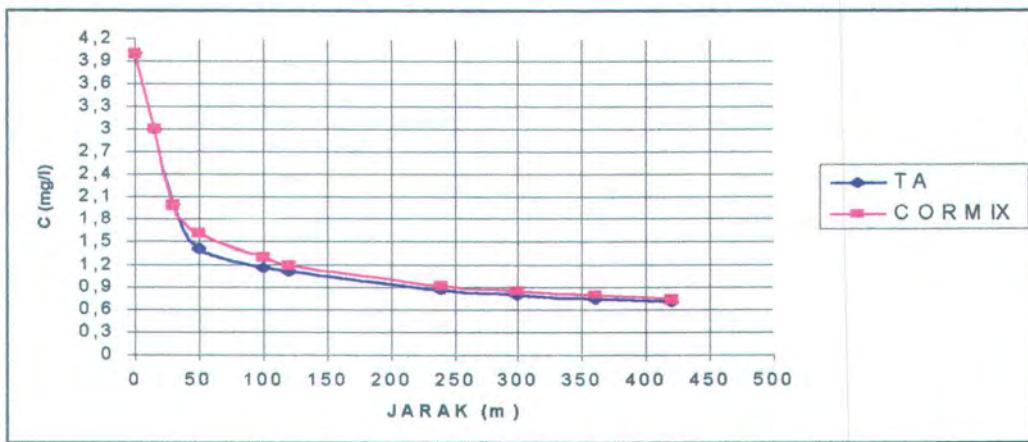
Tabel 4.3. Perbandingan antara Jarak (m) vs C (mg/l)

Sumbu X	Sumbu Y CORMIX	Sumbu Y Ocean Outfall.exe
0	3,00	2.99
5	2,70	2.66
10	2,50	2.43
15	2,30	2.24
20	2,20	2.09
40	1,80	1.73
60	1,60	1.52
80	1,38	1.38
100	1,28	1.27
120	1,19	1.18
140	1,15	1.12
160	1,08	1.07
180	1,03	1.02
200	1,00	0.98
220	0,98	0.95
240	0,95	0.92
260	0,90	0.89
280	0,89	0.86
300	0,86	0.84
320	0,84	0.82
340	0,83	0.80
360	0,80	0.78
380	0,79	0.77
400	0,78	0.75
420	0,75	0.74
440	0,74	0.72
460	0,73	0.71
480	0,72	0.7
500	0,70	0.68

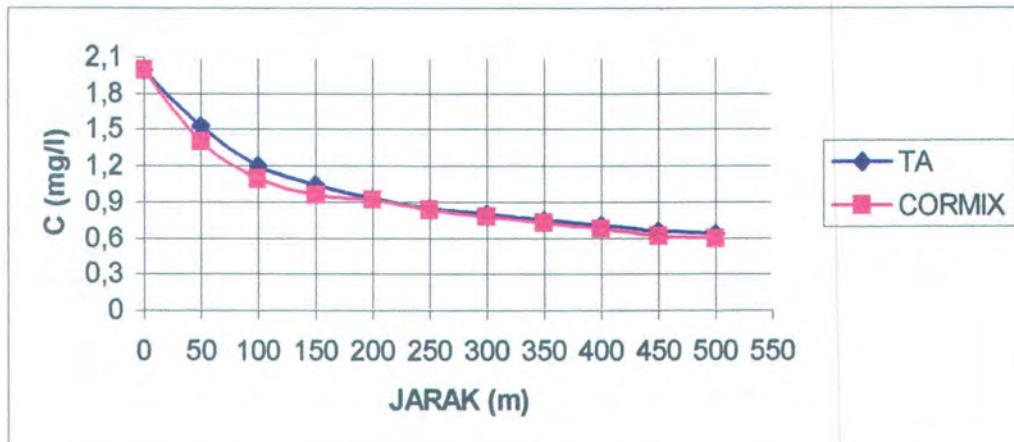
Dari Tabel 4.3. tersebut akan dibuat grafik perbandingan antara hasil dari software *CORMIX* dan *Ocean Outfall* seperti pada Gbr. 4.19a untuk studi kasus Terra Nova, Sedangkan untuk Gbr. 4.19 b dan 4.19c adalah untuk studi kasus Teluk Jakarta dan B Plant Project sebagai berikut :



Gambar 4.19a. Grafik Perbandingan Jarak (m) vs C(mg/l)
Antara CORMIX vs TA (Studi Kasus Terra Nova)



Gambar 4.19b. Grafik Perbandingan Jarak (m) vs C(mg/l)
Antara CORMIX vs TA (Studi Kasus Teluk Jakarta)



Gambar 4.19. c Grafik Perbandingan Jarak (m) vs C(mg/l)
Antara CORMIX vs TA (Studi Kasus B Plant Project)



Gbr. 4.19a, b, c. menunjukkan konsentrasi maksimum dari polutan yang keluar dari *port ocean outfall* untuk analisa *CORMIX* dan *Ocean Outfall.exe* (TA). Dimana antara analisa hasil kedua software terjadi selisih yang kecil dan menunjukkan kecenderungan hasil yang sama. Perhitungan prosentase nilai *error* antara hasil *CORMIX* dan *Ocean Outfall.exe* (TA) dengan menggunakan persamaan 4.1 adalah :

$$\begin{aligned} \text{TrueValue(CORMIX)} &= 3+2.7+2.5+2.3+2.2+1.8+1.6+1.38+1.6+1.38+1.28+1.19+1. \\ &15+1.08+1.03+1+0.98+0.95+0.9+0.89+0.86+0.84+0.83+0.8+0.79+0.78+0.75+0.7 \\ &4+0.73+0.72+0.7)/29 = 36.47/29 = 1.26 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ApproximateValue(\%)} &= (2.99+2.66+2.43+2.24+2.09+1.73+1.52+1.38+1.27+1.18 \\ &+1.12+1.07+1.02+0.98+0.95+0.92+0.89+0.86+0.84+0.82+0.8+0.78+0.77+0.75+0 \\ &.74+0.72+0.71+0.7+0.68)/29 = 35.61/29 = 1.23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Error (\%)} &= (1.26-1.23/1.26) \times 100\% = \\ &= 0.024 \times 100\% \\ &= 2.4 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan validasi software *ocean outfall* yaitu 2.4%, maka hasil perhitungan tugas akhir ini sudah cukup layak untuk digunakan dalam analisa dan pengambilan kesimpulan yang sesuai dengan batasan-batasan yang diberikan dalam tugas akhir ini dan software *ocean outfall.exe* ini sudah *valid* untuk digunakan dalam mendesain suatu *ocean outfall tipe buoyant jet tunggal*.



4.7. Pembahasan

Dari analisa yang telah dilakukan yaitu dengan menggunakan data : *Ocean outfall untuk Terra Nova FPSO*, analisa hasil dari kedua software baik *CORMIX* dan *Ocean Outfall.exe* baik untuk grafik jarak (m) vs jarak (m) yaitu grafik penyebaran limbah kearah lebar *plume (centerline)* dengan grafik hubungan antara jarak (m) vs konsentrasi/ C(x,y) adalah memiliki kesamaan kecenderungan grafik seperti pada Gbr. 4.15. dan Gbr. 4.16. Dengan prosentase *error* = 6.9 % dan 2.4%, maka hasil tugas akhir ini sudah cukup layak untuk diaplikasikan dalam membantu perencanaan suatu *ocean outfall jenis buoyant jet tunggal*, agar nantinya didapatkan desain *ocean outfall* yang cukup baik. Sedangkan prediksi terjadinya dispersi pada daerah *far field* untuk analisa *CORMIX* = 27.2 m sedangkan analisa *Tugas Akhir* = 27 m. Selisih perbedaan yang cukup kecil sekali yaitu sekitar 0.74%, maka hasil tugas akhir ini sudah cukup layak untuk diaplikasikan dalam membantu perencanaan *ocean outfall tipe buoyant jet tunggal*.

