



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SKRIPSI – ME141501

**SIMULASI DIFUSI UNDERWATER OIL PIPELINE LEAK METODE
MULTIPHASE CFD**

Cholid Aulawy Mubarak
NRP 04211440000067

Dosen Pembimbing
Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.
Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN**



SKRIPSI - ME 141501

SIMULASI DIFUSI *UNDERWATER OIL PIPELINE LEAK* METODE *MULTIPHASE CFD*

Cholid Aulawy Mubarak
NRP 0421144000067

Dosen Pembimbing
Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.
Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - ME 141501

DIFFUSION SIMULATION ON UNDERWATER OIL PIPELINE LEAK USING MULTIPHASE CFD METHOD

Cholid Aulawy Mubarak
NRP 04211440000067

Supervisor Lecturer
Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.
Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF OCEANIC TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

SIMULASI DIFUSI *UNDERWATER OIL PIPELINE LEAK* METODE *MULTIPHASE CFD*

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Marine Machinery and Fluid System (MMS)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

CHOLID AULAWY MUBAROK

NRP. 0421 144 0000 067

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi:

Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.

NIP. 197603102000031001

Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.

NIP. 19922017111048

()
()

SURABAYA,
JULI 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

SIMULASI DIFUSI *UNDERWATER OIL PIPELINE LEAK* METODE *MULTIPHASE CFD*

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Machinery and Fluid System (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

CHOLID AULAWY MUBAROK

NRP. 0421 144 0000 067

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



SURABAYA
JULI, 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Simulasi Difusi Underwater Oil Pipeline Leak Metode Multiphase CFD

Nama Mahasiswa : Cholid Aulawy Mubarak
NRP : 0421 144 0000 067
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Dosen Pembimbing 1 : Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc
Dosen Pembimbing 2 : Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.

Abstrak

Sistem perpipaan bawah laut (*underwater pipeline*) merupakan salah satu moda transportasi alternatif untuk memindahkan minyak maupun gas dari satu tempat ke tempat lainnya, seperti dari sumur minyak atau gas menuju ke tempat pengumpul, lalu ke terminal, fasilitas proses, dan lainnya. Kelebihan lain dari penggunaan sistem ini adalah biaya operasional yang murah dan dapat digunakan untuk jangka panjang. Perencanaan sistem yang matang harus dibuat guna menjaga durabilitas dari sistem tersebut maupun menghindari terjadinya kegagalan pada sistem. Namun potensi terjadinya kecelakaan, baik dari faktor internal maupun eksternal dari sistem perpipaan pipa itu sendiri bisa saja terjadi. Jika pada akhirnya terjadi suatu kecelakaan yang menyebabkan tumpah / bocornya sistem perpipaan, dapat berimbas pada kerusakan ekosistem yang berujung pada pinalti maupun denda yang harus dibayar pada setiap area yang terkena polusi dari kegagalan sistem tersebut. Simulasi difusi dilakukan untuk mengetahui karakteristik persebaran minyak saat terjadinya kebocoran pada pipa, dan kecepatan aliran yang ditempuh menggunakan simulasi *software*. Pipa diberi lubang sebesar 1 mm; 2 mm; 3 mm; 4 mm dan 5 mm dianggap sebagai titik terjadinya kebocoran. Masukan data berupa tekanan pada bagian inlet didapat dari pengukuran tekanan pompa yang hasilnya dimasukkan sebagai variabel dalam perhitungan. Karakteristik tiap aliran minyak bervariasi tiap ukuran lubang kebocoran dan tergantung dari tekanan yang berbeda pada tiap ukuran lubang kebocorannya. Dengan menggunakan metode simulasi *multiphase* pada *software* ANSYS CFD Fluent yang divalidasi pada kondisi lingkungan yang sebenarnya, didapatkan hasil kecepatan aliran yang hampir serupa dengan perbedaan nilainya tidak mencapai 5%. Namun, hasil ini masih berlaku untuk dimensi satu dan dua saja, sehingga dibutuhkan kajian lagi lebih dalam mengenai metode ini.

Kata kunci : kebocoran pipa, difusi fluida, *multiphase* CFD

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Diffusion Simulation On Underwater Oil Pipeline Leak Using Multiphase CFD Method

Student's Name : Cholid Aulawy Mubarok
NRP : 0421 144 0000 067
Department : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Supervisor Lecturer 1 : Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc
Supervisor Lecturer 2 : Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.

Abstract

Underwater piping system (underwater pipeline) is one of the alternate method to transport oil and gas from one place to another, such as oil or gas well to the reservoir, terminals, product factory, etc. Another advantage of using this system is the low operational costs and can be used for the long term investment. The detail planning of the system must be made to maintain the durability of the system as well as to avoid failure of the system. However, the potential for accidents, both internal and external factors of the pipeline system itself may occur. If an unexpected event of accident causing spillage / leakage of the piping system, it may impact on ecosystem damage that leads to penalties and fines that need to be paid for every areas exposed by the pollution of the failure of the system. The diffusion simulation is performed to observe the oil dispersal characteristic when the leakage occurs at the pipe, and the flow rate used by software simulation. The pipe is given a hole of 1 mm; 2 mm; 3 mm; 4 mm and 5 mm are considered as points of occurrence of leakage. Input data in the form of pressure on the inlet obtained from the pump pressure measurement which results are included as a variable in the calculation. The characteristics of each oil flow vary with each leakage hole size and depend on the different pressure at each leakage hole size. Using a multiphase simulation method in the Fluent ANSYS CFD software validated under actual environmental conditions, the resulting flow velocity is almost similar to the difference in value not reaching 5%. However, this result still applies only to one and two dimensions, so a more in-depth study of this method is required.

Key words : pipe leak, fluid diffusion, multiphase CFD

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Azza Wa Jalla, yang telah memberikan rahmat dan anugerah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Simulasi Difusi Underwater Oil Pipeline Leak Metode Multiphase CFD**” dengan baik dan tepat waktu. Tugas akhir tersebut diajukan sebagai salah satu persyaratan kelulusan program studi sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses penyelesaian Tugas Akhir dan keberhasilan menempuh program studi sarjana, tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak di bawah ini, yaitu :

1. Kedua orang tua penulis, Ibunda Emi Rosyidah dan Ayahanda Haitami yang selalu mendukung dan memberikan semangat kepada penulis setiap kegiatan dan aktivitas hingga saat ini serta mengingatkan untuk taat beribadah.
2. Saudara penulis, Safira Firdaus dan Muhammad Dhiya' Ulhaq sebagai adik yang selalu memberikan semangat bagi penulis.
3. Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT selaku dosen wali yang telah banyak memberikan bimbingan pada kami para mahasiswa wali beliau.
4. Bapak Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc. selaku dosen pembimbing penulis dan dosen pengampu Laboratorium MMS yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dan memberikan motivasi untuk terus belajar dan mengembangkan diri.
5. Bapak Ede Mehta Wardhana ST., MT. selaku dosen pembimbing kedua yang telah membimbing penulis serta memberikan motivasi untuk terus maju dan memberikan pelajaran baik akademik dan non akademik berupa karakter, etika, dan sikap.
6. Seluruh dosen, tenaga kependidikan serta manajemen Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS yang telah membimbing penulis dalam selama menimba ilmu selama ini.
7. Penghuni kosan lantai atas tower utara, Ikbar, Raka, Sabil, Syahirul dan Barok yang selalu memotivasi dan menghibur penulis pada masa pembuatan skripsi maupun perkuliahan dua semester ini.
8. Seluruh kawan-kawan pejuang tugas akhir Warkop Damai, Iqbal, Tio, Galih, Gilang dan mas Ali yang senantiasa meluangkan waktu dan tempat untuk mengerjakan tugas akhir bersama penulis.
9. Seluruh kawan-kawan pejuang tugas akhir lab MMS gak yii gak fafifu yang turut berjuang disamping penulis dalam menyelesaikan tugas akhirnya.
10. Kawan seperjuangan angkatan MERCUSUAR '14 yang telah menjadi teman, rekan, sahabat dan bagian dari pengalaman penulis selama menempuh kehidupan mahasiswa di kampus perjuangan ini.

11. Seluruh kakak tingkat BISMARCK '12 dan BARAKUDA '13 yang telah memberikan teladan dan bagian dari pengalaman penulis dalam belajar menjadi mahasiswa dan anggota yang baik di lingkungan HIMASISKAL.
12. Seluruh adik-adik angkatan SALVAGE '15, VOYAGE '16, BADRIKARA '17 yang pernah berbagi pengalaman bersama dan menjadi kawan selama menempuh pendidikan di ITS.
13. Kepada M. Soleh, yang ikhlas *data logger*-nya tercabut oleh penulis secara tidak sengaja hingga menyebabkan pengambilan data kembali dari awal.
14. Kepada semua member Secret! Surabaya dan Secret! Perfection, terutama untuk Adetya Putri dan pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini jauh dari sebuah kesempurnaan, oleh karenanya kritik dan saran sangat terbuka untuk menjadikan karya yang lebih baik dan memberikan kebermanfaatan.

Penulis berharap bahwa karya tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi seluruh pembaca di kemudian hari.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penulisan.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Pipa Bawah Laut.....	3
2.2 Analisis Pada Pipa Bawah Laut.....	4
2.3 Pembebanan Pada Pipa.....	4
2.4 Pipeline Leak.....	5
2.5 Arus Laut.....	6
2.6 Jenis Fluida.....	7
2.6.1 Crude Oil.....	7
2.7 Pengertian Fluida dan Macamnya.....	7
2.8 Sifat-sifat Fluida.....	8
2.9 Macam Aliran Fluida.....	10
2.10 Head Pompa.....	12
2.10.1 Head Tekanan.....	13
2.10.2 Head Statis.....	13
2.10.3 Head Kecepatan.....	14
2.11 ANSYS CFD.....	14
2.11.1 ANSYS Fluent.....	14
2.11.2 Multiphase CFD.....	18
2.11.3 Multiphase Dengan Model Volume of Fluid (VOF).....	20
BAB III METODOLOGI.....	23
3.1 Metode Penelitian.....	23
3.1.1 Perumusan Masalah.....	23
3.1.2 Studi Literatur.....	23
3.1.3 Pengumpulan Data Sekunder.....	24
3.1.4 Pengumpulan Data.....	24
3.1.5 Desain Pipa.....	24
3.1.6 Modelling Software.....	24
3.1.7 Running Alat.....	24
3.1.8 Running CFD.....	25

3.1.9 Analisa Data dan Pembahasan.....	25
3.2 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	26
3.3 Prosedur penelitian.....	28
3.4 <i>CFD Simulation</i>	29
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN.....	31
4.1 Penelitian Pada <i>Flow Channel</i>	31
4.1.1 Prosedur Penelitian.....	31
4.1.2 <i>Draft apparatus</i> penelitian.....	36
4.1.3 Parameter percobaan.....	39
4.2 <i>CFD Simulation</i>	40
4.2.1 <i>Geometry Setup</i>	40
4.2.2 <i>Meshing</i>	40
4.2.3 <i>Properties Setup</i>	43
4.2.4 <i>Solution Calculation</i>	46
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	53
5.1 Analisa Percobaan Pada <i>Flow Channel</i>	53
5.1.1 Kebocoran ukuran 1 mm.....	53
5.1.2 Kebocoran ukuran 2 mm.....	54
5.1.3 Kebocoran ukuran 3 mm.....	54
5.1.4 Kebocoran ukuran 4 mm.....	55
5.1.5 Kebocoran ukuran 5 mm.....	56
5.1.6 Hasil analisa.....	56
5.2 Analisa Kalkulasi Pada ANSYS CFD.....	57
5.2.1 Kebocoran ukuran 1 mm.....	58
5.2.2 Kebocoran ukuran 2 mm.....	60
5.2.3 Kebocoran ukuran 3 mm.....	61
5.2.4 Kebocoran ukuran 4 mm.....	63
5.2.5 Kebocoran ukuran 5 mm.....	64
5.3 Perbandingan Antara Percobaan Pada <i>Flow Channel</i> dan Kalkulasi ANSYS CFD.....	66
BAB VI KESIMPULAN DAN REKOMENDASI.....	69
6.1 Kesimpulan.....	69
6.2 Rekomendasi.....	72
DAFTAR PUSTAKA.....	73
BIODATA PENULIS.....	75
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem pipeline.....	3
Gambar 2.2 Contoh analisa kebocoran pipa bawah laut pada jenis minyak yang berbeda.....	5
Gambar 2.3 Perbedaan Jenis Aliran Fluida.....	10
Gambar 2.4 Visualisasi Perbedaan Jenis Aliran Turbulen-Laminer.....	11
Gambar 2.5 Reynold Number.....	12
Gambar 2.6 <i>User interface</i> ANSYS Workbench 18.0.....	15
Gambar 2.7 <i>Geometry setup</i> ANSYS Workbench 18.2.....	15
Gambar 2.8 Proses <i>meshing</i> pada ANSYS Workbench 18.2.....	16
Gambar 2.9 <i>Setup properties</i> pada ANSYS Fluent.....	17
Gambar 2.10 Jendela <i>properties setup</i> pada ANSYS Workbench 18.2.....	17
Gambar 2.11 Proses kalkulasi pada ANSYS Workbench 18.0.....	18
Gambar 2.12 <i>Multiphase Flow</i>	19
Gambar 4.2 Skematik 3 dimensi sistem perpipaan.....	35
Gambar 4.3 Rangkaian sistem perpipaan.....	35
Gambar 4.4 <i>Apparatus</i> penelitian tampak atas.....	36
Gambar 4.5 Spesifikasi pompa.....	37
Gambar 4.6 Penentuan bagian <i>inlet oil</i> pada <i>name selection</i> di bagian <i>meshing</i>	41
Gambar 4.7 Penentuan bagian <i>inlet water</i> pada <i>name selection</i> di bagian <i>meshing</i>	41
Gambar 4.8 Penentuan bagian <i>outlet mixture1</i> pada <i>name selection</i> di bagian <i>meshing</i>	42
Gambar 4.9 Penentuan bagian <i>outlet mixture2</i> pada <i>name selection</i> di bagian <i>meshing</i>	42
Gambar 4.10 Hasil proses <i>meshing</i>	43
Gambar 4.11 <i>Surface tension modelling</i> pada <i>phase interaction</i>	44
Gambar 4.12 Kecepatan aliran pada <i>flow channel</i>	45
Gambar 4.13 Input data pada <i>boundary condition</i>	45
Gambar 4.14 Input koordinat minyak pada kebocoran 2 mm.....	46
Gambar 4.15 Contoh input koordinat air pada kebocoran 2 mm.....	47
Gambar 4.16 <i>Tab contour settings</i>	47
Gambar 4.17 Pengaturan pada <i>contour windows</i>	48
Gambar 4.18 Hasil mark pada <i>contours</i>	48
Gambar 4.19 Pengaturan pada <i>animation definition windows</i>	49
Gambar 4.20 Pengaturan pada <i>tab calculation</i>	50
Gambar 5.1 Minyak yang keluar pada kebocoran ukuran 1 mm.....	53
Gambar 5.2 Minyak yang keluar pada kebocoran ukuran 2 mm.....	54
Gambar 5.3 Minyak yang keluar pada kebocoran ukuran 3 mm.....	54
Gambar 5.4 Minyak yang keluar pada kebocoran ukuran 4 mm.....	55
Gambar 5.5 Minyak yang keluar pada kebocoran ukuran 5 mm.....	56
Gambar 5.6 Visualisasi kebocoran ukuran 1 mm.....	58
Gambar 5.7 Grafik kebocoran ukuran 1 mm.....	59
Gambar 5.8 Visualisasi kebocoran ukuran 2 mm.....	60
Gambar 5.9 Grafik kebocoran ukuran 2 mm.....	60
Gambar 5.10 Visualisasi kebocoran ukuran 3 mm.....	61
Gambar 5.11 Grafik kebocoran ukuran 3 mm.....	62
Gambar 5.12 Visualisasi kebocoran ukuran 4 mm.....	63

Gambar 5.13 Grafik kebocoran ukuran 4 mm.....	63
Gambar 5.14 Visualisasi kebocoran ukuran 5 mm.....	64
Gambar 5.15 Grafik kebocoran ukuran 5 mm.....	65
Gambar 5.16 Grafik perbandingan kecepatan aliran minyak tiap lubang kebocoran.....	67
Gambar 5.17 Validasi aliran minyak secara <i>visual</i> pada lubang ukuran 1 mm.....	70
Gambar 5.18 Validasi aliran minyak secara <i>visual</i> pada lubang ukuran 2 mm.....	70
Gambar 5.19 Validasi aliran minyak secara <i>visual</i> pada lubang ukuran 3 mm.....	70
Gambar 5.20 Validasi aliran minyak secara <i>visual</i> pada lubang ukuran 4 mm.....	71
Gambar 5.21 Validasi aliran minyak secara <i>visual</i> pada lubang ukuran 5 mm.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Alat dan bahan penelitian.....	31
Tabel 4.2 Spesifikasi Pompa.....	37
Tabel 4.3 Parameter-parameter percobaan.....	39
Tabel 4.4 Total Node dan Elemen dari tiap model lubang kebocoran.....	40
Tabel 4.5 Spesifikasi <i>crude oil</i> yang akan diuji.....	43
Tabel 4.6 Tekanan pada <i>pressure gauge</i>	46
Tabel 5.1 Hasil analisa penelitian pada <i>flow channel</i>	57
Tabel 5.2 Kecepatan aliran tiap posisi pada ukuran lubang 1 mm.....	59
Tabel 5.3 Kecepatan aliran tiap posisi pada ukuran lubang 2 mm.....	61
Tabel 5.4 Kecepatan aliran tiap posisi pada ukuran lubang 3 mm.....	62
Tabel 5.5 Kecepatan aliran tiap posisi pada ukuran lubang 4 mm.....	64
Tabel 5.6 Kecepatan aliran tiap posisi pada ukuran lubang 5 mm.....	65
Tabel 5.7 Perbandingan kecepatan aliran antara <i>software</i> dengan kondisi pada <i>flow channel</i>	66
Tabel 5.8 Perbandingan tekanan dengan kecepatan dan waktu.....	69
Tabel 5.9 Jarak persebaran minyak tiap lubang kebocoran.....	71

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan pipa bawah laut (*underwater pipeline*) dalam industri minyak dan gas bumi lepas pantai merupakan salah satu alternatif moda transportasi untuk memindahkan produk penambangan tersebut dari satu tempat ke tempat lainnya, mencakup misalnya dari sumur minyak atau gas ke tempat pengumpul, dari tempat pengumpul ke terminal, dari terminal ke fasilitas proses dan sebagainya. (Dirta Marina C, 2009). Diantara kelebihan lainnya adalah biaya operasional yang murah, investasi mahal hanya pada saat penginstalan pertama dan bersifat jangka panjang. Apabila dengan menggunakan kapal tanker maka biaya sewa akan sangat mahal, belum lagi tidak beroperasinya kapal pada saat badai juga akan menyebabkan kenaikan biaya yang signifikan. Oleh karena itu, penggunaan pipa merupakan pilihan yang tepat dan efisien untuk investasi jangka panjang. Perencanaan dalam perancangan pipa bawah laut harus matang agar pada saat beroperasi nanti tidak akan terjadi kegagalan akibat kesalahan perancangan. (Abdul Ghofur Ragil Insani, 2016).

Banyak faktor yang dapat menyebabkan kerusakan pada konstruksi pipa bawah laut, diantaranya adalah korosi, tekanan dan suhu yang tinggi, pipa terseret arus, hingga kemungkinan terkena jangkar kapal yang jatuh. Kebocoran pipa minyak bawah air menyebabkan polusi yang dapat merusak tanah dan air, dan menghasilkan kerugian ekonomi yang besar. Untuk itu perlu dilakukan perhitungan untuk memprediksi daerah difusi kebocoran minyak sebelum mencapai permukaan air dan mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk dilakukan perbaikan lingkungan.

Dalam perancangan tugas akhir ini, akan didesain bagaimana cara untuk mengetahui karakteristik dan kecepatan dari fluida yang mengalir saat terjadinya kebocoran pada pipa menggunakan *software* FLUENT. Dengan memvariasikan ukuran lubang kebocoran dan jarak dari inlet dan outlet pipa yang dijadikan variabel, Sehingga data tersebut dapat digunakan untuk menentukan bagaimana karakteristik aliran fluida yang mengalir pada saat pipa mengalami kebocoran.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana karakteristik minyak yang mengalir saat terjadi kebocoran pada variasi lubang kebocoran?
2. Bagaimana menghitung jarak persebaran minyak saat terjadi kebocoran menggunakan *software*?

1.3. Batasan Masalah

1. Tidak membahas tentang desain sistem jaringan pipa bawah laut secara mendetail.
2. Tidak membahas mengenai penyebab kebocoran sistem jaringan pipa bawah laut secara mendetail.
3. Simulasi dilakukan dengan asumsi pipa diletakkan pada posisi *open lay* (tidak dikubur dalam tanah).
4. Validasi model dilakukan dengan melakukan percobaan dengan pipa PVC dan sesuai dengan kondisi *Flow Channel Workshop Marine Fluid Machinery and System* Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
5. Titik lubang kebocoran terletak di atas pipa dan divariasi mulai dari 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, hingga 5 mm.
6. Kecepatan aliran air diatur konstan.
7. Tekanan awal aliran minyak diatur konstan.

1.4. Tujuan Penulisan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik aliran kebocoran minyak yang mengalir pada variasi lubang kebocoran pipa.
2. Mengetahui jarak persebaran minyak saat terjadi kebocoran pada pipa menggunakan *software*.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

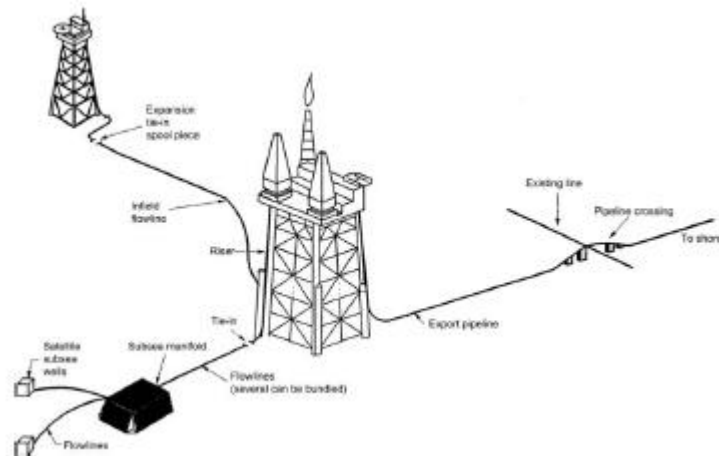
1. Mengetahui karakteristik aliran minyak saat terjadi kebocoran pada variasi lubang kebocoran pada pipa.
2. Mengetahui jarak persebaran minyak saat terjadi dengan jenis minyak yang diuji pada tiap-tiap ukuran kebocoran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pipa Bawah Laut

Pipa bawah laut telah sering digunakan dalam pengembangan sumber daya laut dalam. Pada normalnya, istilah *subsea flowline* biasa digunakan untuk mendeskripsikan pipa bawah laut yang membawa minyak dan gas bumi dari *wellhead* ke *riser*. Pipa bawah laut yang digunakan untuk mengalirkan gas bumi dan minyak dari fasilitas produksi ke *onshore* disebut *export pipelines*, sedangkan pipa bawah laut yang menghubungkan *platform* ke peralatan bawah laut yang digunakan untuk memindahkan air atau *chemical* disebut *water injection* atau *chemical flowlines* (Bai Q dan Bai Y, “Subsea Pipeline Design, Analysis, and Installation”. 2014). **Gambar II-1** berikut adalah ilustrasi dari sistem pipeline pada bawah laut:



Gambar 2.1 Sistem pipeline
Sumber: Bai Q dan Bai Y, 2014

Dalam kegiatan pembangunan pipa bawah laut membutuhkan berbagai informasi yang akan mendukung proses pemasangan pipa bawah laut tersebut. Informasi yang dibutuhkan dalam pemasangan pipa bawah laut adalah:

1. Informasi kedalaman dasar laut di sepanjang koridor rencana survei rute pipa bawah laut, berupa topografi bawah laut.
2. Informasi pasang surut di sekitar area survei sebagai referensi kedalaman.
3. Informasi arah dan kecepatan arus laut di sepanjang area survei rencana rute pipa.

4. Informasi tentang jenis atau struktur batuan dan tanah di sepanjang koridor rencana rute pipa bawah laut.
5. Informasi tentang infrastruktur yang sudah terpasang sebelumnya di area survei seperti pipa dan kabel bawah laut.

2.2 Analisis Pada Pipa Bawah Laut

Pada umumnya terdapat 4 kondisi saat pembebanan pada pipa bawah laut yang dapat mempengaruhi kondisi pada pipa.

1. Instalasi

Kondisi ini terjadi sesaat setelah *pipeline* diinstal dan belum dialiri fluida di dalamnya. Pembebanan utama yang bekerja pada pipa saat kondisi instalasi adalah gelombang, arus *steady* dan *self weight* dari pipa itu sendiri. Kombinasi dari tekanan dan tekanan *bending* adalah hasil dari metode instalasi yang digunakan.

2. *Water filled*

Kondisi ini terjadi sesaat sebelum melakukan *hydrotest*. Pada kondisi ini, pipa terisi penuh oleh air laut sehingga berat pipa terendam meningkat. Peningkatan tersebut memberikan efek *critical* terhadap *pipeline*.

3. *Hydrotesting*

Hydrotesting dilakukan untuk menguji *pipeline* terhadap tekanan internal, dimana melebihi tekanan operasi yang telah didesain. Pipa akan terisi air pada kondisi ini. Karena pipa mengalami peningkatan berat dan tekanan internal, maka pada keadaan ini pipa akan mendapat beban yang paling besar.

4. Operasi

Setelah instalasi dan *hydrotest* telah dilakukan, pipa akan mengalami fase operasi. Selama operasi, pipa akan mengalami tekanan dan suhu yang tinggi. Pada operasi normal, pipa diharapkan dapat bekerja selama umur desain dari *pipeline*.

2.3 Pembebanan Pada Pipa

Ada 2 beban yang bekerja pada pipa bawah laut (Kenny, 2009):

1. Beban Fungsional

Beban fungsional merupakan beban yang terjadi atau bekerja pada pipa itu sendiri tanpa dipengaruhi oleh beban lingkungan, yang termasuk beban fungsional antara lain adalah beban pipa itu sendiri, berat lapisan anti korosi, struktur baja pipa, beban akibat suhu yang terdapat di dalam pipa, lapisan selubung beton, dan beban akibat sisa proses instalasi.

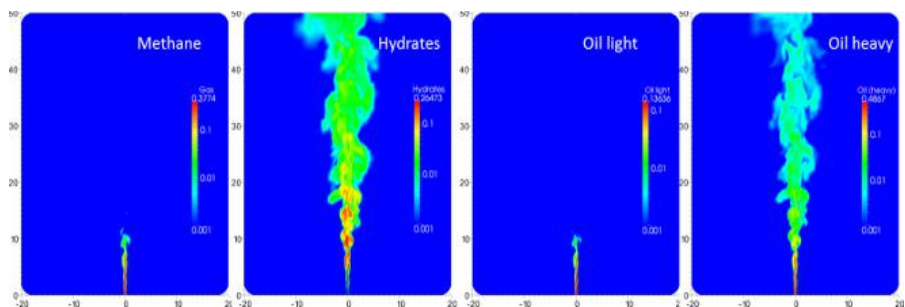
2. Beban Lingkungan

Beban yang terjadi pada pipa karena adanya kondisi lingkungan. Pada pipa bawah laut, beban yang paling mempengaruhi adalah beban arus dan beban gelombang. Karena data yang di dapat merupakan data yang bersifat acak, maka data yang digunakan untuk analisa adalah periode ulang. Periode ulang merupakan rata-rata dari beban yang terjadi.

2.4 Pipeline Leak

Pembebanan yang diterima oleh pipa seiring waktu menyebabkan meningkatnya resiko kerusakan pada pipa. Interaksi antara logam pipa dan lingkungannya juga akan mengakibatkan terjadinya korosi, dimana korosi tersebut merupakan salah satu penyebab kebocoran pipa bawah laut. Sudah banyak penelitian yang dilakukan untuk memprediksi laju korosi pada pipa transfer minyak bawah laut. Jenis cacat, laju korosi, jenis kegagalan dan prediksi propabilitas kegagalan sudah diterapkan untuk memprediksi laju korosi.

Setelah banyaknya analisa dari berbagai pihak mengenai kondisi pipa, dapat dipastikan kegagalan sistem jaringan pipa itu sudah pasti terjadi. Dampak dari kegagalan sistem tersebut akan menimbulkan masalah, salah satunya adalah kebocoran pipa minyak bawah laut. Setiap jenis kebocoran akan memiliki karakteristik persebaran minyak yang berbeda-beda. Perbedaan karakteristik ini dipengaruhi oleh tipe dari fluida yang dialirkan dalam pipa. Mekanisme kebocoran minyak ini terjadi karena perbedaan berat jenis antara minyak dengan air laut.



Gambar 2.2 Contoh analisa kebocoran pipa bawah laut pada jenis minyak yang berbeda.

(Sumber : <https://ascomp.ch/services/oil-gas/>)

Kebocoran yang terjadi pada pipa transfer minyak bawah laut menimbulkan dampak negatif yang sangat merugikan bagi lingkungan sekitar. Ukuran dari kebocoran pada pipa sangat berpengaruh dalam persebaran minyak ke lingkungan. Karakteristik persebaran minyak inilah yang nanti akan diperhitungkan sehingga mempermudah melakukan perbaikan pada daerah yang terkontaminasi.

2.5 Arus Laut

Arus merupakan gerakan horizontal atau vertikal dari suatu massa air sehingga massa air tersebut mencapai kestabilan. Gerakan tersebut merupakan resultan dari beberapa gaya yang bekerja dan beberapa faktor yang mempengaruhinya. Terdapat dua gaya yang berperan dalam arus air, yaitu gaya primer dan gaya sekunder. Gaya primer berperan dalam menggerakkan arus dan menentukan kecepatannya. Gaya primer ini terdiri dari gravitasi, gesekan angin (*wind stress*), gaya dorong ke atas dan ke bawah (*bouyancy*), serta tekanan atmosfer. Gaya sekunder mempengaruhi arah gerakan dan kondisi aliran arus. Gaya sekunder meliputi gaya Coriolis dan gesekan lapisan air laut itu sendiri (Pond and Pickard, 1983)

Berdasarkan gaya-gaya pembangkit arus, arus terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. *Arus Ekman*, yaitu arus yang disebabkan oleh gesekan angin;
2. *Arus Pasang Surut*, yaitu arus yang disebabkan oleh adanya gaya pembangkit pasang surut;
3. *Arus Thermohaline*, yaitu arus yang disebabkan karena adanya perbedaan densitas air laut;
4. *Arus Geostrofik*, yaitu arus yang disebabkan karena adanya gradien tekanan mendatar dan gaya Coriolis;
5. *Wind Driven Current*, yaitu arus yang dibangkitkan oleh angin, seperti sirkulasi sebagian besar samudera di lapisan atas, gelombang permukaan dan up-welling; serta
6. *Arus Inersia*, yaitu suatu gerakan air dimana terjadi gesekan yang sangat kecil (diasumsikan nol) dan gaya yang masih bekerja hanya gaya Coriolis sehingga menyerupai kurva. Arus inersia yang terjadi di sekitar garis lintang akan membentuk lingkaran (*circular*). Arah rotasi pada lingkaran inersia adalah searah jarum jam di belahan bumi utara dan berlawanan arah jarum jam di belahan bumi selatan (Pon and Pickard, 1983).

Arus merupakan suatu besaran vektor yang memiliki arah dan kecepatan, dimana arah panah menunjukkan arah arus serta panjang anak panah menunjukkan besarnya kecepatan dari arus tersebut. Kecepatan arus juga

sangat berpengaruh dalam proses persebaran minyak ke lingkungan. Semakin besar arus yang terjadi maka semakin jauh pula persebaran dari minyak.

2.6 Jenis Fluida

2.6.1 Crude Oil

Minyak mentah atau *crude oil* adalah cairan coklat kehijauan sampai hitam yang terutama terdiri dari karbon dan hidrogen. Teori yang paling umum digunakan untuk menjelaskan asal-usul minyak bumi adalah “*organic source materials*”. Teori ini menyatakan bahwa minyak bumi merupakan produk perubahan secara alami dari zat-zat organik yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan dan hewan yang mengendap selama ribuan sampai jutaan tahun. Akibat dari pengaruh tekanan, temperatur, kehadiran senyawa logam dan mineral serta letak geologis selama proses perubahan tersebut, maka minyak bumi akan mempunyai komposisi yang berbeda di tempat yang berbeda. (Wikipedia, 2015)

Pada bidang refining, diketahui ada empat jenis hidrokarbon, yaitu *parafin*, *naften*, *olefin*, dan *aromat*. Dari keempat jenis hidrokarbon tersebut *parafin*, *naften*, dan *aromat* terdapat pada *crude oil*. Senyawa hidrokarbon *olefin* (C_nH_{2n}) merupakan senyawa yang terbentuk pada saat pemrosesan minyak bumi (*refining*). Karena sifatnya yang tidak stabil, senyawa ini cenderung reaktif dan mudah berpolimerisasi dan membentuk *gum*. Oleh karenanya, senyawa *olefin* tidak terdapat pada *crude oil* karena pada dasarnya, apa yang terbentuk di alam (secara alamiah) dalam keadaan stabil.

Secara umum, komposisi minyak bumi terdiri dari:

C : 83,00 – 87,00 % wt

H : 10,00 – 14,00 % wt

S : 0,05 – 6,00 % wt

O : 0,05 – 1,50 % wt

N: 0,10 – 2,00 % wt

Logam : 10^{-5} – 10^{-2} % wt

Berdasarkan kandungan senyawanya, minyak bumi dibagi menjadi golongan hidrokarbon dan non-hidrokarbon serta senyawa-senyawa logam.

2.7 Pengertian Fluida dan Macamnya

Fluida merupakan suatu zat yang dalam keadaan setimbang tak dapat menahan gaya atau tegangan geser (*shear force*). Definisi lain dari fluida adalah zat yang dapat mengalir yang mempunyai partikel yang mudah bergerak dan beruba bentuk tanpa pemisahan massa.