Selisih perbedaan yang terjadi diatas dapat disebabkan oleh pengambilan parameter-parameter dan koefisien-koefisien yang digunakan dalam perhitungan antara lain :

1. Faktor pembulatan angka di belakang koma dalam analisa perhitungan dengan program komputer pada tugas akhir ini juga berpengaruh terhadap hasil akhir suatu perhitungan/analisa.
2. Perumusan *initial dilution* yang digunakan dalam perhitungan program komputer pada tugas akhir ini telah mengakomodasi perumusan perumusan



initial dilution yang terbaru yang dikemukakan oleh Mukhtasor, 2001 seperti tercantum pada persamaan 2.5.

Dari analisa dan pembahasan untuk studi kasus diatas yaitu hasil *CORMIX* dan *Ocean Outfall* terjadi selisih perbedaan yang kecil, namun memiliki kecenderungan grafik yang hampir sama sehingga hasil Tugas Akhir sudah bisa mewakili untuk bisa digunakan dalam membantu perencanaan *ocean outfall type buoyant jet tunggal*.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari keseluruhan perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dihasilkan suatu perangkat lunak untuk pemodelan *ocean outfall tipe buoyant jet tunggal* yang telah mengakomodasi perumusan tiga daerah penyebaran yaitu *near field, intermediate region, far field* (Mukhtasor, 2001). Perangkat lunak ini dapat membantu mempermudah desain *ocean outfall*, yaitu dengan mengetahui karakteristik penyeberan limbah ke arah lebar *plume* dan penyebaran konsentrasi maksimum. Selain itu, telah dihasilkan *source code/listing program* yang nantinya dapat dimodifikasi lebih lanjut untuk dapat mengakomodasi peraturan lingkungan laut yang terbaru dimana aspek probabilistik diperhitungkan.
2. Dari hasil analisa perbandingan antara *CORMIX* dan *Ocean outfall.exe*, dengan menggunakan data studi kasus *Terra Nova FPSO*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :
 - Untuk grafik perbandingan antara jarak x (m) vs jarak y (m) antara analisa *CORMIX* vs *Ocean outfall.exe* dengan selisih prosentase rata-rata 6.9%.



- Untuk grafik perbandingan antara jarak (m) vs konsentrasi maksimum (mg/l) antara analisa *CORMIX* vs *Ocean outfall.exe* (TA) dengan selisih prosentase rata-rata 2.4 %.
- Perkiraan terjadinya dispersi untuk studi kasus diatas, untuk analisa *CORMIX dispersi far field* pada jarak = 27.2 m sedangkan untuk analisa *ocean outfall.exe dispersi far field* pada jarak = 27 m. Selisih prosentase sekitar 0.74 %.
- Kelebihan dari software *ocean outfall.exe* adalah :
 1. Software ini telah mengakomodasi hasil penelitian terbaru yaitu perumusan *initial dilution* terutama pada daerah *near field* (Mukhtasor, 2001).
 2. Perumusan pada software *ocean outfall.exe* telah mengakomodasi 3 daerah penyebaran yaitu *near field, intermediate region, far field*. Sedangkan pada *CORMIX* hanya 2 daerah penyebaran yaitu *near field dan far field*. Perumusan untuk daerah *intermediate* dilakukan dengan melakukan pendekatan volume kontrol.
 3. Besarnya nilai konsentrasi untuk tiap-tiap titik pada daerah penyebaran adalah berbeda, sedangkan pada *CORMIX* besarnya konsentrasi pada suatu lebar *plume* dianggap sama.
 4. Pemodelan yang dilakukan dalam *software ocean outfall* adalah pemodelan dua dimensi, sedangkan *CORMIX* pemodelannya satu dimensi.
 5. Tersedia *source code/program listingnya* sehingga lebih mudah untuk dilakukan modifikasi menjadi pemodelan probabilistik.

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR PUSTAKA

Doneker, R.L., and Jirka, G.H, 1990, "**Expert System for Hydrodynamic Mixing Zone Analysis of Conventional and Toxic Submerged Single Port Discharges**", U.S Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

Doneker, R.L., Hinton, S.W., and Jirka, G.H., 1996, "**User Manual For Cormix : A Hydrodynamic Mixing Zone Model and Decision Support System For Pollutant Discharge Into Surface Water**", U.S Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

Halliwell, A.R., 1995., Sewage and Sewerage, *Module : "Effluent & Waste Processing Procedures & Technology*, Institute Of Offshore Engineering, Heriot-Watt University, Edinburgh, UK.

Halvarson, Michael., 1999, "**Step By Step Microsoft Visual Basic 6.0**", Microsoft Press, PT Elek Media Komputindo-Kelompok Gramedia, Jakarta.

Hendratmoko, Mohamad., 1995, "**Analisa Teknis Perancangan Ocean Outfall Diffuser Untuk Teluk Jakarta**", *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Kelautan, FTK, ITS, Surabaya.

Hino, Mikio., 1994, "**Water Quality and Its Control**", A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield.



Mukhtasor, 1995, "Penyebaran Effluent di Lingkungan Laut", *Proceeding Seminar Nasional Teknologi Kelautan*, FTK, ITS, Surabaya.

Mukhtasor, 2001a, " Hydrodynamic Modelling And Ecological Risk Based Design Of Produced Water Discharge From An Offshore Platform", *Thesis*, Faculty Of Engineering And Applied Science Memorial University Of New Foundland (St' John's New Foundland), Canada.

Mukhtaksor, 2001b, " Analisa Sensitivitas pada mixing Zone dari buoyant jet Outfall Tunggal Akibat Variabilitas dan Ketidakpastian", *Draft Laporan Penelitian*, Japan Society For Promoting Science & FTK-LEMLIT-ITS, Surabaya.

Soegeng, R., 1993, "**Komputasi Numerik Dengan Turbo Pascal**", Andi Offset, Yogyakarta.

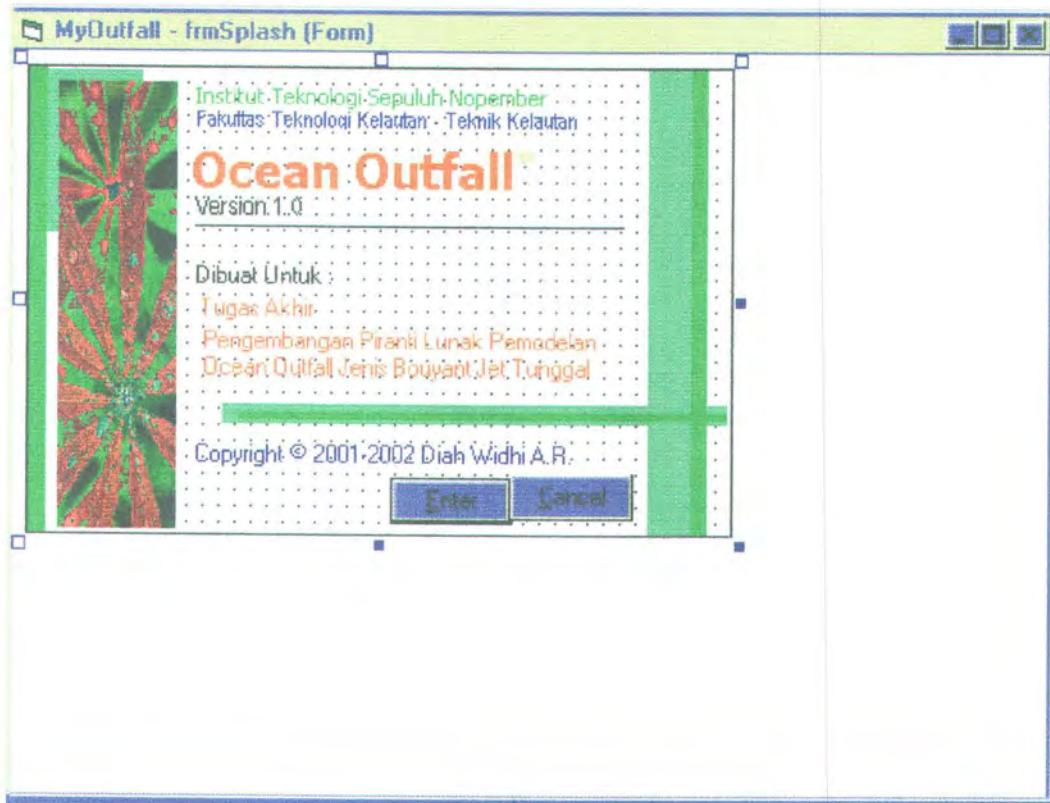
Sorensen, Robert. M., 1978, "**Basic Coastal Engineering**", A Willey Interscience Publication.