Ketahanan fluida terhadap perubahan bentuk sangat kecil sehingga fluida dapat dengan mudah mengikuti bentuk ruang. Berdasarkan wujudnya, fluida dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Fluida gas, merupakan fluida dengan partikel yang renggang dimana gaya tarik antara molekul sejenis relatif lemah dan sangat ringan sehingga dapat melayang dengan bebas serta volumenya tidak menentu.
2. Fluida cair, merupakan fluida dengan partikel yang rapat dimana gaya tarik antar molekul sejenisnya sangat kuat dan mempunyai permukaan bebas serta cenderung untuk mempertahankan volumenya. Fluida cair merupakan fluida yang tidak termampatkan.

2.8 Sifat-sifat Fluida

Semua fluida sejati mempunyai atau menunjukkan sifat-sifat atau karakteristik yang penting, antara lain:

1. Massa Jenis

Massa jenis, atau biasa disebut dengan *density* adalah pengukuran massa tiap satuan volume benda. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (2.1)$$

Dimana;

$$\begin{aligned} \rho &= \text{massa jenis (kg/m}^3\text{)} \\ M &= \text{massa benda (kg)} \\ V &= \text{volume benda (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

2. *Specific Gravity*

Berat jenis adalah salah satu sifat fisika hidrokarbon yang terkandung pada minyak umumnya dinyatakan dalam bentuk *Specific Gravity* (SG) atau dengan °API. *Specific Gravity* (SG) didefinisikan sebagai perbandingan antara densitas minyak dengan densitas air yang diukur pada tekanan dan temperatur standar (60° F dan 14,7 psia). Hubungan antara °API dengan *Specific Gravity* (SG) adalah:

$$\text{API} = \frac{141,4}{\text{SG}} - 131,5$$

Sedangkan perumusan dari SG adalah

$$\text{SG}_{\text{minyak}} = \frac{\text{Massa Jenis Minyak}}{\text{Massa Jenis Air}}$$

Kualitas dari minyak (minyak berat maupun minyak ringan) ditentukan salah satunya oleh *Specific Gravity*. Temperatur minyak mentah juga dapat mempengaruhi viskositas atau kekentalan minyak tersebut.

3. Tekanan

Tekanan didefinisikan sebagai besarnya gaya (F) tiap satuan luas bidang yang dikenainya (A). Apabila suatu zat menerima gaya yang bekerja secara teragak lurus terhadap luas permukaan zat tersebut, maka dapat dirumuskan:

$$P = F \times A \quad (2.2)$$

Dimana;

P = tekanan (N/m²)

F = gaya (N)

A = luas penampang (m²)

4. Temperatur

Temperatur berkaitan dengan tingkat energi internal dari suatu fluida. Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik dalam bentuk perpindahan maupun gerakan di tempat berupa getaran. Makin tinggi energi atom penyusun benda, makin tinggi pula temperatur benda tersebut.

5. Kekentalan

Kekentalan (viskositas) diartikan sebagai tahanan internal terhadap aliran, dan beberapa ahli juga mendefinisikan sebagai gesekan dari fluida. Kekentalan adalah nilai yang diukur dari tahanan fluida yang berubah bentuk karena tegangan geser (*shear stress*) maupun tegangan tarik (*tensile stress*). Semakin kecil nilai viskositas maka semakin mudah suatu fluida dapat bergerak.

6. Kekentalan Kinematik

Konsep dasar viskositas kinematik adalah perkembangan dari penggunaan cairan untuk menghasilkan aliran melalui suatu tabung kapiler. Apabila dikonversikan antara viskositas absolut dan kinematik didapatkan perbandingan :

$$V_k = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.3)$$

Dimana;

V_k = Viskositas kinematik

μ = Viskositas absolut
 ρ = Massa jenis

7. Kekentalan Dinamis

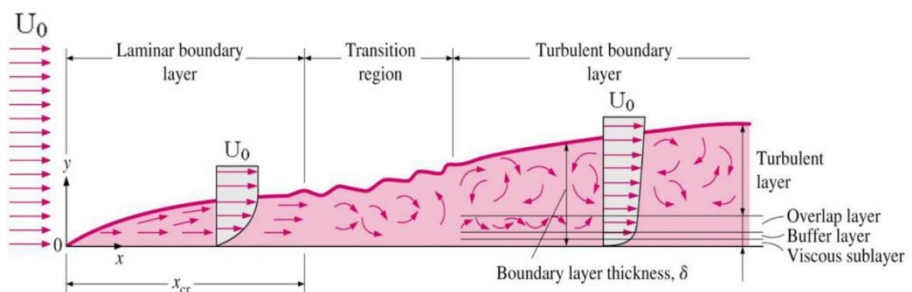
Koefisien viskositas dinamis (disebut juga viskositas absolut), apabila dibagi oleh kerapatan fluidanya disebut viskositas kinematik. Dalam sistem metrik satuan viskositas disebut Stoke dan mempunyai satuan centimeter kuadrat per detik. Biasanya didapatkan satuan pembandingan yang lebih kecil yaitu centistoke dan besarnya sama dengan seperseratus stoke.

8. Tegangan Permukaan

Tegangan permukaan menyebabkan binatang ini tidak dapat tenggelam dalam air Tegangan permukaan adalah gaya atau tarikan ke bawah yang menyebabkan permukaan cairan berkontraksi dan benda dalam keadaan tegang. Hal ini disebabkan oleh gaya-gaya tarik yang tidak seimbang pada antar muka cairan.

2.9 Macam Aliran Fluida

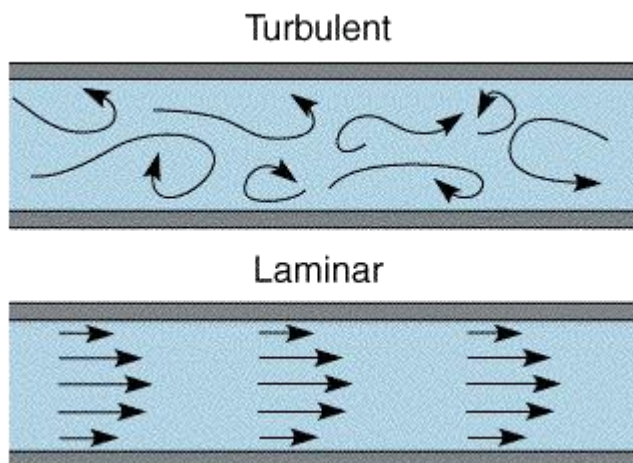
Fluida yang bergerak dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa katagori. Apakah alirannya steady atau tidak, apakah fluidanya kompresibel (dapat mampat) atau inkompresibel (tak dapat mampat), apakah fluidanya viskos atau non -viskos, atau apakah aliran fluidanya laminar atau turbulen. Jika fluidanya steady, kecepatan partikel fluida pada setiap titik tetap terhadap waktu. Fluida pada berbagai bagian dapat mengalir dengan laju atau kecepatan yang berbeda, tetapi fluida pada satu lokasi selalu mengalir dengan laju atau kecepatan yang tetap.



Gambar 2.3 Perbedaan Jenis Aliran Fluida

(Sumber : <http://aerospaceengineeringblog.com/boundary-layers/>)

Aliran fluida dapat dibedakan menjadi aliran laminar dan aliran turbulen, tergantung pada jenis garis alir yang dihasilkan oleh partikel-partikel fluida. Jika aliran dari seluruh partikel fluida bergerak sepanjang garis yang sejajar dengan arah aliran (atau sejajar dengan garis tengah pipa, jika fluida mengalir di dalam pipa), fluida yang seperti ini dikatakan laminar.



Gambar 2.4 Visualisasi Perbedaan Jenis Aliran Turbulen-Laminer
(sumber : <https://esfsciencenew.wordpress.com/2012/10/26/turbulent-flow-and-viscosity/>)

Karakteristik struktur aliran sangat tergantung dari kecepatan rata-rata aliran, densitas dan viskositas fluida.

Menurut Reynold, untuk membedakan apakah aliran itu turbulen atau laminar dapat dihitung dengan bilangan tak berdimensi yang disebut dengan Bilangan Reynold. Bilangan ini dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Re : \frac{V \times L}{\mu} \quad (2.4)$$

Dimana;

Re = bilangan Reynold (tak berdimensi)

V = kecepatan rata-rata (ft/s atau m/s)

L = panjang (ft atau m)

μ = viskositas kinematik (m²/s)

Pada $Re < 2300$, aliran bersifat laminar.

Pada $Re > 4000$, aliran bersifat turbulen.

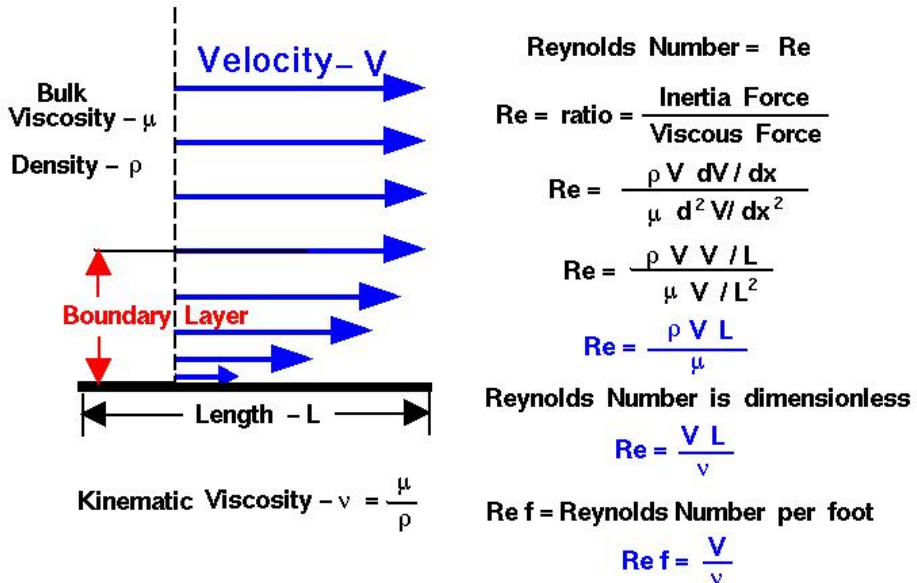
Pada $Re = 2300-4000$ terdapat daerah transisi.

(O. Reynolds, An Experimental Investigation of the Circumstances Which Determine Whether the Motion of Water Shall be Direct or Sinuous. 1883)



Reynolds Number

Glenn
Research
Center



Gambar 2.5 Reynold Number

(Sumber : <https://www.grc.nasa.gov>)

2.10 Head Pompa

Head pompa adalah energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai dengan kondisi instalasi pompa, atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang.

Menurut persamaan Bernoulli, ada tiga macam head (energi) fluida dari sistem instalasi aliran, yaitu, energi tekanan, energi kinetik dan energi potensial. Hal ini dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$H = \frac{P}{\gamma} + Z + \frac{V^2}{2g} \quad (2.5)$$

Dimana;

H = Head total pompa

$$\frac{P}{\gamma} = \text{Head tekanan}$$

$$Z = \text{Head statis total}$$

$$\frac{V^2}{2g} = \text{Head kecepatan}$$

2.10.1 Head Tekanan

Head tekanan adalah perbedaan head tekanan yang bekerja pada permukaan zat cair pada sisi tekan dengan head tekanan yang bekerja pada permukaan zat cair pada sisi isap. Head tekanan dapat dinyatakan dengan rumus :

$$\frac{P}{\gamma} = \frac{P}{\rho g} \quad (2.6)$$

Dimana;

- p = tekanan fluida
- γ = berat spesifik
- ρ = massa jenis fluida
- g = percepatan gravitasi

2.10.2 Head Statis

Head statis total adalah perbedaan tinggi antara permukaan zat cair pada sisi tekan dengan permukaan zat cair pada sisi isap. Head statis total dapat dinyatakan dengan rumus :

$$Z = Z_d - Z_s \quad (2.7)$$

Dimana;

- Z = Head statis total
- Z_d = Head statis pada sisi tekan
- Z_s = Head statis pada sisi isap

Tanda + = Jika permukaan zat cair pada sisi isap lebih rendah dari sumbu pompa (Suction lift).

Tanda - = Jika permukaan zat cair pada sisi isap lebih tinggi dari sumbu pompa (Suction head).

2.10.3 Head Kecepatan

Head kecepatan adalah perbedaan antar head kecepatan zat cair pada saluran tekan dengan head kecepatan zat cair pada saluran isap. Head kecepatan dapat dinyatakan dengan rumus :

$$hk = \frac{Vd^2}{2g} - \frac{Vs^2}{2g} \quad (2.8)$$

Dimana;

hk = Head kecepatan

$\frac{Vd^2}{2g}$ = Kecepatan zat cair pada saluran tekan

$\frac{Vs^2}{2g}$ = Kecepatan zat cair pada saluran isap

g = Percepatan gravitasi

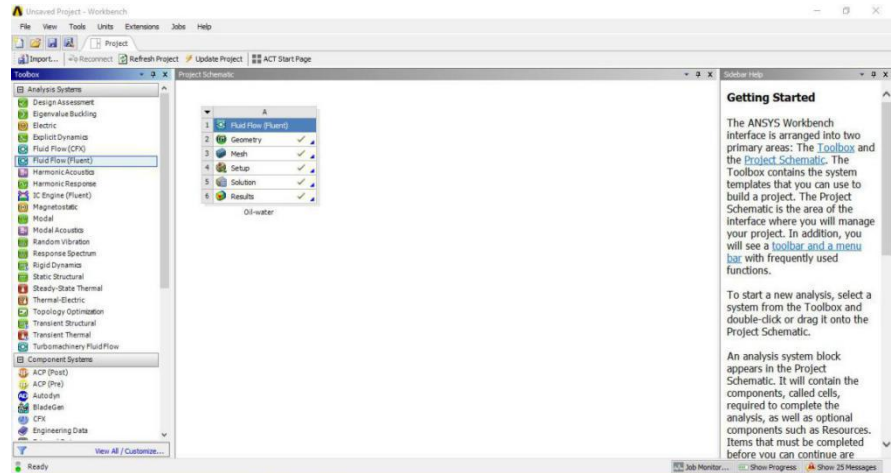
2.11 ANSYS CFD

Software ANSYS CFD dapat memberikan hasil perhitungan yang valid mendekati performa dari performa suatu produk di dunia nyata. Dengan ANSYS CFD, dapat dilakukan berbagai macam analisa *multiphysic*, yang meliputi tekanan fluida, efek termal, *structural integrity* dan radiasi elektromagnetik agar mencapai optimalisasi dari produk (www.ansys.com)

2.11.1 ANSYS Fluent

ANSYS, Inc. adalah software simulasi yang menggunakan CFD, FEM dan program algoritma lain untuk simulasi dan optimimalisasi. Pada studi ini, ANSYS FLUENT digunakan untuk menganalisa aliran fluida minyak yang keluar dari pipa yang bocor. Software ini mengikuti 5 langkah untuk penyelesaian proyek yang akan dilakukan, antara lain sebagai berikut.

Dalam pembuatan simulasi menggunakan software ANSYS Fluent, perlu diketahui jika terdapat empat poin penting sebelum hasil perhitungan software didapatkan, antara lain adalah *Geometry Setup*, *Meshing*, *Properties Setup* dan *Solution Calculation*. Poin penting tersebut akan otomatis muncul ketika membuka opsi *Fluid Flow (Fluent)* pada ANSYS workshop.

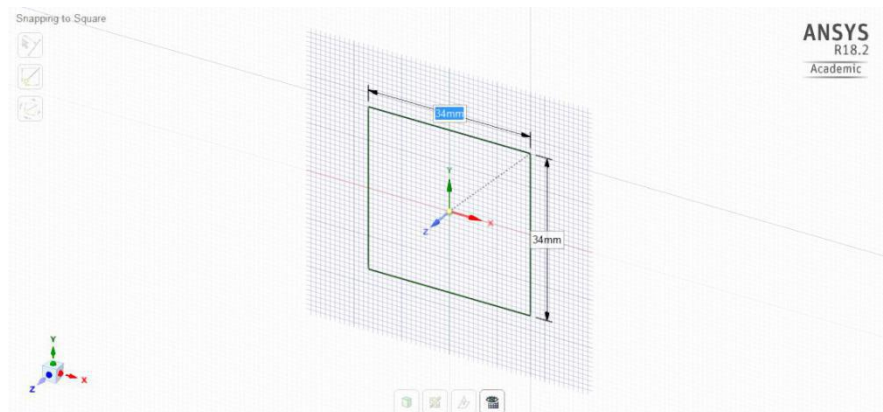


Gambar 2.6 User interface ANSYS Workbench 18.0

1. Geometry Setup

Langkah pertama dalam penggunaan ANSYS Fluent adalah dengan membuat sebuah *work plane* (bidang kerja) dimana nantinya fluida tersebut akan disimulasikan. Terdapat dua pilihan yang terdapat dalam *geometry setup*, yaitu dapat menggunakan Space Claim atau Design Modeller.

Pada pembuatan laporan ini menggunakan Design Modeller karena terdapat *grid* (garis bantu) sehingga memudahkan untuk membuat bidang kerja. Bidang kerja ini merupakan tempat dimana nantinya pergerakan fluida akan diamati dari *solver program* pada proses kalkulasi nantinya.

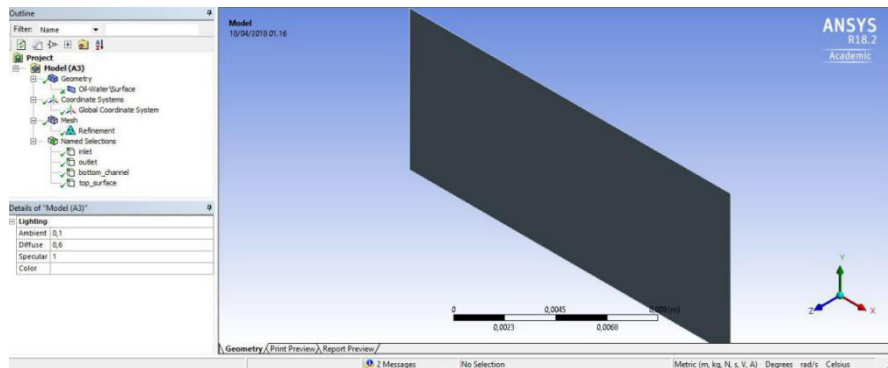


Gambar 2.7 Geometry setup ANSYS Workbench 18.2

Setelah dimensi dari bidang sudah ditentukan, lalu bidang dibuat menjadi solid agar dapat terbaca saat proses *meshing*. Untuk karakteristik fluida lainnya akan dibahas dalam langkah *properties setup*.

2. *Meshing*

Langkah *meshing* merupakan penyambungan dari pecahan model untuk mendapatkan properti dari produk secara akurat. Proses *meshing* berarti membagi model menjadi beberapa pecahan kecil sehingga proses analisa dapat menjadi lebih mudah. Analisa dilakukan pada tiap-tiap bagian yang dipecah dan seluruh area model sehingga terlihat perubahan properti dari model tersebut. Variabel yang dapat dikontrol yaitu dengan mengubah properti dari model tersebut, seperti area yang akan dianalisa, ketebalan tembok, dll.



Gambar 2.8 Proses *meshing* pada ANSYS Workbench 18.2

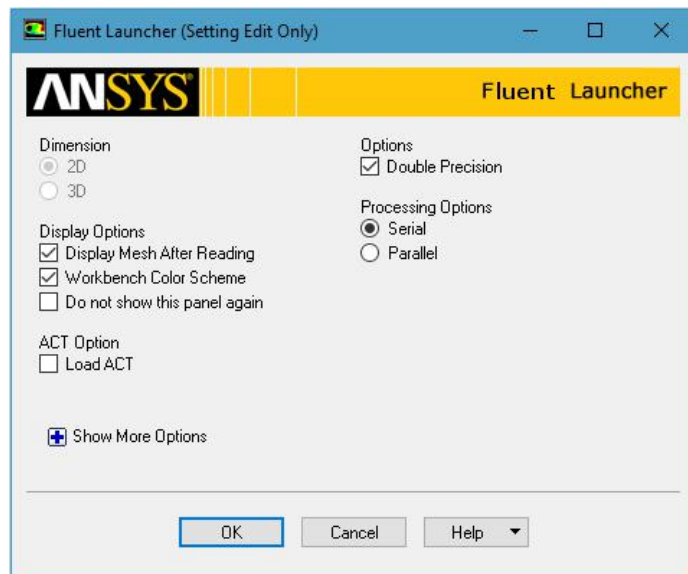
Pada proses *meshing*, yang perlu diperhatikan adalah permukaan atau tepian dimana arah dari aliran tersebut akan bergerak. Jika tidak bergerak maka semua sisi dianggap sebagai *wall* (tembok).

3. *Setup*

Pada tahap ini meliputi input data-data yang dibutuhkan seperti *properties* fluida, kecepatan fluida pada inlet, *boundary condition* dari obyek yang diamati, hingga jumlah iterasi yang dibutuhkan. Setelah data tersebut diinput, perhitungan akan diselesaikan dan iterasi dimulai. Saat semua poin sudah didapat, maka perhitungan akan berhenti.

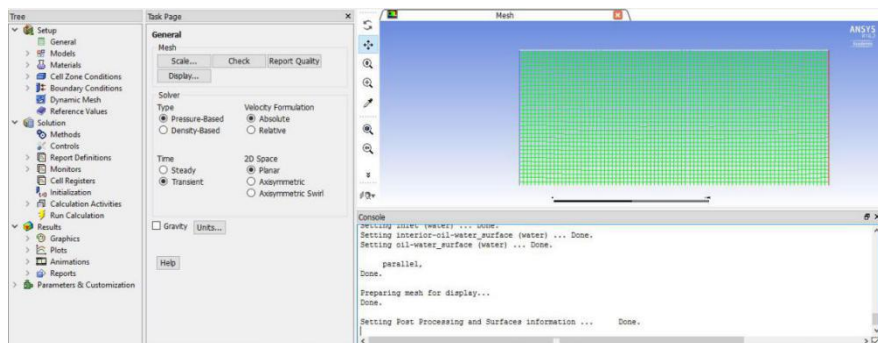
Pada *properties*, semua parameter (temperatur fluida, kecepatan aliran) dari sistem dimasukkan. Sudah ada default setting untuk tiap material,

namun lebih baik jika kita memasukkan tambahan informasi mengenai material yang akan diuji supaya lebih akurat.



Gambar 2.9 *Setup properties* pada ANSYS Fluent

Properties pada *fluent* menggunakan pengaturan *double precision* untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, namun membutuhkan waktu yang lebih lama.



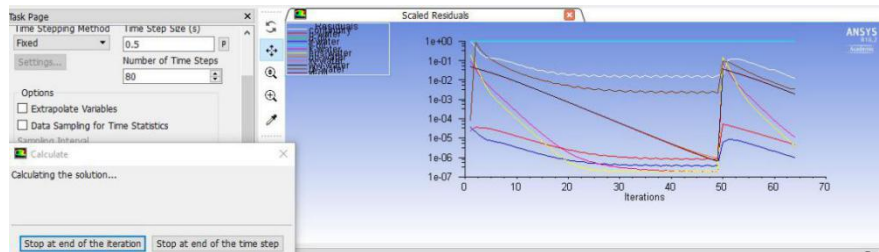
Gambar 2.10 *Jendela properties setup* pada ANSYS Workbench 18.2

4. *Solution*

Setelah tahap *properties setup* selesai, tahap ini didapat hasil dari perhitungan seperti perbedaan tekanan pada *inlet* dan *outlet*, *net pressure* pada pipa, *outlet velocity*, karakteristik temperatur tiap crack, dll. Hasil

iniilah yang nantinya akan digunakan untuk menentukan jarak persebaran minyak dari tiap crack.

Setelah semua parameter yang dibutuhkan sudah selesai dimasukkan, maka langkah terakhir adalah kalkulasi. Kalkulasi ini dapat memakan waktu yang cukup lama tergantung seberapa banyak iterasi (percobaan) yang akan dilakukan pada sistem tersebut. Makin tinggi iterasinya, maka makin pergerakan dari fluida pada sistem akan menjadi semakin *smooth* dan lebih presisi.



Gambar 2.11 Proses kalkulasi pada ANSYS Workbench 18.0

5. Result

Tahap akhir dari ANSYS ini menampilkan gradien perubahan yang terjadi pada model seperti volume aliran, tekanan total, tekanan statis, temperatur fluida, viskositas eddy, dll.

2.11.2 Multiphase CFD

Multiphase Flow merupakan aliran simultan dari:

- Material dengan keadaan atau fase yang berbeda (gas, cair atau padat)
- Bahan dengan sifat kimia yang berbeda namun dalam keadaan atau fase yang sama (yaitu sistem cairan cair seperti tetesan minyak dalam air).

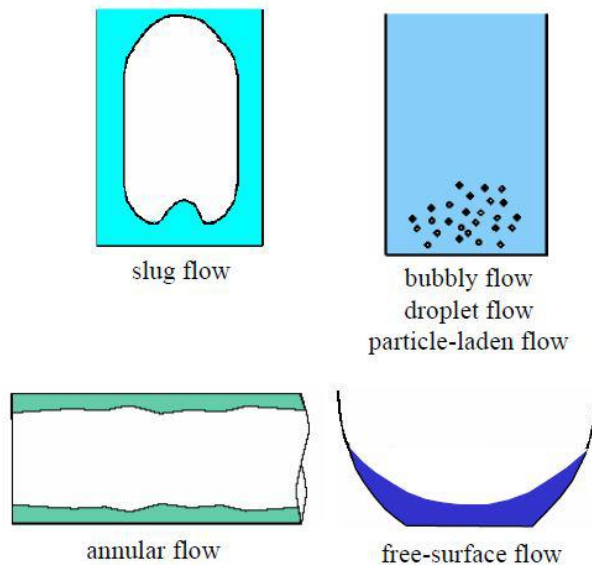
Masing-masing fase dianggap memiliki volume fraksi (volume unsur penyusun elemen) yang didefinisikan secara terpisah (jumlah yang merupakan satu kesatuan) dan medan kecepatan. Persamaan awal tiap aliran dihitung secara terpisah yang nantinya dapat dikombinasikan menggunakan solver pada *software* untuk pertukaran fasenya.

Untuk fase dibagi menjadi dua jenis, yaitu fase primer dan sekunder, dengan catatan:

- Salah satu fase bersifat kontinu (primer) sedangkan yang lainnya (sekunder) terdispersi dalam fase kontinu.
- Diameter harus diberikan untuk setiap fase sekunder untuk menghitung interaksinya (*drag*) dengan fasa primer.
- Fase sekunder dengan distribusi ukuran partikel dimodelkan dengan menetapkan fase terpisah untuk setiap diameter partikel.

Macam pembahasan pada *Multiphase* CFD antara lain:

- *Bubbly flow* : gelembung gas dalam cairan.
- Aliran droplet : tetesan cairan diskrit dalam gas kontinu.
- Aliran sarat partikel : partikel padat diskrit dalam fluida kontinu.
- *Slug flow* : gelembung besar dalam cairan kontinu.
- Aliran annular : cairan terus menerus di sepanjang dinding.
- Aliran *free surface* : cairan tak bercampur yang dipisahkan oleh batas sistem yang jelas.



Gambar 2.12 *Multiphase Flow*

(Sumber : Lecture 14 - Applied Computational Fluid Dynamics. Andre Bakker)

2.11.3 Multiphase Dengan Model Volume of Fluid (VOF)

Dalam pembahasan ini digunakan model *Volume of Fluid (VOF)* sebagai cara untuk menyelesaikan perhitungan dengan tipe *free-surface flow*. Aliran multifase dapat dihitung secara numerik menggunakan pendekatan *Euler-Lagrange* atau pendekatan *Euler-Euler*. VOF adalah jenis pendekatan Euler-Euler, pada dasarnya metode ini adalah teknik untuk melacak antarmuka dari fluida yang diteliti. Metode ini digunakan jika ada lebih dari dua fluida *immensible*, di mana posisi antarmuka sangat penting

Model VOF (Volume of Fluid) digunakan untuk memecahkan perhitungan aliran yang tidak bercampur. Pada model yang disimulasikan, dua atau lebih fluida tidak bercampur satu sama lain. Volume fraksi tiap fase dapat dicari dengan perhitungan seperti berikut:

$$\alpha = \frac{\text{volume zat terlarut}}{\text{volume larutan}}$$

Sementara volume fraksi dari fase ke-q dapat dihitung dengan formulasi seperti berikut:

$$\frac{d\alpha_q}{dt} + v \times \nabla \alpha_q = 0$$

Dimana;

α_q = volume fraksi pada fase q (saat $\alpha_q = 0$, maka volume fraksi kosong saat fase q pada sistem. Saat $\alpha_q = 1$, maka volume fraksi saat fase fluida q memenuhi elemen. Saat $0 < \alpha_q < 1$, maka terdapat interaksi antara fluida satu dengan yang lain di dalam elemen).

t = waktu (s)

v = kecepatan aliran elemen (m/s)

Densitas fluida juga berbeda pada tiap-tiap lokasi aliran. Pada elemen yang mengandung campuran dari beberapa material, digunakan persamaan berikut untuk menghitung densitas relatif pada FLUENT:

$$\rho = \sum_{q=1}^n \alpha_q \rho_q, \quad q = 1, 2, \dots, n$$

Dimana;

α_q = volume fraksi pada fase q

ρ_q = densitas pada fase q

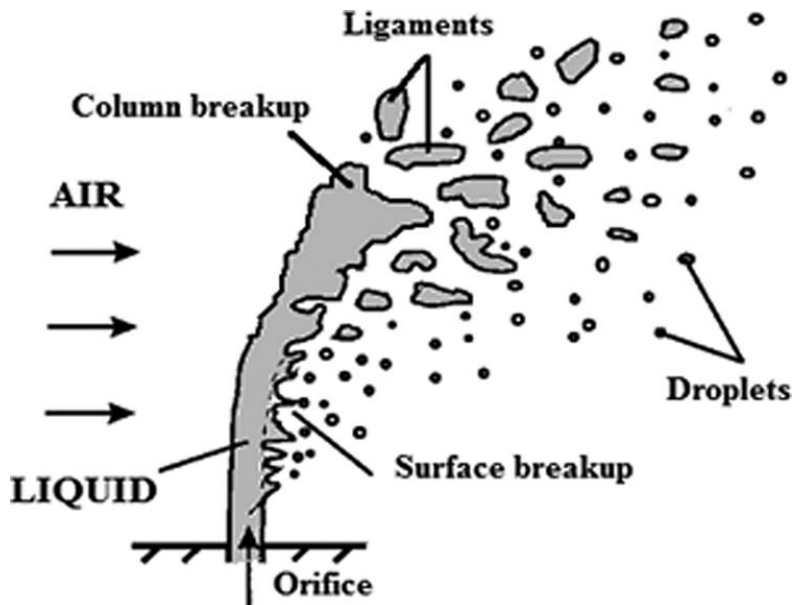
Pada model difusi dalam simulasi kebocoran pipa minyak bawah laut, kedua fase (air dan minyak) ada dalam sistem. Densitas dari elemen dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\rho = \alpha_{oil}\rho_{oil} + (1 - \alpha_{oil})\rho_{water}$$

Dimana;

- ρ = densitas elemen
- ρ_{oil} = densitas *Crude Oil*
- ρ_{water} = densitas air laut
- α_{oil} = volume fraksi *Crude Oil*

Metode VOF hanya memiliki satu set persamaan momentum yang digunakan untuk semua cairan dan fraksi volume masing-masing cairan di setiap sel komputasi.



Gambar 2.13 Bentuk aliran sebelum terjadinya *jet breakup*

Aplikasi yang umum termasuk prediksi *jet breakup*, gerakan gelembung besar dalam cairan, gerakan cairan setelah bendungan pecah, dan pelacakan stabil atau sementara dari setiap antarmuka gas-cair.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI

3.1 Metode Penelitian

Dalam metodologi penelitian ini, akan diuraikan tahap demi tahap yang akan dilakukan dalam pengerjaan skripsi ini nantinya. Adapun tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut :

3.1.1 Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap awal dalam pelaksanaan skripsi. Tahap ini merupakan tahap yang sangat penting, dimana pada tahap inilah mengapa suatu permasalahan yang ada harus dipecahkan sehingga layak untuk dijadikan bahan dalam skripsi. Pencarian masalah dilakukan dengan cara menggali informasi mengenai masalah yang terjadi pada saat ini. Dari tahap ini juga, tujuan mengapa skripsi ini dikerjakan dapat diketahui. Dalam skripsi ini, masalah yang akan dibahas dan dipecahkan adalah mengenai “Simulasi Difusi *Underwater Pipeline Leak* Metode *Multiphase CFD*.”

3.1.2 Studi Literatur

Setelah suatu permasalahan sudah diketahui, maka selanjutnya adalah studi literatur. Dimana yang harus dilakukan pada tahap ini, adalah mencari referensi permasalahan-permasalahan yang ada berikut solusinya dan juga mempelajari kedua hal tersebut untuk diimplementasikan pada skripsi ini, sehingga jelas apa saja yang harus dilakukan agar permasalahan tersebut dapat terpecahkan.

Studi literatur dapat dilakukan dengan cara membawa paper atau jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dipecahkan.

Literatur yang akan digunakan antara lain:

- *Subsea Pipeline Design, Analysis, and Installation* (Bai Q and Bai Y, 2014);
- Kestabilan Emulsi Minyak Mentah Indonesia (Lindya Susanti, Nuki, Arum Rahardian, Yusrina);
- *A Multiparametric CFD analysis of multiphase annular flows for oil and gas drilling applications* (Emmanuel I. Epelle, Dimitrios I. Gerogiorgis, 2017)

3.1.3 Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan mengumpulkan data yang dibutuhkan untuk validasi *software* dengan kondisi yang sesungguhnya. Pada simulasi ini, dilakukan permodelan dengan skala yang tidak terlalu besar, yaitu menyesuaikan dengan kondisi yang ada pada *Flow Channel Workshop* MMS. Adapun data yang dicari adalah sebagai berikut:

- Data kedalaman *Flow Channel*
- Data arus *Flow Channel*
- Data pompa untuk mengalirkan *Crude Oil*
- Data pipa untuk mengalirkan *Crude Oil*

3.1.4 Pengumpulan Data

Selanjutnya adalah pengumpulan semua data yang bertujuan memperoleh data dan informasi yang menunjang pengerjaan skripsi. Dalam hal ini data yang dibutuhkan antara lain :

- Sifat (parameter) dari *Crude Oil*
- *Boundary Condition* (kondisi batas) untuk input pada *software*
- Tekanan inlet pada pipa
- Variasi ukuran lubang kebocoran

3.1.5 Desain Pipa

Desain pada pipa meliputi perancangan properti awal dari pipa yang akan diterapkan pada *software* CFD maupun untuk validasi, antara lain:

- Panjang pipa
- Ketebalan pipa
- Posisi lubang kebocoran
- Ukuran lubang kebocoran
- Tekanan awal

3.1.6 Modelling Software

Setelah desain pipa sudah selesai dibuat, maka data pipa dan data *Flow Channel* pada kondisi *real* dimodelkan ke dalam *software* yang nantinya akan dihitung oleh solver sehingga membentuk hasil visual dari persebaran minyak yang terjadi.