Terra Nova Project 2000, Website : <http://www.terranovalproject.com>.

LAMPIRAN I
FRMMAIN.FRM/FORM



LAMPIRAN 1 (FRMMAIN.FRM/FORM)



LAMPIRAN II
FRMMAIN.FRM/CODE



LAMPIRAN 2 (FRMMAIN.FRM/CODE)

```
Dim tmpPoint As MyPoint, Pointer1 As MyPoint, Pointer2 As MyPoint, i As Double, J As Long, Plot As MyPoint, nPlot As MyPoint  
Dim Q As Single, u As Single, Pa As Single, Po As Single, Co As Single, H As Single, z As Single, b As Single  
Dim Range As Integer, topY0 As Single, topY1 As Single, intTemp As Integer  
Dim appExc As Excel.Application, bookExc As Excel.Workbook
```

```
Private Sub cboETemp_Change()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmdClear_Click()  
picGrafik(tabGraph.SelectedItem.Index - 1).Cls  
WriteScale  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()  
On Error GoTo errForm_Load  
For i = 0 To fraMain.Count - 1  
    fraMain(i).Move tabMain.ClientLeft, tabMain.ClientTop, _  
        tabMain.ClientWidth, tabMain.ClientHeight  
    fraMain(i).Caption = ""  
Next  
tabMain.Tabs(1).Selected = True  
For i = 0 To picGrafik.Count - 1  
    If i <> 1 Then  
        picGrafik(i).Move tabGraph.ClientLeft, tabGraph.ClientTop, _  
            tabGraph.ClientWidth, tabGraph.ClientHeight - 40  
    Else  
        picGrafik(i).Move tabGraph.ClientLeft, tabGraph.ClientTop, _  
            tabGraph.ClientWidth, (tabGraph.ClientHeight - 40) / 1  
    End If  
Next  
tabGraph.Tabs(1).Selected = True
```

```
tmpPoint = XYEncoder0(0, 0, MyShift0)  
topY0 = Fix(tmpPoint.Y) ' - 10  
tmpPoint = XYEncoder1(0, 0, MyShift1)  
topY1 = tmpPoint.Y
```

```
mnuNew_Click  
sldRange.Value = 300
```



```
Label7.Caption = "Visible Range = 0 - " & Range

Set appExc = New Excel.Application
Set bookExc = appExc.Workbooks.Add
If UCASE(Dir(App.Path & "\Analysis\Analys32.xll")) = "ANALYS32.XLL"
Then
    appExc.RegisterXLL (App.Path & "\Analysis\Analys32.xll")
    If UCASE(Dir(App.Path & "\Analysis\Funcres.xla")) <> "FUNCRES.XLA"
Then
    MsgBox "Analysis Tool Pak add-in is not loaded. Ocean Outfall exiting.", vbCritical, "Analysis Tool Pak Registration"
    mnuExit_Click
End If
Else
    intTemp = MsgBox("File Analysis32.xll or Funcres.xla not found. Analysis Tool Pak add-in can not be registered." & vbCrLf & _
        "This Microsoft Excel add-in is required for calculating Error Function in the graph generator." & vbCrLf & _
        "Do you want to find this file by your self?", vbYesNo + vbExclamation, "Analysis Tool Pak Registration")
    If intTemp = 6 Then
        FindXLL
        appExc.RegisterXLL (cdgFile.FileName)
        If UCASE(Dir(Replace(cdgFile.FileName, "Analys32.xll", "Funcres.xla"))) <> "FUNCRES.XLA" Then
            MsgBox "Analysis Tool Pak add-in is not loaded. Ocean Outfall exiting.", vbCritical, "Analysis Tool Pak Registration"
            mnuExit_Click
        End If
    Else
        MsgBox "Analysis Tool Pak add-in is not loaded. Ocean Outfall exiting.", vbCritical, "Analysis Tool Pak Registration"
        mnuExit_Click
    End If
End If
Exit Sub
errForm_Load:
If Err.Number = 32755 Then
    MsgBox "Analysis Tool Pak add-in is not loaded. Ocean Outfall exiting.", vbCritical, "Analysis Tool Pak Registration"
    mnuExit_Click
Else
    MsgBox "Error :" & vbCrLf & " :: Number :" & Err.Number & vbCrLf & " :: Description :" & Err.Description, vbCritical, "Ocean Outfall"
End If
End Sub

Private Sub Form_Resize()
```



```
If Me.WindowState = vbNormal Then  
    Me.Width = 10245  
    Me.Height = 9645  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)  
    bookExc.Close False  
    appExc.Quit  
    Set bookExc = Nothing  
    Set appExc = Nothing  
    End  
End Sub
```

```
Private Sub mnuAbout_Click()  
    frmAbout.Show 1, Me  
End Sub
```

```
Private Sub mnuDataV_Click()  
    tabMain.Tabs(2).Selected = True  
    mnuProjectV.Checked = False  
    mnuDataV.Checked = True  
    mnuGraphV.Checked = False  
    mnuReportV.Checked = False  
End Sub
```

```
Private Sub mnuExit_Click()  
    Unload Me  
End Sub
```

```
Private Sub mnuGraphV_Click()  
    tabMain.Tabs(3).Selected = True  
    mnuProjectV.Checked = False  
    mnuDataV.Checked = False  
    mnuGraphV.Checked = True  
    mnuReportV.Checked = False  
End Sub
```

```
Private Sub mnuNew_Click()  
    HandleNew  
    stbMain.Panels("h/lb").Text = ""  
    tabMain.Tabs(1).Selected = True  
    SetPrintButton (False)  
End Sub
```

```
Private Sub mnuOpen_Click()  
    HandleNew  
    HandleOpen
```



```
tabMain.Tabs(1).Selected = True  
SetPrintButton (False)  
End Sub
```

```
Private Sub mnuProjectV_Click()  
tabMain.Tabs(1).Selected = True  
mnuProjectV.Checked = True  
mnuDataV.Checked = False  
mnuGraphV.Checked = False  
mnuReportV.Checked = False  
End Sub
```

```
Private Sub mnuReportPr_Click()  
tabMain.Tabs(4).Selected = True  
HandleReportPrinting  
End Sub
```

```
Private Sub mnuReportV_Click()  
tabMain.Tabs(4).Selected = True  
mnuProjectV.Checked = False  
mnuDataV.Checked = False  
mnuGraphV.Checked = False  
mnuReportV.Checked = True  
End Sub
```

```
Private Sub mnuRun_Click()  
stbMain.Panels("h/lb").Text = ""  
MyEngine  
tabMain.Tabs(3).Selected = True  
SetPrintButton (True)  
End Sub
```

```
Private Sub mnuSave_Click()  
HandleSave  
tabMain.Tabs(1).Selected = True  
End Sub
```

```
Private Sub picGrafik_MouseMove(Index As Integer, Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)  
Select Case Index  
Case 0  
    Pointer1 = XYEncoder1(X, Y, MyShift1)  
    Label4.Caption = " " & CStr(Fix(Pointer1.X)) & ", " &  
    CStr(Format(Pointer1.Y, "0.00"))  
Case 1  
    Pointer1 = XYEncoder0(X, Y, MyShift0)  
    Label6(0).Caption = " " & CStr(Fix(Pointer1.X)) & ", " &  
    CStr(Fix(Pointer1.Y))
```