3.1.7 Running Alat

Running alat dilakukan sebagai validasi bagi *software* sehingga menjadi acuan saat kondisi kebocoran yang sesungguhnya terjadi. Running alat dilakukan dengan menggunakan pipa PVC *seamless* (tanpa sambungan) yang akan dialiri oleh *Crude Oil* melalui pompa. Pipa tersebut akan disimulasikan

mengalami kebocoran pada ukuran titik tertentu. *Flow Channel* juga akan disimulasikan untuk dibuat arus. Data dari peralatan yang digunakan dicatat sebagai data yang akan diproses pada *software*.

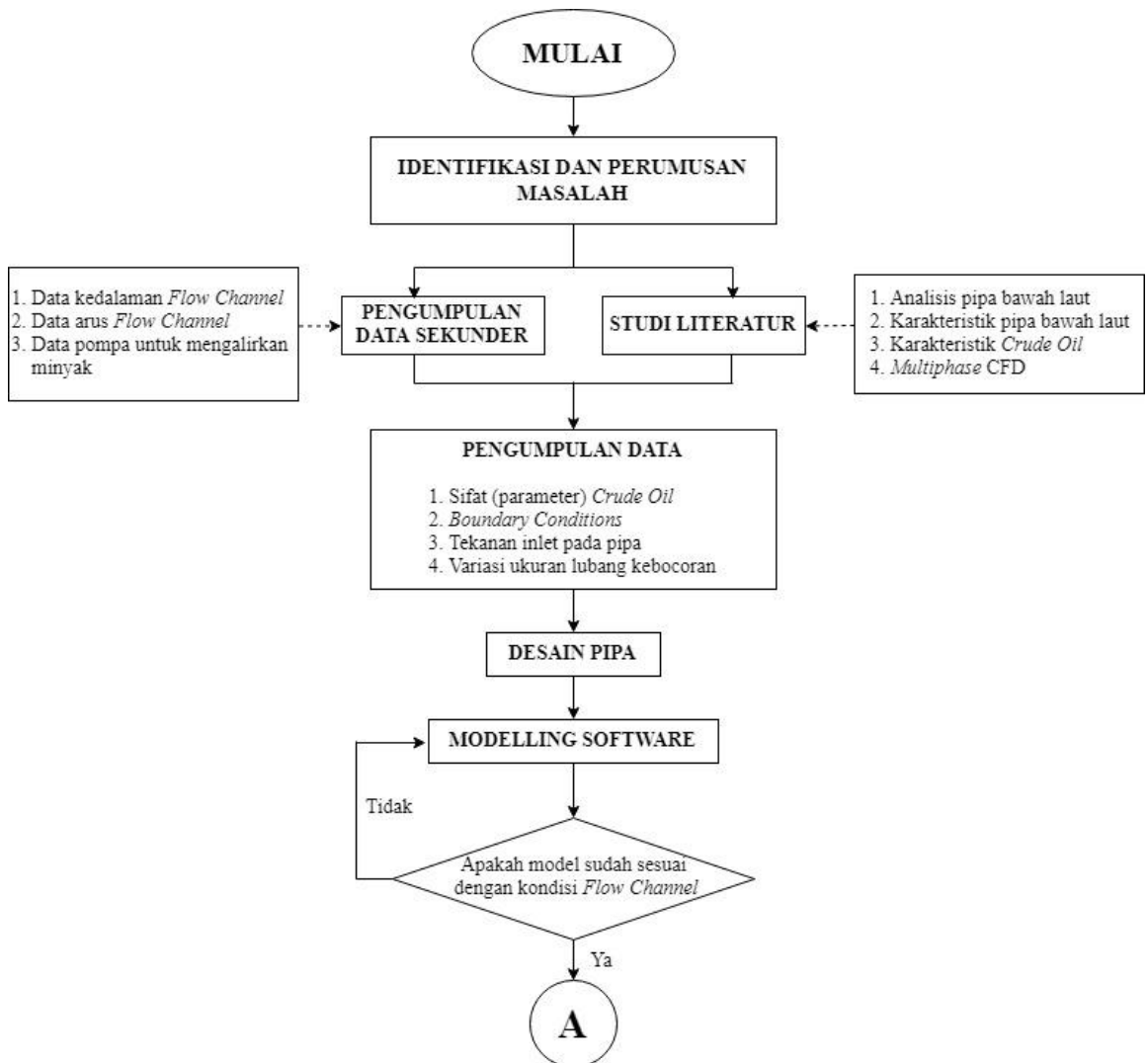
3.1.8 Running CFD

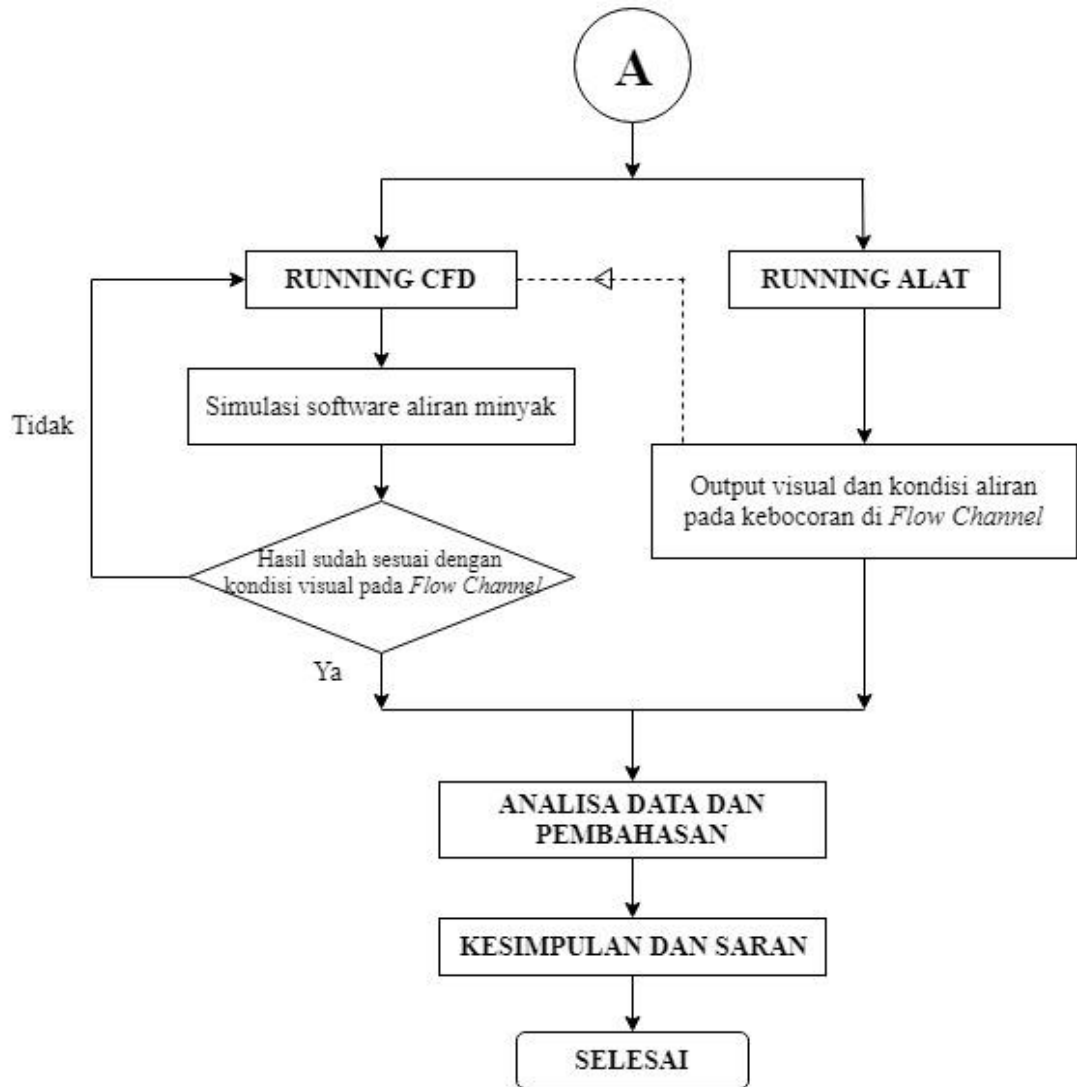
Running menggunakan metode *VOF (Volume of Fluid)* karena terdapat dua fase yang berbeda *properties* pada setiap bagiannya. Metode ini dipilih karena dapat menunjukkan *contour* dari beberapa *properties* fluida dan dapat menunjukkan perubahan karakteristik fluida pada *plane*.

3.1.9 Analisa Data dan Pembahasan

Setelah *running software* sudah valid dan sesuai dengan visual maupun parameter pada kondisi sesungguhnya, dilakukan analisa dengan merubah variasi dari ukuran kebocoran pada pipa. Hasil dari perubahan variasi tersebut yang akan dianalisa sehingga dapat menunjang hasil yang diinginkan.

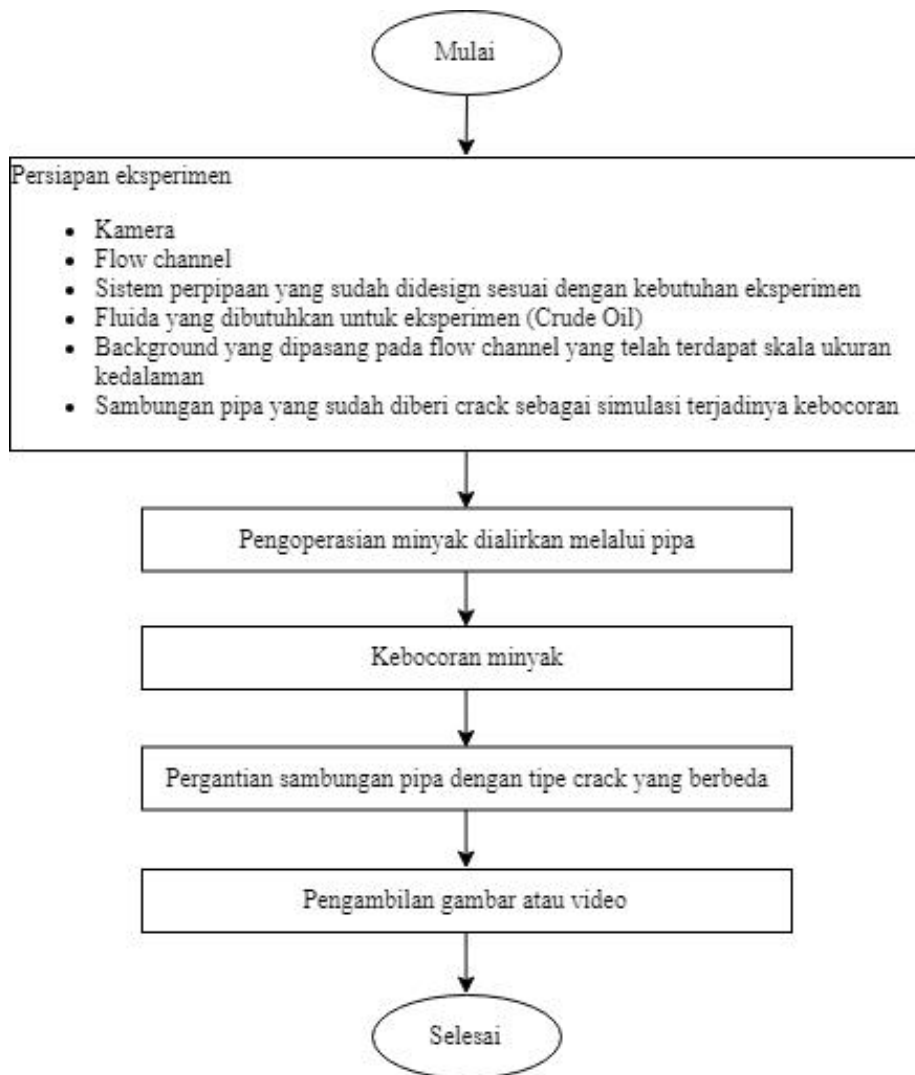
3.2 Flowchart Penelitian





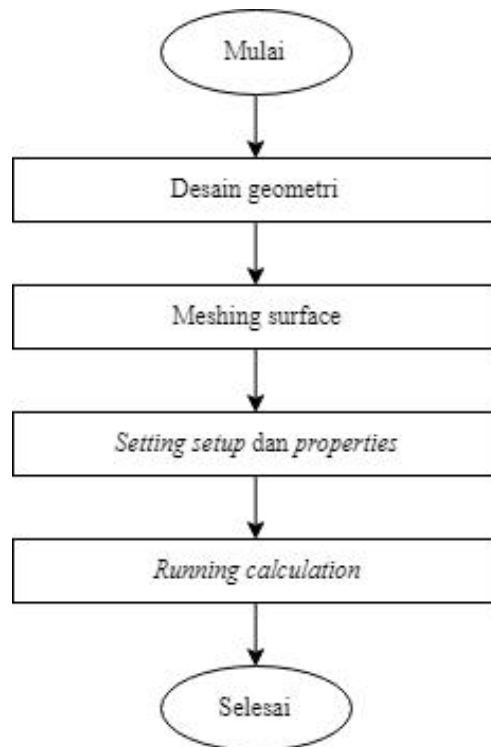
Gambar 3.1 *Flowchart* penelitian

3.3 Prosedur penelitian



Gambar 3.2 Prosedur penelitian

3.4 CFD Simulation



Gambar 3.3 Gambar diagram alir pada simulasi CFD

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

4.1 Penelitian Pada *Flow Channel*



4.1.1 Prosedur Penelitian





Untuk tahapan prosedur penelitian, antara lain adalah sebagai berikut:





1. Perlengkapan penelitian






Sebelum penelitian dilakukan, perlu dipersiapkan segala peralatan yang akan digunakan. Untuk penelitian ini membutuhkan *flow channel*, sistem perpipaan yang sudah didesain guna menunjukkan penelitian, fluida kerja (*Crude oil*), kamera dan background putih dengan skala untuk mengamati hasil penelitian.

Tabel 4.1 Alat dan bahan penelitian

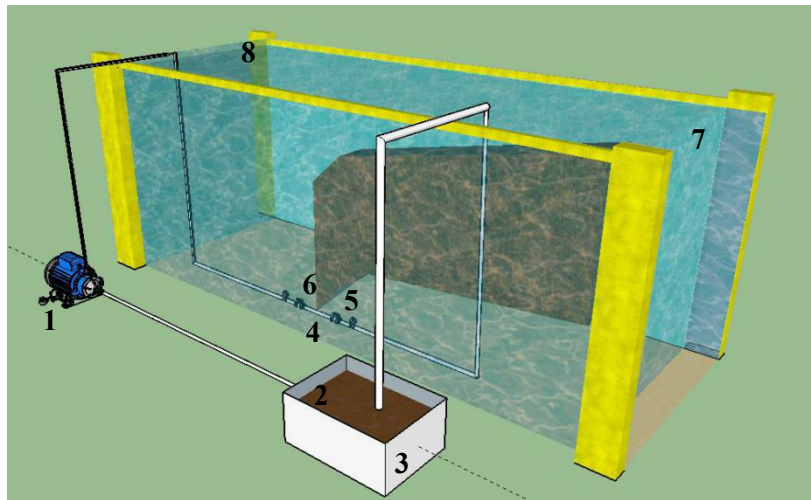
No	Nama Alat	Gambar	Fungsi
1	<i>Flow channel</i>		Tempat percobaan
2	Pompa (pembuat arus)		Untuk mengalirkan fluida pembuat arus pada <i>flow channel</i>

3	Alat pembuat arus		Untuk membuat arus pada <i>flow channel</i>
4	<i>Current meter</i>		Untuk mengetahui kecepatan arus pada <i>flow channel</i>
5	Pompa (untuk pengujian)		Untuk mengalirkan fluida kerja (<i>Crude oil</i>)
6	Pipa 3/4"		Sarana pengalir fluida kerja

7	Pipa dengan variasi lubang		Untuk mensimulasikan terjadinya kebocoran
8	Pressure gauge		Untuk mengetahui tekanan pada pipa
9	Valve		Untuk membuka dan menutup aliran fluida pada pipa
10	Storage		Sebagai tangki penyimpan fluida kerja

11	Background		Agar hasil pengamatan penelitian dapat terlihat secara lebih jelas
12	Kamera		Untuk mengambil gambar atau video
13	Stopwatch		Untuk mengetahui jumlah fluida yang dialirkan dalam satuan waktu
14	<i>Crude oil</i>		Fluida percobaan
15	Gelas ukur		Untuk mengetahui debit

2. Pengoperasian sistem



Gambar 4.2 Skematik 3 dimensi sistem perpipaan

Gambar 4.2 merupakan skematik perancangan sistem perpipaan yang nantinya akan dirakit menjadi sebuah sistem perpipaan sesuai dengan *apparatus* penelitian. penelitian nantinya akan dilakukan di Laboratorium Mesin Fluida dengan arus yang akan diukur menggunakan *current meter*.