Case 2

```
Pointer1 = XYEncoder1(X, Y, MyShift1)
Label6(0).Caption = " " & CStr(Fix(Pointer1.X)) & ", " &
CStr(Format(Pointer1.Y, "#.###E-"))
End Select
End Sub
```

```
Private Sub sldRange_Change()
Range = sldRange.Value
Label7.Caption = "Visible Range = 0 - " & Range
End Sub
```

```
Private Sub sldRange_Scroll()
Range = sldRange.Value
Label7.Caption = "Visible Range = 0 - " & Range
End Sub
```

```
Private Sub tabGraph_Click()
For i = 0 To picGrafik.Count - 1
    picGrafik(i).Visible = (picGrafik(i).Index = tabGraph.SelectedItem.Index - 1)
Next
End Sub
```

```
Private Sub tabMain_Click()
For i = 0 To fraMain.Count - 1
    fraMain(i).Visible = (fraMain(i).Index = tabMain.SelectedItem.Index - 1)
Next i
Select Case tabMain.SelectedItem.Index - 1
    Case 0
        mnuProjectV.Checked = True
        mnuDataV.Checked = False
        mnuGraphV.Checked = False
        mnuReportV.Checked = False
    Case 1
        mnuProjectV.Checked = False
        mnuDataV.Checked = True
        mnuGraphV.Checked = False
        mnuReportV.Checked = False
    Case 2
        mnuProjectV.Checked = False
        mnuDataV.Checked = False
        mnuGraphV.Checked = True
        mnuReportV.Checked = False
    Case 3
        mnuProjectV.Checked = False
        mnuDataV.Checked = False
        mnuGraphV.Checked = False
        mnuReportV.Checked = True
End Select
```



```
End Select  
End Sub
```

```
Private Sub tlbMain_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)  
Select Case Button.Key  
Case "new"  
    mnuNew_Click  
Case "save"  
    mnuSave_Click  
Case "open"  
    mnuOpen_Click  
Case "run"  
    mnuRun_Click  
Case "exit"  
    mnuExit_Click  
Case Else
```

```
End Select  
End Sub
```

```
Private Sub tlbMain_ButtonMenuClick(ByVal ButtonMenu As  
MSComctlLib.ButtonMenu)  
Select Case ButtonMenu.Key  
Case "xy"  
Case "cxy"  
Case "rpt"  
    mnuReportPr_Click  
Case "all"  
End Select  
End Sub
```

```
Private Sub MyEngine()  
Dim Xb As Single, Teta As Single, Ls As Single, Sa As Single, Sa1 As Single,  
Sa2 As Single  
Dim Lo As Single, Lo1 As Single, Lo2 As Single, Lx As Single  
Dim Lb As Single, s As Single, a0 As Single, a1 As Single, a2 As Single  
Dim Outfall As Boolean, PlotColor As Long
```

```
Dim Ho As Single, Hx As Single, g_ As Single, U_ As Single, Ca As Single  
Dim deltaX As Single, cXY As Single, Rf As Single  
Dim X_ As Single, Eo As Single
```

```
Dim sngTemp1 As Single, sngTemp2 As Single, lastJ As Long  
Dim sheExc As Excel.Worksheet, Erf1 As Single, Erf2 As Single
```

```
staError = False
```



```
Me.MousePointer = vbHourglass
Set sheExc = bookExc.Worksheets(1)
picGrafik(tabGraph.SelectedItem.Index - 1).Visible = False
picGrafik(2).Visible = True
lblWait.Caption = "Drawing graph. Please wait ..."
picWait.Visible = True

' melakukan pengisian beberapa variabel
TesInput

Lb = (Q * g * ((Pa - Po) / Pa)) / Power(u, 3)
pblLb = Lb

If staError Then
    staError = False
    GoTo errEngine
End If

' untuk H/Lb < 0.1
If (z / Lb) < 0.1 Then
    s = ((0.13 * (Power(z / Lb, -0.31)) + 0.46 * Exp(-0.22 / (z / Lb)) * (u * (z * z))) / Q)
    Sa = Cs1 * s
    Xb = C3 * Power(z, 4 / 3) / Power(Lb, 1 / 3)
    If staError Then
        staError = False
        GoTo errEngine
    End If
    Teta = Atn(z / Xb)
    If Lb / z > 6.11 * (1 - Cos(Teta)) Then
        Ls = 2.12 * Power(z, 3 / 2) * Power((1 - Cos(Teta)), 3 / 2) * Power(Lb, -1 / 3)
        If staError Then
            staError = False
            GoTo errEngine
        End If
    Else
        Ls = 0.38 * Lb
    End If
    Lo = 5.2 * Ls
    Ho = Sa * Q / u * Lo

    PlotColor = RGB(200, 0, 0)
    H_Lb = "Near Field ( H / Lb < 0.1 )"
    stbMain.Panels("h/lb").Text = H_Lb
End If

' untuk H/Lb > 10
```



```
If (z / Lb) > 10 Then
    s = ((0.13 * (Power(z / Lb, -0.31)) + 0.46 * Exp(-0.22 / (z / Lb)) * (u * (z * z))) /
    Q)
    Sa = Cs2 * s
    Xb = C4 * Power(z, 3 / 2) / Power(Lb, 1 / 2)
    If staError Then
        staError = False
        GoTo errEngine
    End If
    Teta = Atn(z / Xb)
    Lo = 2 * Sqr(Sa * Q / 2 * u)
    Ho = Sa * Q / u * Lo

    PlotColor = RGB(0, 150, 0)
    H_Lb = "Far Field ( H / Lb > 10 )"
    stbMain.Panels("h/lb").Text = H_Lb
End If

' untuk 0.1 <= H/Lb <= 10
If (z / Lb) >= 0.1 And (z / Lb) <= 10 Then
    a0 = 0.5 * BaseLog(10, z / Lb)
    If staError Then
        staError = False
        GoTo errEngine
    End If
    a1 = 0.5 - a0
    a2 = 0.5 + a0

    Xb = (a1 * C3 * Power(H, 4 / 3) / Power(Lb, 1 / 3)) + (a2 * C4 * Power(z, 3 /
    2) / Power(Lb, 1 / 2))
    If staError Then
        staError = False
        GoTo errEngine
    End If
    Teta = Atn(z / Xb)
    '
    s =
    (
    (
    (
        (0.13 * Power(z / Lb, -0.31)) + (0.46 * Exp(-0.22 / (z / Lb))) -
        ) * u * z * z -
    ) / Q
    s = ((0.13 * (Power(z / Lb, -0.31)) + 0.46 * Exp(-0.22 / (z / Lb)) * (u * (z * z))) /
    Q)
    If staError Then
        staError = False
        GoTo errEngine
    End If
```



```
Sa = (a1 * Cs1 * s) + (a2 * Cs2 * s)

If Lb / z > 6.11 * (1 - Cos(Teta)) Then
    Ls = (a1 * 2.12 * Power(z, 3 / 2) * Power((1 - Cos(Teta)), 3 / 2) * Power(Lb, -1 / 3)) +
        (a2 * Sqr((Q * Sa) / (Pi * u)) / Sin(Teta))
    Lo = (a1 * 5.2 * 2.12 * Power(z, 3 / 2) * Power((1 - Cos(Teta)), 3 / 2) *
Power(Lb, -1 / 3)) +
        (a2 * 2 * Sqr((Sa * Q) / (2 * u)))
    If staError Then
        staError = False
        GoTo errEngine
    End If
    Else
        Ls = (a1 * 0.38 * Lb) + (a2 * Sqr((Q * Sa) / (Pi * u)) / Sin(Teta))
        Lo = (a1 * 5.2 * 0.38 * Lb) + (a2 * 2 * Sqr((Sa * Q) / (2 * u)))
    End If

    Ho = (Sa * Q) / (u * Lo)

    PlotColor = RGB(200, 150, 0)
    H_Lb = "Intermediate Region ( 0.1 <= H / Lb <= 10 )"
    stbMain.Panels("h/lb").Text = H_Lb
End If

Ca = Co / Sa
pblLo = Lo
pblHo = Ho

' mulai menggambar titik-titik (I, J) atau (I, C[I,0]) di picGrafik

lastJ = 0
For i = 0 To Range
    Lx = Lo * Power((3 * Beta * Power(Lb / Lo, 0.5) * (i / Lo) + 1), 2 / 3)
    If staError Then
        staError = False
        GoTo errEngine
    End If

    Hx = Ho * Power(Lx / Lo, -0.4)
    If i <= 0 Then
        cXY = 0
    Else
        If tabGraph.Tabs(1).Selected Then
            Erf1 = (0.273 * Lo) / (0.4083 * Lx)
            Erf2 = (0.273 * Lo) / (0.4083 * Lx)
            sheExc.Range("A3").Formula = "=ERF(" & Replace(CStr(Erf1), ",", ".") &
        ")"
    End If
```



```
sheExc.Range("A3").Calculate
sheExc.Range("A4").Formula = "=ERF(" & Replace(CStr(Erf2), ",", ".") &
")"
sheExc.Range("A4").Calculate
Erf1 = Val(Replace(sheExc.Range("A3").Text, ",", "."))
Erf2 = Val(Replace(sheExc.Range("A4").Text, ",", "."))
cXY = (0.916 * Ca * Ho * (Erf1 + Erf2)) * 5 / Hx
Plot = XYDecoder1(i, cXY, MyShift1)
If (cXY >= 0 And cXY <= topY1) Then picGrafik(0).PSet (Round(Plot.X),
Round(Plot.Y)), PlotColor
' Debug.Print CStr(i) & " , " & CStr(Format(cXY, "0.##"))
Else
J = lastJ
Do
Erf1 = (0.273 * Lo + J) / (0.4083 * Lx)
Erf2 = (0.273 * Lo - J) / (0.4083 * Lx)
sheExc.Range("A3").Formula = "=ERF(" & Replace(CStr(Erf1), ",", ".") &
")"
sheExc.Range("A3").Calculate
sheExc.Range("A4").Formula = "=ERF(" & Replace(CStr(Erf2), ",", ".") &
")"
sheExc.Range("A4").Calculate
Erf1 = Val(Replace(sheExc.Range("A3").Text, ",", "."))
Erf2 = Val(Replace(sheExc.Range("A4").Text, ",", "."))
cXY = (0.916 * Ca * Ho * (Erf1 + Erf2)) * 5 / Hx
J = J + 1
Loop Until cXY < 0.05
Plot = XYDecoder0(i, (J - 1) / 2, MyShift0)
nPPlot = XYDecoder0(i, -(J - 1) / 2, MyShift0)
If i > 160 Then
xx = 0
End If
If (cXY >= 0 And (J - 1) / 2 <= topY0) Then
picGrafik(1).PSet (Round(Plot.X), Round(Plot.Y)), PlotColor
picGrafik(1).PSet (Round(nPlot.X), Round(nPlot.Y)), PlotColor
End If
lastJ = J - 1
Debug.Print CStr(i) & " , " & CStr((J - 1) / 2)' CStr(Format(cXY, "#.###E-
"))
End If
End If
If staError Then
staError = False
GoTo errEngine
End If

DoEvents
pgbWait.Value = Round(i * 100 / Range)
```

ITS



```
If staError Then
    staError = False
    GoTo errEngine
End If
Next i
errEngine:
picGrafik(2).Visible = False
picGrafik(tabGraph.SelectedItem.Index - 1).Visible = True
lblWait.Caption = "Generating report. Please wait ..."
txtReport = PrintReport(False)
picWait.Visible = False
Set sheExc = Nothing
Me.MousePointer = vbDefault
pgbWait.Value = 0
End Sub
```

```
Private Sub TesInput()
H = Val(txtH.Text) ' artinya, ngambil nilai H dari textbox [txtH]
z = Val(txtZ.Text)
Q = Val(txtQ.Text)
u = Val(txtU.Text)
Pa = Val(txtPa.Text)
Po = Val(txtPo.Text)
Co = Val(txtCo.Text)
b = Val(txtD.Text)
End Sub
```

```
Private Sub HandleNew()
Dim Ctl As Control
For Each Ctl In Me
    If TypeOf Ctl Is TextBox Then Ctl.Text = ""
Next
txtH.Text = "10"
txtZ.Text = "10"
txtU.Text = "0.14"
txtQ.Text = "0.212"
txtPa.Text = "1025"
txtPo.Text = "998"
txtCo.Text = "40"
txtD.Text = "0.305"
txtWind.Text = "2"
txtHgt.Text = "3.3"
txtArea.Text = "0.073"

cboWTemp.ListIndex = 0
cboETemp.ListIndex = 0
```

WriteScale



End Sub

```
Private Sub HandleSave()
Dim retval As Boolean
cdgFile.DialogTitle = "Save Project As"
cdgFile.Filter = "Outfall Project (*.opr)"
cdgFile.InitDir = App.Path & "\Data"
cdgFile.FileName = ""
cdgFile.ShowSave

retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Project", "FileName",
cdgFile.FileName)
retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Project", "DesignCase", txtCase.Text)
retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Project", "SiteName", txtSite.Text)
retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Project", "PreparedBy", txtBy.Text)
retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Project", "ProjectDate",
CStr(dtpProject.Value))
retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Project", "Notes",
Replace(txtNotes.Text, vbCrLf, " "))

retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "WaterBodyDepth", txtH.Text)
retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "DischargeDepth", txtZ.Text)
retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "WindSpeed", txtWind.Text)
retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "AmbientVelocity", txtU.Text)
retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "EffluentFlowRate", txtQ.Text)
retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "Concentration", txtCo.Text)
retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "WaterDensity", txtPa.Text)
retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "EffluentDensity", txtPo.Text)
retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "PortDiameter", txtD.Text)
retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "PortHeight", txtHgt.Text)
retval = WriteIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "PortArea", txtArea.Text)
End Sub
```