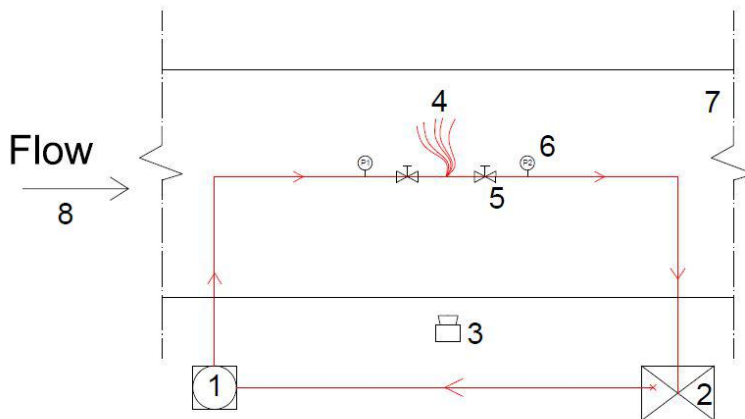
Gambar 4.3 Rangkaian sistem perpipaan

Setelah perlengkapan sudah terpasang, maka sistem mulai dioperasikan. Pengoperasian sistem ini dilakukan untuk mengetahui *visual* aliran minyak yang keluar dari pipa yang pipa yang dilubangi (simulasi kebocoran) yang nanti hasil kebocoran tersebut diambil gambar atau video dari kebocoran minyak tersebut. Selain itu, beberapa parameter juga akan diukur sebagai input data untuk simulasi *software*.

3. Kebocoran minyak tiap variasi lubang kebocoran
Ketika pengoperasian dimulai, kebocoran minyak yang terjadi akan diambil gambar atau videonya. Pengambilan gambar atau video dilakukan setiap variasi lubang kebocoran pada 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm dan 5 mm.
4. Pengambilan gambar atau video
Setelah terjadi kebocoran minyak saat penelitian, maka diambil gambar atau video dari kebocoran minyak tersebut. Dimana hasil dari pengambilan gambar atau video tersebut akan dibandingkan dengan hasil pada simulasi pada *software*.

4.1.2 Draft apparatus penelitian

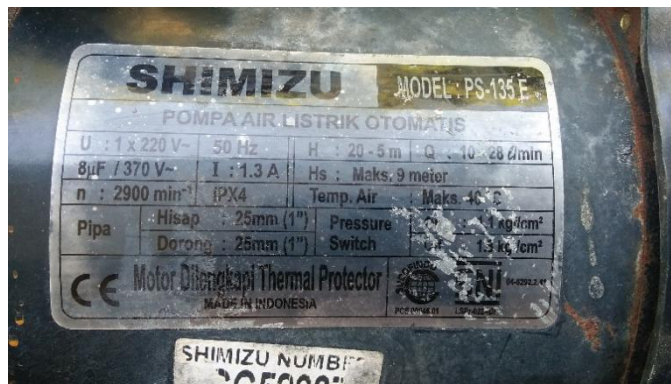
Di bawah ini adalah *apparatus* penelitian pada *flow channel*.



Gambar 4.4 *Apparatus* penelitian tampak atas

Keterangan gambar 3.3 :

1. Pompa



Gambar 4.5 Spesifikasi pompa
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal merk Shimizu PS-135 E dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 4.2 Spesifikasi Pompa

Shimizu PS-135 E	
Voltage/Hz	220/50
Daya output motor	125 W
Daya input motor	0,3 W
Panjang pipa hisap	9 m
Daya dorong max	33 m
Head (m)	5, Kapasitas : 28 L/min
Head (m)	20, Kapasitas : 10 L/min
Pipa hisap	1 inch
Pipa dorong	1 inch

2. Storage

Storage digunakan untuk menyimpan *crude oil* yang digunakan untuk penelitian.

3. Kamera

Kamera yang digunakan berupa *action camera* yang dilengkapi dengan *waterproof casing* sehingga mampu untuk mengambil gambar atau video dalam air.

4. Titik kebocoran
Titik kebocoran divariasikan menggunakan pipa sambungan yang telah dilubangi dengan variasi diameter 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm dan 5 mm. Titik kebocoran diletakkan pada kedalaman 0,95 m dari permukaan air.
5. Valve
Valve yang digunakan berupa *ball valve*. Dalam penelitian ini, valve digunakan untuk membuka dan menutup aliran minyak secara penuh, serta digunakan untuk menghitung debit pada saat pengujian.
6. Pressure gauge
Pressure gauge yang digunakan berupa pressure gauge khusus untuk fluida minyak dengan range 0-10 bar.
7. *Flow channel*
Flow channel pada laboratorium mesin fluida diisi dengan air hingga ketinggian 0,95 m dari dasar *channel*.
8. Arus
Arus pada *flow channel* dihasilkan oleh alat pembuat arus yang kemudian kecepatan arusnya diukur menggunakan *Current meter*.

Dengan melakukan variasi diameter lubang kebocoran pada pipa sebesar 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm dan 5 mm dengan bukaan penuh pada kedua valve, maka akan diketahui berapa besar tekanan pada P1 dan P2, dan akan diketahui pula karakteristik aliran kebocoran yang terjadi pada setiap variasi diameter kebocoran.

Ada pula alur pengoperasian sistem penelitian adalah sebagai berikut:

1. Memastikan kelengkapan peralatan dan keberfungsian sistem, baik dari sistem perpipaan hingga lingkungan (*flow channel*).
2. Memastikan cukup cahaya untuk mengambil gambar atau video.
3. Kebocoran disumbat terlebih dahulu sebelum sistem mulai dioperasikan guna mendapatkan hasil yang maksimal.
4. Menyalakan pompa pembuat arus selama beberapa waktu hingga air dalam *flow channel* mengalir seluruhnya
5. Menyalakan pompa pengujian (*crude oil*) sehingga minyak mengalir dalam sistem perpipaan.
6. Mengamati tekanan awal pada P1 dan P2 sebelum melepas penutup kebocoran. Setelah itu penutup kebocoran dilepas sehingga fluida (minyak) akan keluar dari titik kebocoran.

7. Untuk variasi pergantian sambungan pipa yang telah dilubangi, matikan pompa pengujian lalu tutup kedua valve dan matikan pompa pembuat arus. Setelah pipa sambungan diganti dengan variasi ukuran lubang kebocoran yang berbeda, ulangi mulai dari langkah nomor 3.
8. Variasi ukuran lubang yakni 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm dan 5 mm.

4.1.3 Parameter percobaan

Dalam percobaan yang dilakukan saat pengambilan data, terdapat beberapa parameter yang digunakan untuk menjawab pertanyaan pada penulisan tugas akhir ini.

Adapun untuk parameter yang digunakan, antara lain:

Tabel 4.3 Parameter-parameter percobaan

Diameter	P (bar)	Tinggi Permukaan	Waktu Hingga Permukaan	Kecepatan Persebaran
0 mm		0,95 m		
1 mm		0,95 m		
2 mm		0,95 m		
3 mm		0,95 m		
4 mm		0,95 m		
5 mm		0,95 m		

Debit minyak yang diukur merupakan debit saat sistem telah berjalan sepenuhnya (pompa-pipa-reservoir) yang volume per-waktunya diukur menggunakan gelas ukur hingga terisi sebanyak 1L. Untuk percobaan ini, didapatkan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q \text{ (debit)} &= 0,0063 \text{ m}^3/\text{s} \\
 D \text{ (diameter pipa)} &= 19,05 \text{ mm} = 0,01905 \text{ m} \\
 A \text{ (area pipa)} &= 0,000285 \text{ m}^2 \\
 V \text{ (kecepatan)} &= 22,115 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Tekanan minyak dalam pipa didapatkan dengan cara menutup valve nomor 5 agar terbaca pada *pressure gauge*. Pembacaan tekanan pada *pressure gauge* dilakukan saat jarum pada *pressure gauge* mencapai titik teratas setelah valve ditutup.

Waktu hingga permukaan merupakan waktu yang dibutuhkan dimulai saat minyak pertama kali keluar dari lubang kebocoran hingga menyentuh permukaan air.

Kecepatan persebaran merupakan kecepatan dari minyak saat keluar dari lubang kebocoran hingga menyentuh permukaan air.

4.2 CFD Simulation

4.2.1 Geometry Setup

Geometri bidang yang dibuat dimodelkan sesuai pada kondisi pipa dan kolam pada *flow channel*. Panjang pipa yang digunakan pada dasar kolam sepanjang 1,2 m dengan ketinggian air pada *flow channel* sebesar 0,95 m. Titik kebocoran diletakkan pada pipa menghadap atas sejajar dengan sumbu Y. Ukuran kebocoran divariasikan mulai dari ukuran 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm dan 5 mm. Sehingga nantinya akan dibuat lima kali kondisi kebocoran dan 5 permodelan pada Design Modeler.

4.2.2 Meshing

Pada pengerjaannya, ukuran mesh dibuat sedetail mungkin dengan merubah ukuran dari tiap detail sebagai berikut:

Min size : 9e-004 m
 Max text size : 8e-003 m
 Span angle : Fine

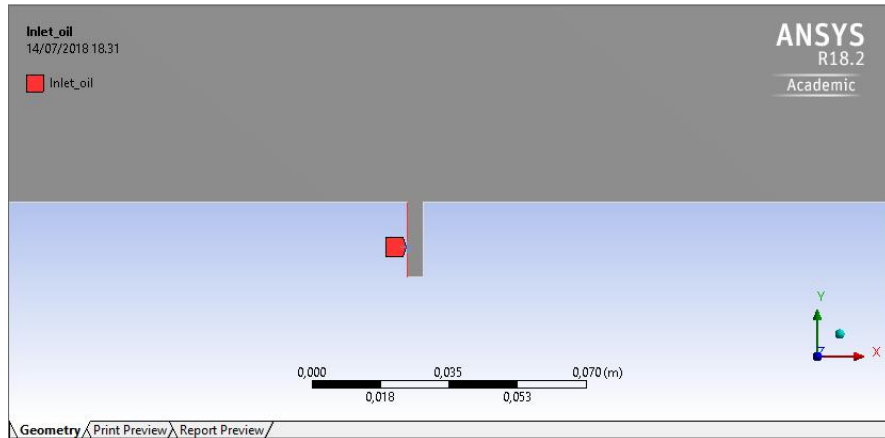
Dengan pengaturan seperti diatas maka akan ditemukan node dan total elemen yang diperlukan untuk menambah ketelitian saat proses simulasi berlangsung. Untuk jalur pipa sebelah atas diberi perngaturan *inflation* sehingga menampilkan ketebalan pipa dengan *transition ratio* sebesar 0,272 dengan maximum layer sebanyak 5.

Tabel 4.4 Total Node dan Elemen dari tiap model lubang kebocoran

Ukuran lubang kebocoran	Total Node	Total Elemen
1 mm	18739	18463
2 mm	18741	18465
3 mm	18758	18484
4 mm	18744	18468
5 mm	18716	18442

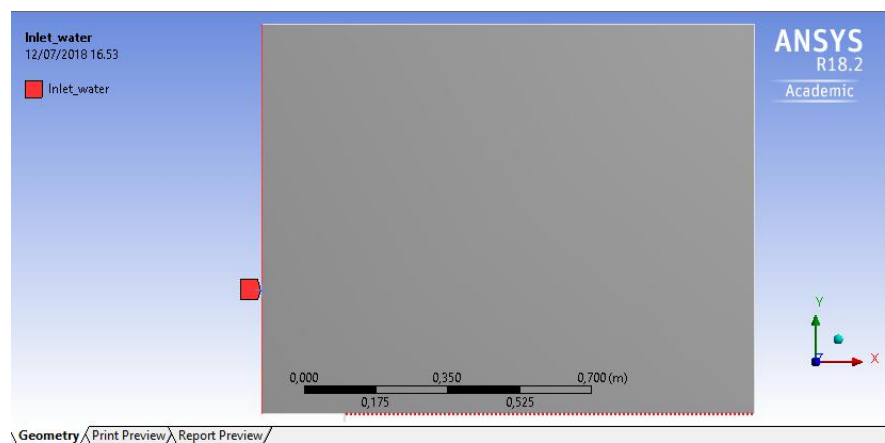
Setelah *meshing* dari permukaan benda terbentuk, langkah selanjutnya yaitu dengan memasukkan bagian mana saja yang digunakan sebagai *properties* dari benda kerja.

Pada proses ini, terdapat beberapa *properties* yang ditentukan antara lain bagian *inlet oil*, *inlet water*, *outlet oil*, *outlet mixture* dan *wall*. Untuk bagian *inlet oil* diambil dari bagian bawah dengan variasi lebar kebocoran yang sudah ditentukan pada proses *geometry*.



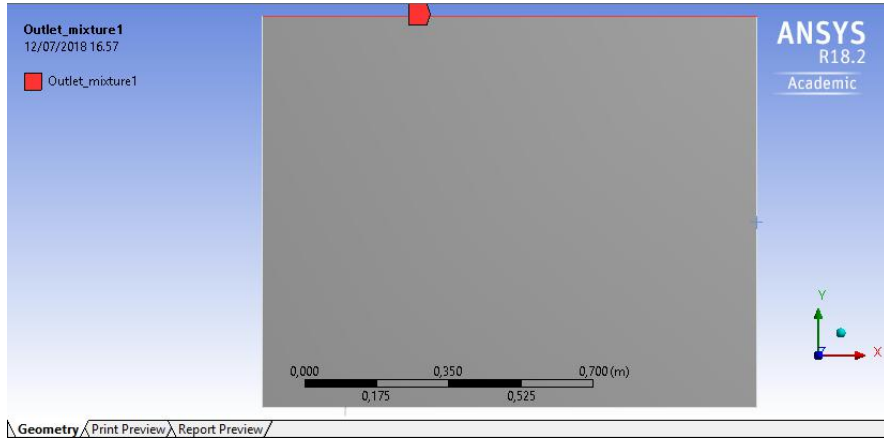
Gambar 4.6 Penentuan bagian *inlet oil* pada *name selection* di bagian *meshing*

Bagian *inlet oil* diletakkan dibawah dengan diasumsikan bahwa pada bagian tersebut merupakan bagian keluarnya minyak dari pipa dan masuk ke bagian air.



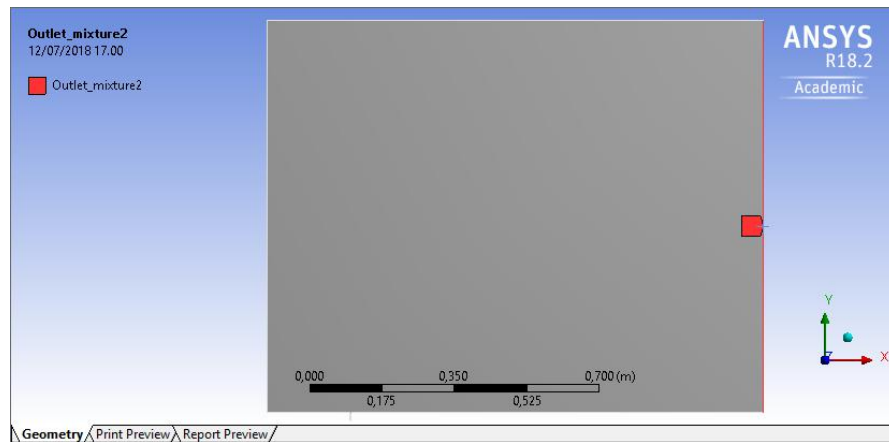
Gambar 4.7 Penentuan bagian *inlet water* pada *name selection* di bagian *meshing*

Bagian *inlet water* diletakkan di sebelah kiri karena sebelah kiri merupakan bagian dimana terdapat aliran dari *flow generator*.



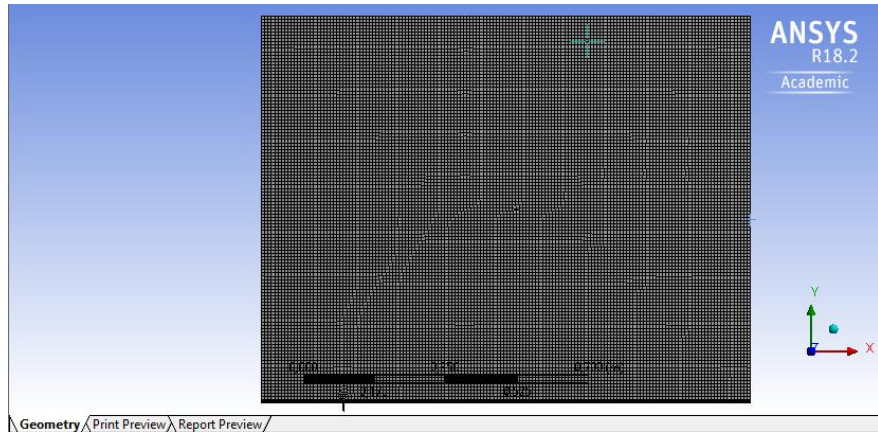
Gambar 4.8 Penentuan bagian *outlet mixture1* pada *name selection* di bagian *meshing*

Bagian *outlet mixture 1* diletakkan di atas sebagai *outlet* / jalan keluarnya minyak. Dinamakan *mixture* karena pada bagian tersebut terdapat dua fase yang bertemu, yaitu fase minyak dan air.