Private Sub HandleOpen()

```
Dim strtemp As String
cdgFile.DialogTitle = "Open Project"
cdgFile.Filter = "Outfall Project (*.opr)"
cdgFile.InitDir = App.Path & "\Data"
cdgFile.FileName = ""
cdgFile.ShowOpen

txtFile.Text = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Project", "FileName",
cdgFile.FileName)
txtCase.Text = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Project", "DesignCase", "N/A")
txtSite.Text = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Project", "SiteName", "N/A")
txtBy.Text = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Project", "PreparedBy", "N/A")
strtemp = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Project", "ProjectDate",
Format(CStr(Now()), "MM/DD/YYYY"))
```



```
txtNotes.Text = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Project", "Notes", "")  
dtpProject.Year = DatePart("yyyy", CDate(strtemp))  
dtpProject.Month = DatePart("m", CDate(strtemp))  
dtpProject.Day = DatePart("d", CDate(strtemp))  
  
txtH.Text = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "WaterBodyDepth", "")  
txtZ.Text = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "DischargeDepth", "")  
txtWind.Text = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "WindSpeed", "")  
txtU.Text = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "AmbientVelocity", "")  
txtQ.Text = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "EffluentFlowRate", "")  
txtCo.Text = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "Concentration", "")  
txtPa.Text = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "WaterDensity", "")  
txtPo.Text = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "EffluentDensity", "")  
txtD.Text = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "PortDiameter", "")  
txtHgt.Text = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "PortHeight", "")  
txtArea.Text = ReadIniFile(cdgFile.FileName, "Data", "PortArea", "")  
End Sub
```

```
Private Sub WriteScale()  
Dim xShift As Integer  
picGrafik(0).ForeColor = RGB(0, 0, 200)  
picGrafik(0).FontName = "Arial Narrow"  
picGrafik(0).FontSize = 8  
picGrafik(1).ForeColor = RGB(0, 0, 200)  
picGrafik(1).FontName = "Arial Narrow"  
picGrafik(1).FontSize = 8  
xShift = 500  
For i = 50 To 700 Step 50  
    tmpPoint = XYDecoder0(i, -167)  
    picGrafik(0).CurrentX = tmpPoint.X - xShift  
    picGrafik(0).CurrentY = tmpPoint.Y  
    picGrafik(0).Print CStr(i - 50)  
    tmpPoint = XYDecoder0(i, 0)  
    picGrafik(1).CurrentX = tmpPoint.X - xShift  
    picGrafik(1).CurrentY = tmpPoint.Y  
    picGrafik(1).Print CStr(i - 50)  
Next i  
For i = -160 To topY0 Step 40  
    tmpPoint = XYDecoder0(1, i)  
    picGrafik(1).CurrentX = tmpPoint.X  
    picGrafik(1).CurrentY = tmpPoint.Y - 100  
    If i <= topY0 - 20 And i > 0 Then  
        picGrafik(1).Print Format(CStr(i - 0), "@@@@@")  
    End If  
Next i  
For i = 0.5 To topY1 Step 0.5  
    tmpPoint = XYDecoder1(4, i)  
    picGrafik(0).CurrentX = tmpPoint.X
```



```
picGrafik(0).CurrentY = tmpPoint.Y - 400
If i <= topY1 Then
    picGrafik(0).Print Format(CStr(i - 0), "0.0")
End If
Next i

picGrafik(0).FontSize = 10
tmpPoint = XYDecoder1(280, 4.05)
picGrafik(0).CurrentX = tmpPoint.X
picGrafik(0).CurrentY = tmpPoint.Y
picGrafik(0).Print "Jarak [m] vs C [mg/l]"

picGrafik(1).FontSize = 10
tmpPoint = XYDecoder0(280, 173)
picGrafik(1).CurrentX = tmpPoint.X
picGrafik(1).CurrentY = tmpPoint.Y
picGrafik(1).Print "Jarak-X [m] vs Jarak-Y [m]"
End Sub

Private Sub HandleReportPrinting()
    Printer.Font = "Courier New"
    Printer.FontSize = "16"
    Printer.FontBold = True
    Printer.Print vbNewLine
    Printer.Print " Ocean Outfall v1.0"
    Printer.FontSize = "11"
    Printer.FontBold = False
    Printer.Print " Tugas Akhir : Pengembangan Piranti Lunak Pemodelan Ocean
Outfall"
    Printer.Print " Jenis Bouyant Jet Tunggal"
    Printer.FontBold = True
    Printer.Print "
    Printer.Print vbNewLine
    Printer.FontSize = "13"
    Printer.Print " Summary Report"
    Printer.FontSize = "9"
    Printer.FontBold = False
    Printer.Print PrintReport(True)
    Printer.Print vbNewLine
    Printer.Print vbNewLine
```



```
Printer.Print vbNewLine
Printer.FontSize = "11"
Printer.FontBold = True
Printer.Print "

Printer.FontSize = "9"
Printer.FontBold = False
Printer.Print "    Printed on " & Format(Now, "dddd, D MMM YYYY -
HH:mm")
Printer.EndDoc
End Sub

Private Sub SetPrintButton(Enabled As Boolean)
    tlbMain.Buttons("print").ButtonMenus("xy").Enabled = Enabled
    tlbMain.Buttons("print").ButtonMenus("cxy").Enabled = Enabled
    tlbMain.Buttons("print").ButtonMenus("rpt").Enabled = Enabled
    tlbMain.Buttons("print").ButtonMenus("all").Enabled = Enabled
    mnuXYPr.Enabled = Enabled
    mnuCXYPr.Enabled = Enabled
    mnuReportPr.Enabled = Enabled
    mnuAllPr.Enabled = Enabled
End Sub

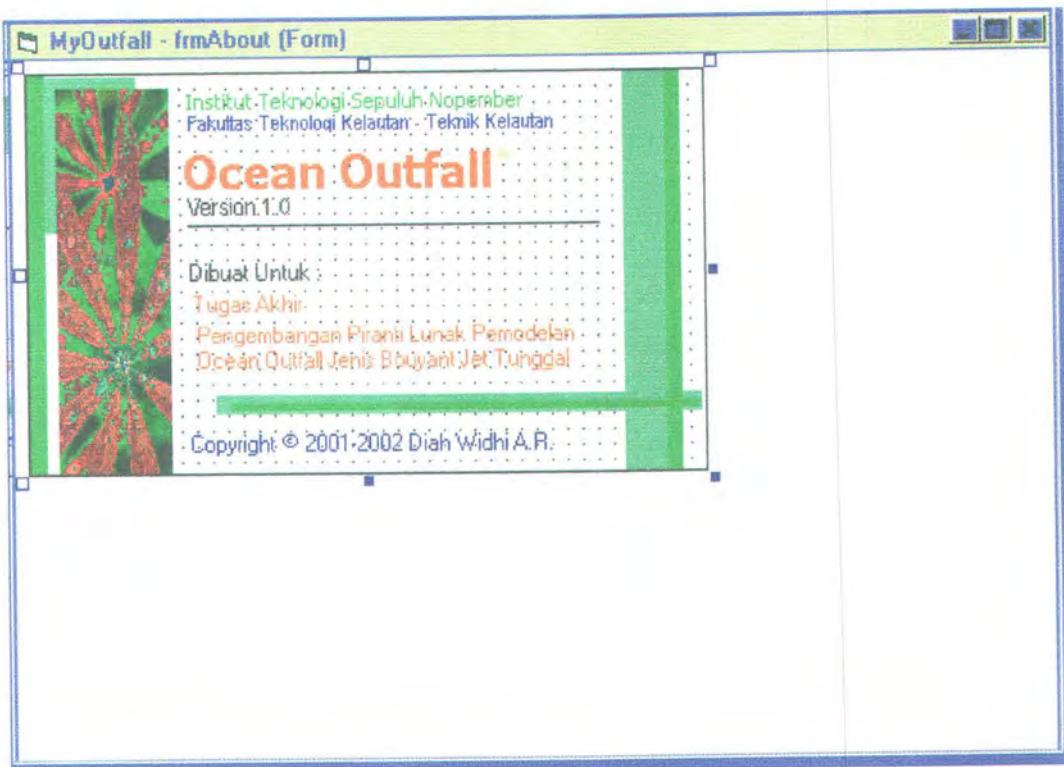
Private Sub FindXLL()
    cdgFile.DialogTitle = "Open Analys32.xll"
    cdgFile.Filter = "Analysis Tool Pak add-in|Analys32.xll"
    cdgFile.InitDir = App.Path
    cdgFile.FileName = ""
    cdgFile.CancelError = True
    cdgFile.ShowOpen
End Sub
```

LAMPIRAN III

FRMABOUT.FRM/FORM



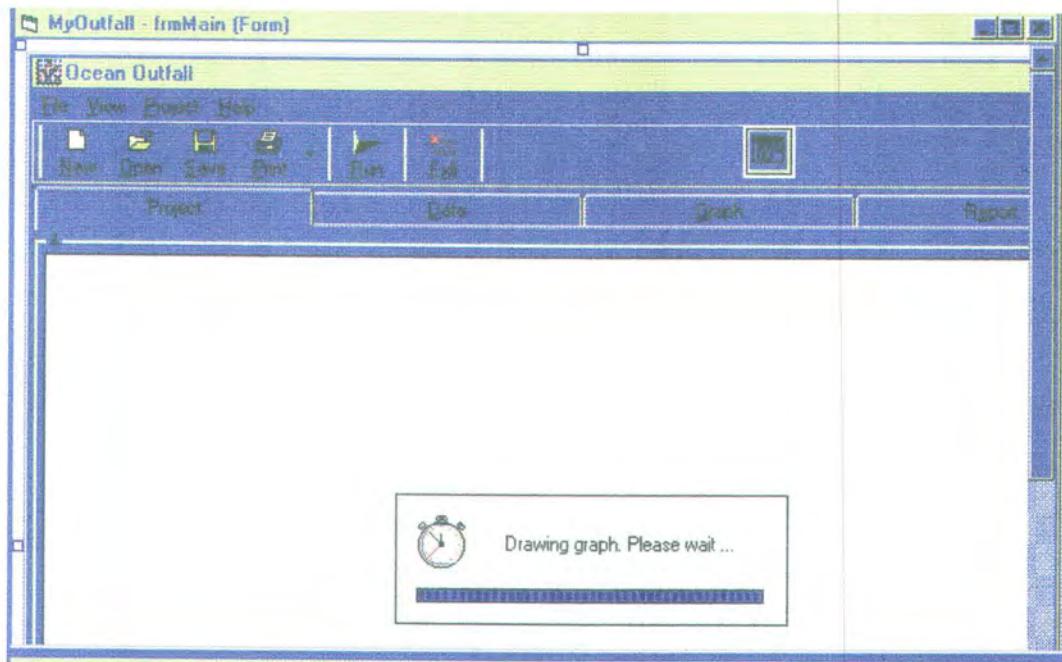
LAMPIRAN 3 (FRMABOUT.FR/M/FORM)



LAMPIRAN IV
FRMSPLASH.FRM



LAMPIRAN 4 (FRMSPLASH.FRM)



LAMPIRAN V MODINI.BAS



LAMPIRAN 5 (MODINI.BAS)

Option Explicit

```
Declare Function GetPrivateProfileString Lib "kernel32" Alias  
"GetPrivateProfileStringA" (ByVal lpApplicationName As String, ByVal  
lpKeyName As Any, ByVal lpDefault As String, ByVal lpReturnedString As  
String, ByVal nSize As Long, ByVal lpFileName As String) As Long  
Declare Function WritePrivateProfileString Lib "kernel32" Alias  
"WritePrivateProfileStringA" (ByVal lpApplicationName As String, ByVal  
lpKeyName As Any, ByVal lpString As Any, ByVal lpFileName As String) As  
Long
```

```
Function WriteIniFile(ByVal sIniFileName As String, ByVal sSection As String,  
ByVal sItem As String, ByVal sText As String) As Boolean  
Dim i As Integer  
On Error GoTo sWriteIniFileError
```

```
i = WritePrivateProfileString(sSection, sItem, sText, sIniFileName)  
WriteIniFile = True
```

```
Exit Function  
sWriteIniFileError:  
    WriteIniFile = False  
End Function
```

```
Function ReadIniFile(ByVal sIniFileName As String, ByVal sSection As String,  
ByVal sItem As String, ByVal sDefault As String) As String  
Dim iRetAmount As Integer  
Dim sTemp As String
```

```
sTemp = String$(225, 0)  
iRetAmount = GetPrivateProfileString(sSection, sItem, sDefault, sTemp, 225,  
sIniFileName)  
sTemp = Left$(sTemp, iRetAmount)  
ReadIniFile = sTemp  
End Function
```

LAMPIRAN VI
MODPUBLIC.BAS



LAMPIRAN 6 (MODPUBLIC.BAS)

```
Public Declare Function WritePrivateProfileString Lib "kernel32" Alias  
"WritePrivateProfileStringA"  
(ByVal lpApplicationName As String, ByVal lpKeyName As Any, ByVal  
lpString As Any, ByVal lpFileName As String) As Long  
Public Declare Function GetPrivateProfileStringByKeyName Lib "kernel32"  
Alias "GetPrivateProfileStringA"  
(ByVal lpApplicationName As String, ByVal lpKeyName As Any, ByVal  
lpDefault As String, ByVal lpReturnedString As String, ByVal nSize As Long,  
ByVal lpFileName As String) As Long
```

```
Public staError As Boolean  
Public Type MyPoint  
    X As Single  
    Y As Single  
End Type
```

```
' beberapa variabel untuk pengaturan koordinat picGrafik,  
' dipakai dalam fungsi XYEncoder dan XYDecoder  
Public Const MyShift0 = 300  
Public Const MyShift1 = 300  
Public Const SkalaX0 = 14  
Public Const SkalaY0 = 17  
Public Const SkalaX1 = 14  
Public Const SkalaY1 = 1500
```

```
' konstanta untuk penghitungan  
Public Const Pi = 3.14159265358979  
Public Const g = 9.81  
Public Const C3 = 0.5824  
Public Const C4 = 1  
Public Const Beta = 1.414  
Public Const K = 0.4  
Public Const Cs1 = 5  
Public Const Cs2 = 2
```

```
' konversi koordinat picture ke cartesian untuk grafik #1  
Public Function XYEncoder0(ByVal X As Single, ByVal Y As Single, Optional  
Shift As Single) As MyPoint  
Dim tmpX As Single, tmpY As Single  
On Error GoTo errXYEncoder  
tmpX = (X - Shift) / SkalaX0  
tmpY = -(Y - (frmMain.picGrafik(1).Height) / 2) / SkalaY0  
XYEncoder0.X = tmpX
```



```
XYEncoder0.Y = tmpY
Exit Function
errXYEncoder:
MsgBox "ERROR-" & Err.Number & ":" & Err.Description, vbCritical,
"Kesalahan"
staError = True
End Function

' konversi koordinat cartesian ke picture untuk grafik #1
Public Function XYDecoder0(ByVal X As Single, ByVal Y As Single, Optional
Shift As Single) As MyPoint
Dim tmpX As Single, tmpY As Single
On Error GoTo errXYDecoder
tmpX = (X * SkalaX0) + Shift
tmpY = -((Y * SkalaY0) - (frmMain.picGrafik(1).Height / 2))
XYDecoder0.X = tmpX
XYDecoder0.Y = tmpY
Exit Function
errXYDecoder:
MsgBox "ERROR-" & Err.Number & ":" & Err.Description, vbCritical,
"Kesalahan"
staError = True
End Function

' konversi koordinat picture ke cartesian untuk grafik #2
Public Function XYEncoder1(ByVal X As Single, ByVal Y As Single, Optional
Shift As Single) As MyPoint
Dim tmpX As Single, tmpY As Single
On Error GoTo errXYEncoder
tmpX = (X - Shift) / SkalaX1
tmpY = (Abs(Y - (frmMain.picGrafik(0).Height)) - Shift - 5) / SkalaY1
XYEncoder1.X = tmpX
XYEncoder1.Y = tmpY
Exit Function
errXYEncoder:
MsgBox "ERROR-" & Err.Number & ":" & Err.Description, vbCritical,
"Kesalahan"
staError = True
End Function

' konversi koordinat cartesian ke picture untuk grafik #2
Public Function XYDecoder1(ByVal X As Single, ByVal Y As Single, Optional
Shift As Single) As MyPoint
Dim tmpX As Single, tmpY As Single
On Error GoTo errXYDecoder
tmpX = (X * SkalaX1) + Shift
tmpY = Abs((Y * SkalaY1) - (frmMain.picGrafik(0).Height)) - Shift - 5
XYDecoder1.X = tmpX
```



```
XYDecoder1.Y = tmpY
Exit Function
errXYDecoder:
    MsgBox "ERROR-" & Err.Number & ":" & Err.Description, vbCritical,
    "Kesalahan"
    staError = True
End Function

' fungsi penghitungan pangkat -> A pangkat B
Public Function Power(ByVal A As Single, ByVal b As Single) As Single
On Error GoTo errPower
    Power = Exp(b * Log(A))
    Exit Function
errPower:
    MsgBox "Kesalahan pada penghitungan " & A & " pangkat " & b & " dengan
    menggunakan fungsi Exp(" & b & ") * Log(" & A & ")", vbCritical, "Kesalahan"
    staError = True
End Function

' fungsi penghitungan Logaritma dengan basis tertentu -> ALog B
Public Function BaseLog(ByVal A As Single, ByVal b As Single) As Single
On Error GoTo errBaseLog
    BaseLog = Log(b) / Log(A)
    Exit Function
errBaseLog:
    MsgBox "Kesalahan pada penghitungan " & A & "Log " & b & " dengan
    menggunakan fungsi Log(" & A & ") / Log(" & b & ")", vbCritical, "Kesalahan"
    staError = True
End Function
```