Gambar 4.9 Penentuan bagian *outlet mixture2* pada *name selection* di bagian *meshing*

Bagian *outlet mixture 2* diletakkan di sebelah kanan sebagai *outlet* / jalan keluarnya air. Selain untuk pada bagian *outlet mixture 2* juga dipengaruhi oleh kecepatan aliran air pada daerah *inlet*, sehingga fase minyak yang keluar nantinya juga akan terpengaruhi oleh kecepatan aliran air. Dinamakan *mixture* karena pada bagian tersebut terdapat dua fase yang bertemu, yaitu fase minyak dan air.



Gambar 4.10 Hasil proses *meshing*

Setelah proses *setting* dimasukkan lalu *progress meshing* dijalankan sehingga menunjukkan permukaan solid yang propertiesnya dapat ditentukan pada proses *setup*.

4.2.3 *Properties Setup*

Dalam percobaan yang dilakukan, fluida kerja yang digunakan menggunakan *Crude oil* (minyak mentah) yang didapatkan dari Cepu. Berikut adalah spesifikasi dari *Crude oil* yang dipakai untuk melakukan percobaan.

Tabel 4.5 Spesifikasi *crude oil* yang akan diuji

	Blora	Cepu	Jambi	Riau
Specific Gravity 60 °F	0,9297	0,8575	0,9329	0,8966
Viskositas kinematis 100 °F (Cst)	20,77	21,73	14,89	15,39
Tegangan muka (dyne/cm)	28,26	27,09	25,71	25,75

Jenis Crude Oil	Salinitas	Kandungan Sulfur (wt%)	Asphaltene (%)	Resin (%)	Wax (%)	Rasio R/A
Blora	0,0	0,1	2,381	7	2,162	2,94
Cepu	0,0	0,231	2,002	5,65	3,939	2,82
Jambi	0,0	0,09	0,548	4,7	0,996	8,58
Riau	0,0	0,08	0,404	7,04	1,271	17,43

Sumber : Lindya Susanti, Nuki., Arum Rahardian, Yusrina. *Studi Karakteristik dan Kestabilan Emulsi Minyak Mentah Indonesia. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang*

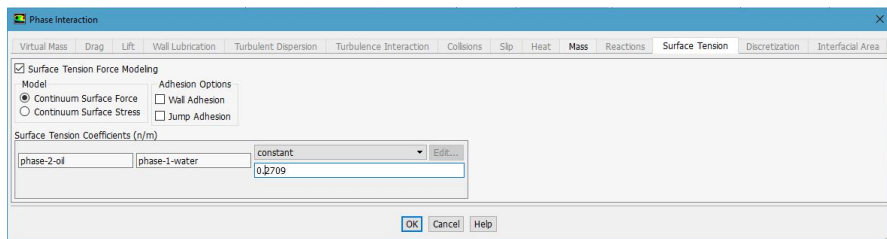
Untuk fase minyak, viskositas dan massa jenis ditentukan sesuai dengan spesifikasi dari minyak yang digunakan. Viskositas yang digunakan pada model ANSYS *Fluid* adalah viskositas dinamik, dengan satuan unit poise. Maka dari itu, dengan menggunakan persamaan (2.1), didapatkan viskositas dinamik sebagai berikut:

$$V_k = \frac{\mu}{\rho}$$

$$V_k = 21,73 \text{ Cst}$$

$$\rho = 918 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 19,94 \text{ Cpoise} = 0,199 \text{ Poise}$$



Gambar 4.11 *Surface tension modelling pada phase interaction*

Tegangan antarmuka (*surface tension*) dimasukkan kedalam interaksi antar fase. Satuan unit yang digunakan adalah dyne/m. maka dari itu, jumlah yang dimasukkan adalah 0,2709 dyne/m.

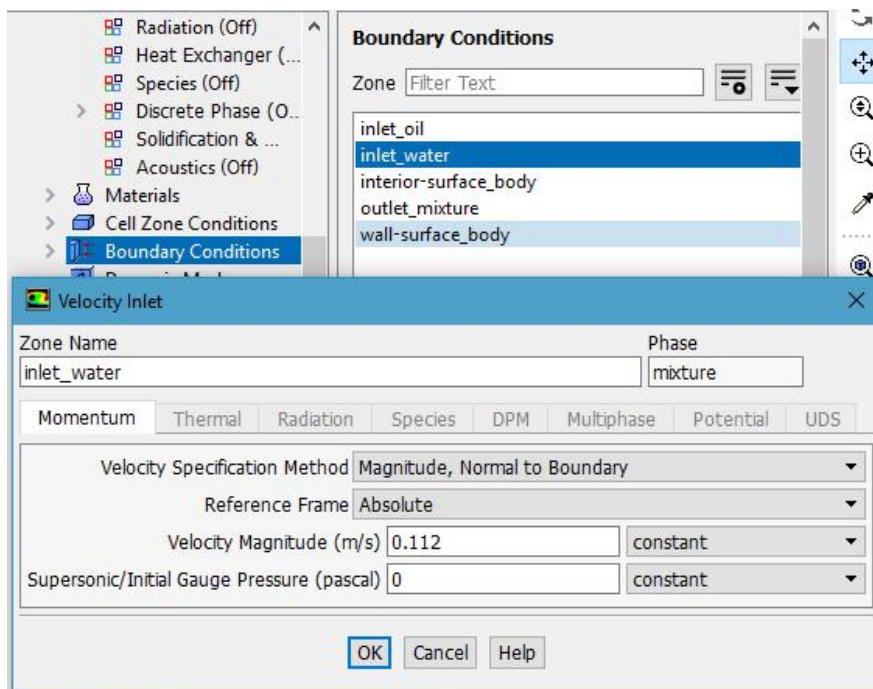
Setelah *properties* umum telah dimasukkan, langkah selanjutnya adalah dengan mengatur *boundary condition* sebagai batasan maupun input dari data kalkulasi. Data yang diambil merupakan data yang didapatkan saat penelitian pada *flow channel*. Data yang dimasukkan antara lain adalah kecepatan dan tekanan.

Pada pengamatan *flow channel* didapatkan kecepatan aliran air sebesar 0,112 m/s. Angka ini didapatkan dari hasil pengukuran menggunakan *flow meter* yang dipasang pada *flow channel*.



Gambar 4.12 Kecepatan aliran pada *flow channel*

Kecepatan aliran air pada *flow channel* menunjukkan hasil yang sama pada setiap variasi kebocoran.



Gambar 4.13 Input data pada *boundary condition*

Untuk input tekanan dari minyak sendiri didapat dari hasil pengukuran yang ditunjukkan dari *pressure gauge* pada tiap ukuran lubang kebocoran.

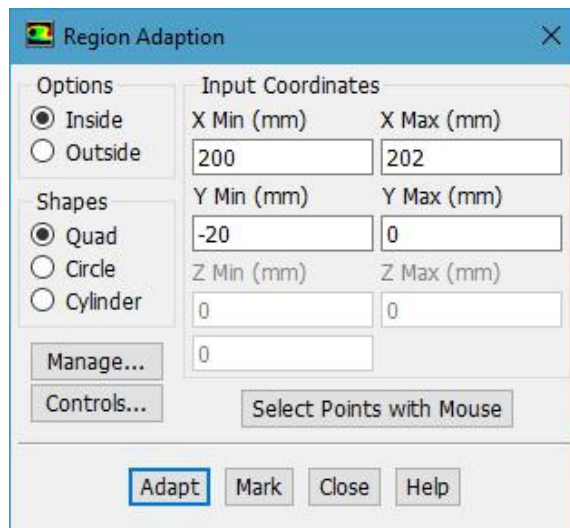
Tabel 4.6 Tekanan pada *pressure gauge*

Ukuran lubang kebocoran	Tekanan	
	Bar	Pascal
0 mm	0,4	40000
1 mm	0,05	500
2 mm	0,06	600
3 mm	0,08	800
4 mm	0,1	10000
5 mm	0,12	12000

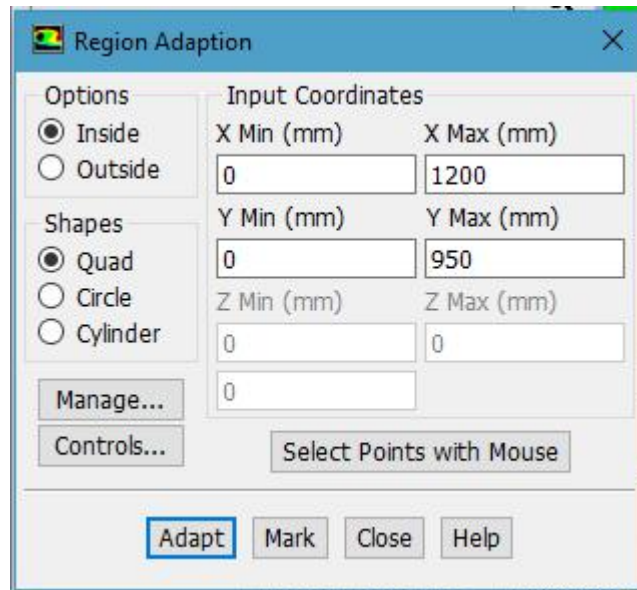
Setelah proses input data dari tiap *boundary condition* sudah dimasukkan, maka proses *solution calculation* bisa dapat dilakukan.

4.2.4 *Solution Calculation*

Untuk mendapatkan hasil visual pada saat kalkulasi, terlebih dahulu diatur area mana yang akan dijadikan sebagai fase tiap material. Dengan menggunakan *mark adapt cell region*, koordinat dari tiap area yang akan diisi oleh tiap-tiap fase. Koordinat ini didapatkan dari proses *geometry setup* pada langkah awal pembuatan model.

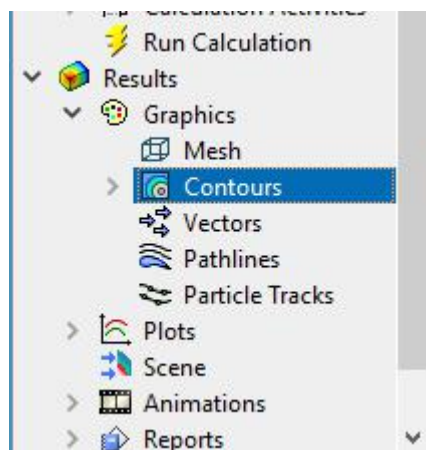


Gambar 4.14 Input koordinat minyak pada kebocoran 2 mm

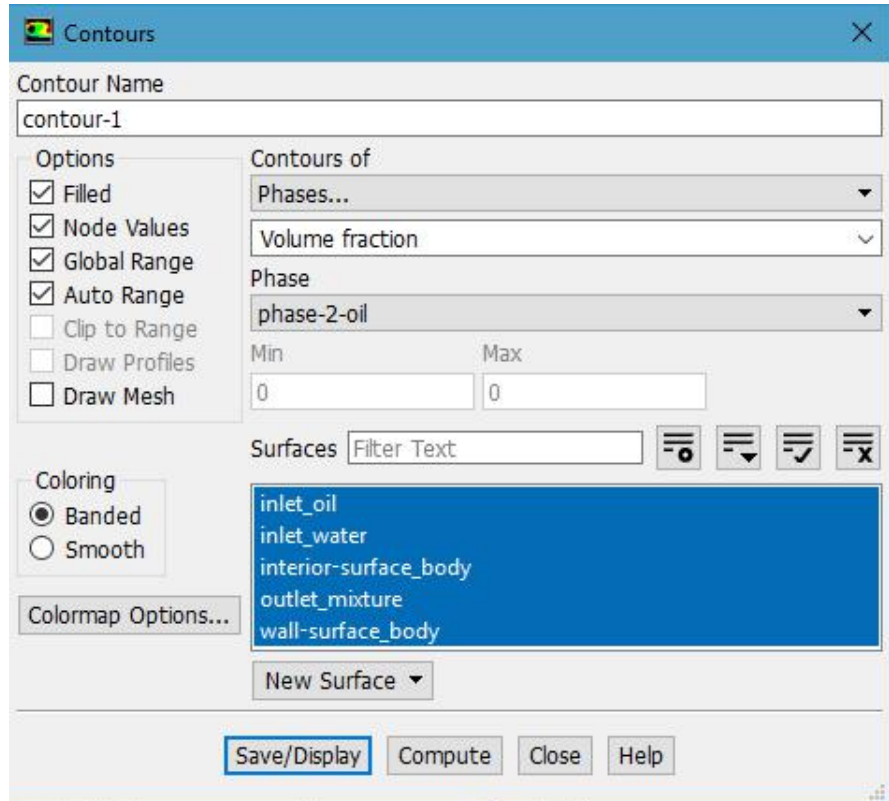


Gambar 4.15 Contoh input koordinat air pada kebocoran 2 mm

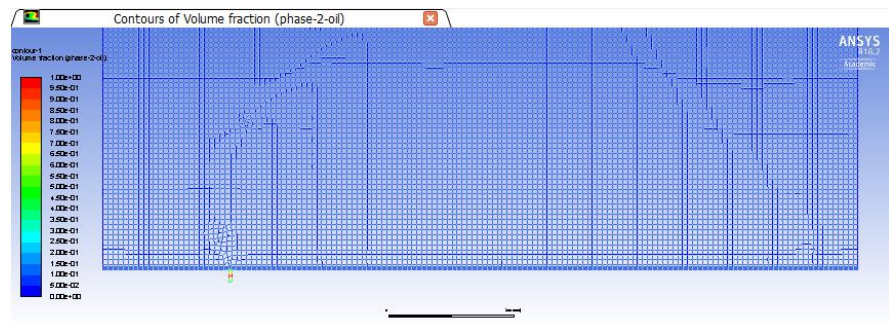
Setelah koordinat tiap fase selesai di-mark, maka proses selanjutnya adalah dengan menampilkan hasil *contour* dari *mark* tiap koordinat fase. Pengaturan *contour* dapat diatur pada *tab result > graphic > contour*



Gambar 4.16 Tab contour settings

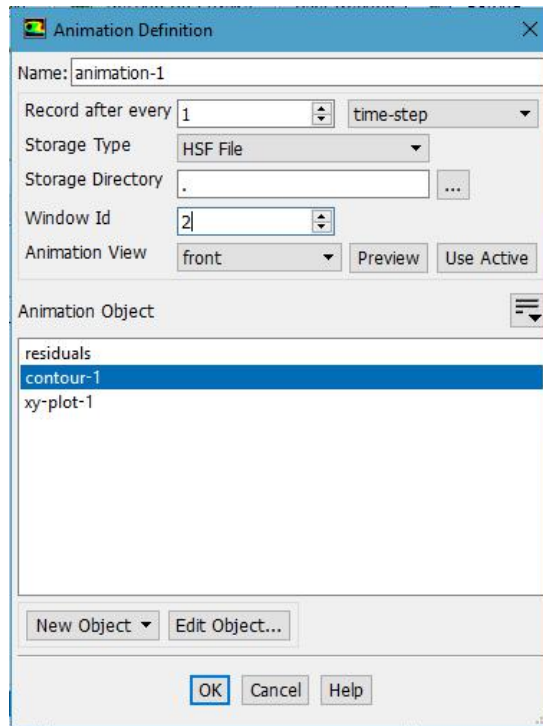


Gambar 4.17 Pengaturan pada *contour windows*



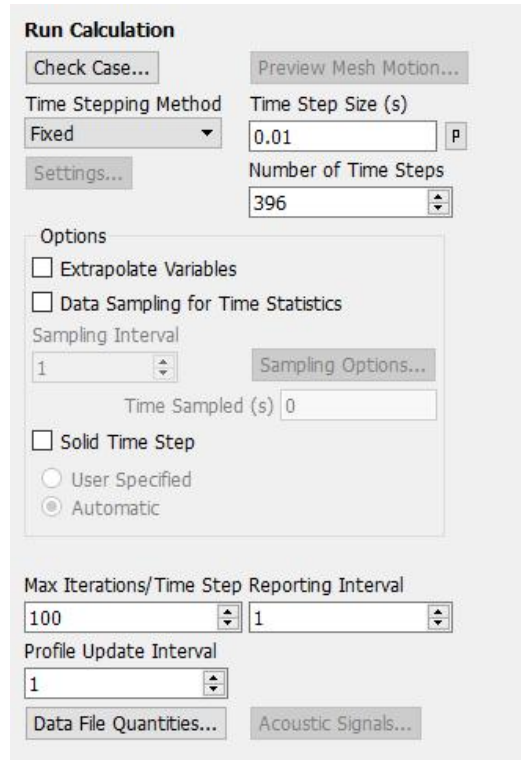
Gambar 4.18 Hasil mark pada *contours*

Untuk menampilkan animasi / gambar bergerak dari tiap waktu iterasi, dilakukan penambahan pengaturan pada bagian *calculation activities* > *solution animation*. Pada pengaturan ini dapat dipilih seberapa sering animasi tersebut akan direkam dan ditampilkan.