LAMPIRAN VII

MODPRINTING.BAS



LAMPIRAN 7 (ModPrinting.bas)

```
Public pbLLb As Single
Public pbLLo As Single
Public pblHo As Single
Public H_Lb As String

Public Function PrintReport(LeftMargin As Boolean) As String
Dim tbTemp As String, strSpace As String
If LeftMargin Then
    strSpace = vbTab
Else
    strSpace = ""
End If
With frmMain
    DoEvents
    tbTemp = vbCrLf
    tbTemp = tbTemp & strSpace &
    "-----" & vbCrLf
    tbTemp = tbTemp & strSpace & " Project Properties" & vbCrLf
    tbTemp = tbTemp & strSpace & " -----" & vbCrLf & vbCrLf
    tbTemp = tbTemp & strSpace & " Site Name" & vbTab & "|" & .txtSite.Text
    & vbCrLf
    tbTemp = tbTemp & strSpace & " Design Case" & vbTab & "|" &
    .txtCase.Text & vbCrLf
    tbTemp = tbTemp & strSpace & " Type" & vbTab & vbTab & "|" &
    "Submerged single part discharges" & vbCrLf
    tbTemp = tbTemp & strSpace & " Date" & vbTab & vbTab & "|" &
    Format(.dtpProject.Value, "DD MMMM YYYY") & vbCrLf
    tbTemp = tbTemp & strSpace & " Prepared by" & vbTab & "|" & .txtBy.Text
    & vbCrLf
    tbTemp = tbTemp & strSpace & " File" & vbTab & vbTab & "|" &
    .txtFile.Text & vbCrLf
    tbTemp = tbTemp & vbCrLf

    DoEvents
    tbTemp = tbTemp & strSpace &
    "-----" & vbCrLf
    tbTemp = tbTemp & strSpace & " Data Properties" & vbCrLf
    tbTemp = tbTemp & strSpace & " -----" & vbCrLf & vbCrLf
    tbTemp = tbTemp & strSpace & " :: Ambient Parameter" & vbCrLf
```



```
tbTemp = tbTemp & strSpace &  
"  
" & vbCrLf  
tbTemp = tbTemp & strSpace & " End of Report" & vbCrLf  
tbTemp = tbTemp & strSpace & " -----" & vbCrLf  
PrintReport = tbTemp  
End With  
End Function
```



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS-Sukolilo, Surabaya 60111 Telp.5928105, 5994251-5 Psw. 1104-7 Telex 34224 Fax 5947254

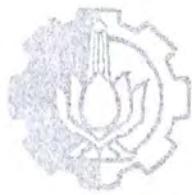
LEMBAR PRESENSI KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Diah Widhi Asta Rini Ririn
Nomor Pokok : 4398.100.042
Nama Dosen Pembimbing : Ir. Mukhtasor, Phd
Tugas Dimulai : 26 Februari 2002
Tugas Diselesaikan :
Judul Tugas Akhir :

**“ PENGEMBANGAN PIRANTI LUNAK UNTUK PEMODELAN OCEAN
OUTFALL JENIS BUOYANT JET TUNGGAL”**

NO	Tanggal	Konsultasi Mengenai	Tanda Tangan Dosen Pembimbing
1	5 Maret 2002	Diskusi pemodelan Ocean Outfall tipe Buoyantjet Tunggal	Jin
2	26 Maret 2002	Diskusi pemodelan perumusan initial dilution	Jin
3	02 April 2002	Asistensi Bab I, II, III	Jin
4	16 April 2002	Revisi Bab I, II, III	Jin
5	23 April 2002	Analisa studi kasus dengan software CORMIX	Jin
6	06 Mei 2002	Asistensi BAB IV	Jin
8	04 Juni 2002	Asistensi Tampilan Software	Jin
9	02 Juli 2002	Asistensi Draft Akhir	Jin
10	29 Juli 2002	Revisi Perbaikan DraftAkhir	Jin

Catatan : Lembar Presensi ini harus dibawa pada saat mengikuti ujian Tugas Akhir



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS-Sukolilo, Surabaya 60111 Telp.5928105, 5994251-5 Psw. 1104-7 Telex 34224 Fax. 5947254

LEMBAR PRESENSI KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Diah Widhi Asta Rini Ririn
Nomor Pokok : 4398.100.042
Nama Dosen Pembimbing : Ir. Kriyo Sambodho,
Tugas Dimulai : 26 Februari 2002
Tugas Diselesaikan :
Judul Tugas Akhir :

"PENGEMBANGAN PIRANTI LUNAK UNTUK PEMODELAN OCEAN
OUTFALL JENIS BUOYANT JET TUNGGAL"

NO	Tanggal	Konsultasi Mengenai	Tanda Tangan Dosen Pembimbing
1	28 Maret 2002	Bab 1 : Pendahuluan	<i>elrot</i>
2	30 April 2002	Revisi Bab 1 dan Bab 2	<i>elrot</i>
3	14 Mei 2002	Bab 3 dan Bab 4 (Penyelesaian numerik untuk error function)	<i>elrot</i>
4	1 Juni 2002	Revisi Bab 3 dan bab 4	<i>elrot</i>
5	10 Juni 2002	Analisa Software CORMIX	<i>elrot</i>
6	8 Juli 2002	Software Ocean Outfall	<i>elrot</i>
8	22 Juli 2002	Draft akhir Tugas Akhir (Bab 1,2,3,4,5, lampiran).	<i>elrot</i>
9	26 Juli 2002	Revisi Bab 2, 3,4, Daftar pustaka.	<i>elrot</i>

Catatan : Lembar Presensi ini harus dibawa pada saat mengikuti ujian Tugas Akhir

Formulir Evaluasi Kemajuan Tugas Akhir

Kami, dosen Pembimbing Tugas Akhir dari Mahasiswa :

Nama : Diah Widhi A.R.R
Nrp. : 4398 100 042
Judul Tugas Akhir : Pengembangan Perangkat Lunak Untuk Pemodelan Ocean Outfall Jenis Buoyant Jet Tunggal

Setelah mempertimbangkan butir-butir berikut :

- a. Keaktifan Mahasiswa dalam mengadakan asistensi
- b. Proporsi materi Tugas Akhir yang telah diselesaikan sampai saat ini.
- c. Proses penyelesaian Tugas Akhir dalam jangka waktu yang relevan.
- d. Massa studi yang tersisa.

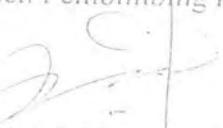
Dengan ini, kami mengusulkan agar Tugas Akhir Mahasiswa tersebut diputuskan untuk :

- Dibatalkan keseluruhannya dan mengajukan judul baru.
- Diperkenankan menyelesaikan tanpa perubahan.
- Diperkenankan mengikuti ujian Tugas Akhir dengan judul tetap/berubah

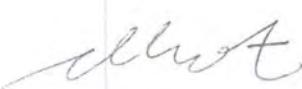
Selanjutnya Mahasiswa diatas diharuskan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhirnya dan dapat mengikuti ujian Tugas Akhir untuk wisuda.....

Surabaya, 31 Juli 2002
Mengetahui,

Dosen Pembimbing I


Dr. Ir. Mukhtasor, M.Eng.
Nip. 132 105 583

Dosen Pembimbing II


Kriyo Sambodho, ST
Nip. 132 231 071