Gambar 4.19 Pengaturan pada *animation definition windows*

Setelah pengaturan tersebut selesai, proses *running* kalkulasi dapat dilakukan. Pada *tab run calculation*, dapat ditentukan seberapa lama waktu yang dibutuhkan dari hasil kalkulasi model, maupun jumlah iterasi dari setiap waktu.



Gambar 4.20 Pengaturan pada *tab calculation*

Pada jendela *calculation*, terdapat beberapa variabel yang dapat digunakan untuk mengatur waktu dan jumlah iterasi yang dibutuhkan, antara lain:

- Time step size (s) = Hasil waktu proses tiap *cell* setiap proses kalkulasi berlangsung pada setiap iterasi selesai.
- Number of Time Steps = Jumlah pengerjaan kalkulasi tiap *cell* setiap proses iterasi selesai.
- Max Iterations / Time Step = Jumlah iterasi / proses kalkulasi yang dikerjakan pada setiap waktu.

Contoh: Jika kita menginginkan suatu permodelan berjalan selama 5 detik dengan detail waktu perubahan tiap *cell* sebesar 0,01 detik dan 100 kali iterasi, maka input dapat dimasukkan sebagai berikut:

Time Step Size = 0.01
Number of Time Steps = 500
Max Iterations = 100

Semakin kecil Time Step Size maka hasil kalkulasi akan semakin detail karena lebih banyak *cell* yang dikalkulasikan, namun waktu yang dihasilkan akan menjadi lebih sedikit jika Number of Time Step tidak dibesarkan.

Semakin banyak iterasi yang digunakan, maka hasil kalkulasi akan menjadi lebih akurat mendekati kondisi aslinya, namun pengerjaan menjadi lebih lama.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisa Percobaan Pada *Flow Channel*

Pada analisa percobaan ini, pengamatan dilakukan dengan mengamati bentuk aliran dari minyak yang keluar dari lubang kebocoran, tekanan pada pressure gauge dan waktu yang dibutuhkan saat minyak mulai keluar dari lubang kebocoran hingga menyentuh permukaan air.

5.1.1 Kebocoran ukuran 1 mm



Gambar 5.1 Minyak yang keluar pada kebocoran ukuran 1 mm

Pada kebocoran ukuran 1 mm, terlihat jika aliran minyak keluar secara perlahan satu per satu. Hal ini bisa dilihat dari gelembung minyak yang keluar dari lubang kebocoran masih bisa dihitung. Pada ukuran kebocoran ini didapatkan data sebagai berikut:

Tekanan pressure gauge	= 0,35 bar
Tekanan pada lubang	= 0,4 - 0,35 = 0,05 bar
Waktu hingga permukaan	= 9,28 detik
Jarak hingga permukaan	= 0,52 m
Kecepatan hingga permukaan	= $0,95 / 9,28 = 0,102$ m/s
Kecepatan hingga jarak 1 m	= $0,52 / 9,28 = 0,056$ m/s

5.1.2 Kebocoran ukuran 2 mm



Gambar 5.2 Minyak yang keluar pada kebocoran ukuran 2 mm

Pada kebocoran ukuran 2 mm, terlihat banyak gelembung-gelembung minyak yang terbentuk dengan beragam ukuran namun tidak sebesar pada percobaan pertama. Jumlah gelembung juga semakin banyak sehingga sulit untuk dihitung. Pada ukuran kebocoran ini didapatkan data sebagai berikut:

Tekanan pressure gauge	= 0,34 bar
Tekanan pada lubang	= 0,4 - 0,34 = 0,06 bar
Waktu hingga permukaan	= 7,12 detik
Jarak hingga permukaan	= 0,74 m
Kecepatan hingga permukaan	= 0,95 / 7,12 = 0,133 m/s
Kecepatan hingga jarak 1 m	= 0,74 / 7,12 = 0,104 m/s

5.1.3 Kebocoran ukuran 3 mm

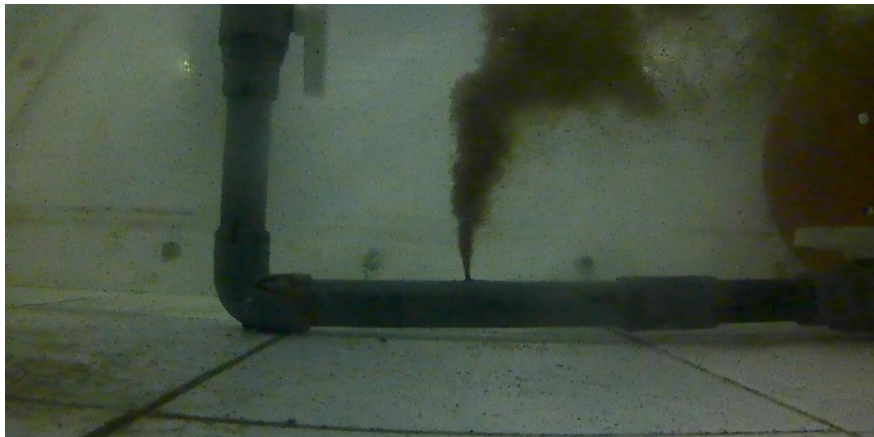


Gambar 5.3 Minyak yang keluar pada kebocoran ukuran 3 mm

Pada kebocoran ukuran 3 mm, sudah mulai terlihat kabut minyak yang terdispersi, namun juga masih terlihat banyak gelembung-gelembung minyak yang terbentuk dengan ukuran yang lebih kecil dari percobaan sebelumnya. Pada ukuran kebocoran ini didapatkan data sebagai berikut:

Tekanan pressure gauge	= 0,32 bar
Tekanan pada lubang	= $0,4 - 0,32 = 0,08$ bar
Waktu hingga permukaan	= 6,05 detik
Jarak hingga permukaan	= 0,97 m
Kecepatan hingga permukaan	= $0,95 / 6,05 = 0,157$ m/s
Kecepatan hingga jarak 1 m	= $0,97 / 6,05 = 0,160$ m/s

5.1.4 Kebocoran ukuran 4 mm



Gambar 5.4 Minyak yang keluar pada kebocoran ukuran 4 mm

Pada kebocoran ukuran 4 mm, terlihat kabut minyak yang lebih tebal dari percobaan sebelumnya, sementara itu gelembung minyak tidak lagi terlihat. Pada ukuran kebocoran ini didapatkan data sebagai berikut:

Tekanan pressure gauge	= 0,3 bar
Tekanan pada lubang	= $0,4 - 0,3 = 0,1$ bar
Waktu hingga permukaan	= 5 detik
Jarak hingga permukaan	= 0,91 m
Kecepatan hingga permukaan	= $0,95 / 5,32 = 0,179$ m/s
Kecepatan hingga jarak 1 m	= $0,91 / 5,32 = 0,171$ m/s

5.1.5 Kebocoran ukuran 5 mm



Gambar 5.5 Minyak yang keluar pada kebocoran ukuran 5 mm

Pada kebocoran ukuran 5 mm, terlihat kabut minyak yang lebih tebal daripada percobaan sebelumnya. Gelembung minyak tidak lagi terlihat. Pada ukuran kebocoran ini didapatkan data sebagai berikut:

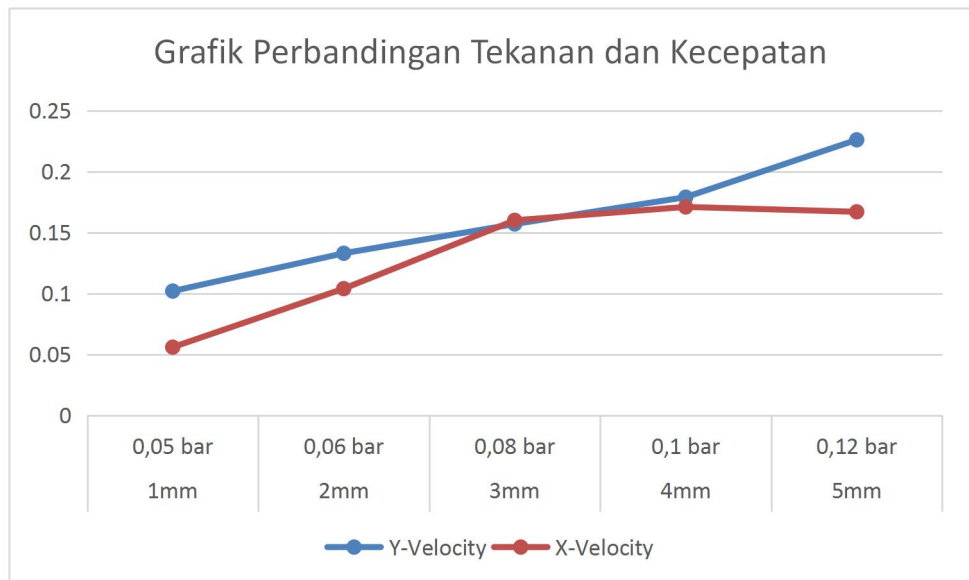
Tekanan pressure gauge	= 0,28 bar
Tekanan pada lubang	= $0,4 - 0,28 = 0,12$ bar
Waktu hingga permukaan	= 3,96 detik
Jarak hingga permukaan	= 0,7 m
Kecepatan hingga permukaan	= $0,95 / 4,2 = 0,226$ m/s
Kecepatan hingga jarak 1 m	= $0,7 / 4,2 = 0,167$ m/s

5.1.6 Hasil analisa

Tekanan pada lubang kebocoran meningkat seiring dengan bertambahnya lebar dari lubang kebocoran. Berbanding terbalik dengan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai permukaan, semakin besar lubang kebocoran pada pipa maka semakin sedikit pula waktu yang dibutuhkan. Jarak minyak yang keluar dari lubang hingga menyentuh permukaan air bertambah jauh dimulai dari kebocoran ukuran 1 mm hingga 3 mm, namun bertambah dekat mulai kebocoran ukuran 4 mm hingga 5 mm. Kecepatan minyak mulai keluar dari lubang kebocoran hingga menyentuh permukaan air meningkat dimulai dari ukuran lubang 1 mm hingga 5 mm. Kecepatan minyak mulai keluar dari lubang kebocoran hingga jarak 1 m meningkat dari ukuran 1 mm hingga 3 mm, namun menurun saat ukuran lubang 4 mm hingga 5 mm.

Tabel 5.1 Hasil analisa penelitian pada *flow channel*

Diameter	Tinggi Permukaan	Waktu Hingga Permukaan	Kecepatan Persebaran (Y axis)	Jarak Hingga Permukaan	Kecepatan Persebaran (X axis)
1 mm	0,95 m	9,28 s	0,102 m/s	0,52 s	0,056 m/s
2 mm	0,95 m	7,12 s	0,133 m/s	0,74 s	0,104 m/s
3 mm	0,95 m	6,05 s	0,157 m/s	0,97 s	0,160 m/s
4 mm	0,95 m	5,32 s	0,179 m/s	0,91 s	0,171 m/s
5 mm	0,95 m	4,20 s	0,226 m/s	0,7 s	0,167 m/s

**Gambar 5.6** Grafik perbandingan tekanan dan kecepatan

5.2 Analisa Kalkulasi Pada ANSYS CFD

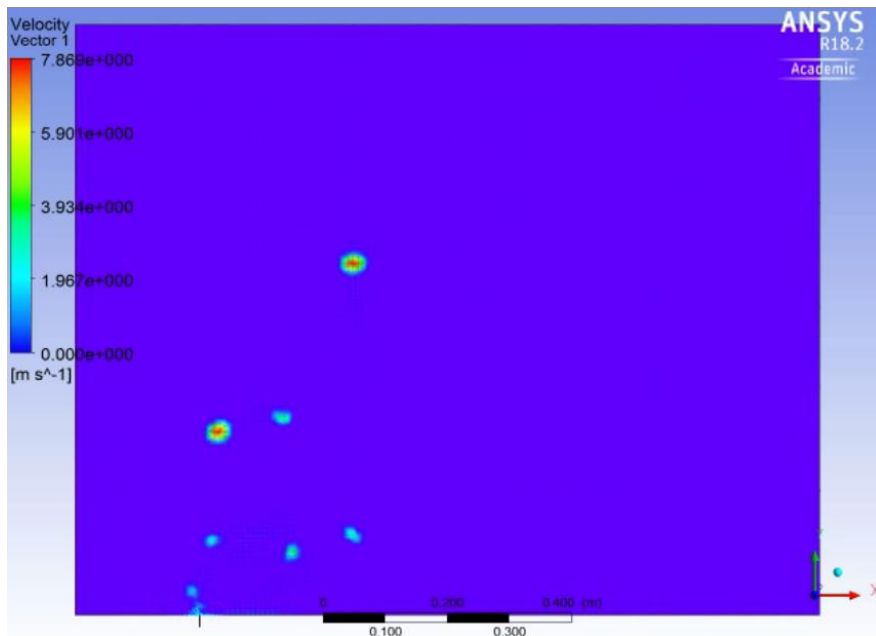
Pada analisa kalkulasi ini menggunakan ANSYS CFD Fluent 18.2 dengan membuat model dengan variasi ukuran kebocoran yang berbeda-beda. Model yang dibuat berupa bidang 2 dimensi menggunakan batasan-batasan yang didapatkan dari analisa penelitian pada *flow channel*. Kecepatan aliran air konstan pada setiap ukuran lubang kebocoran, dan tekanan tiap ukuran

kebocoran menggunakan data yang didapat dari analisa penelitian pada *flow channel*.

Running software menggunakan jumlah Time Step Size, Number of Time Steps dan Max Iteration yang sama pada setiap ukuran kebocoran. Properties yang digunakan yaitu:

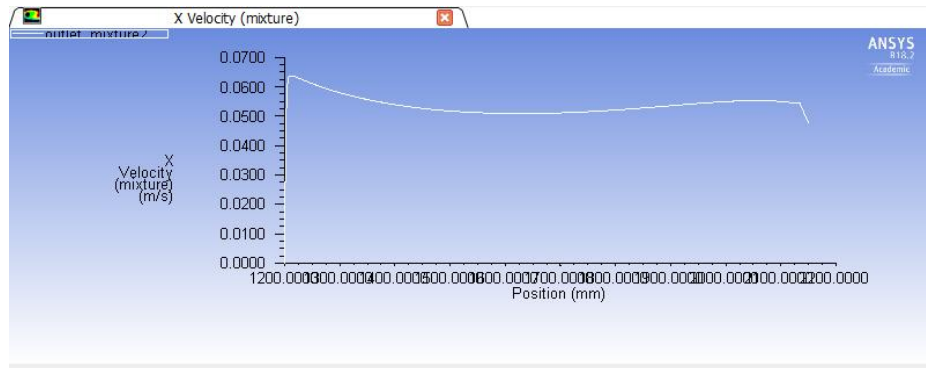
Time Step Size	= 0.01
Number of Time Steps	= 500
Max Iteration	= 60
Total Iteration	= 30000

5.2.1 Kebocoran ukuran 1 mm



Gambar 5.6 Visualisasi kebocoran ukuran 1 mm

Pada kebocoran ukuran 1 mm, minyak terlihat berjalan pelan keluar dari lubang kebocoran hingga menuju ke permukaan. Gelembung minyak juga berukuran besar dan bisa dihitung.



Gambar 5.7 Grafik kebocoran ukuran 1 mm

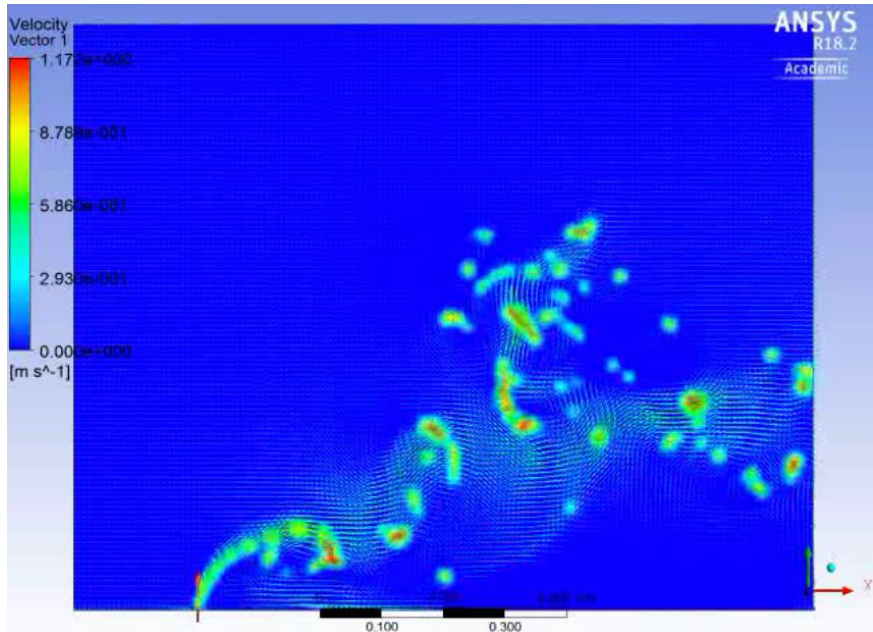
Grafik kecepatan aliran minyak pada sumbu X dapat dilihat pada Gambar 5.7. Grafik cenderung berbentuk stabil dikarenakan partikel minyak yang keluar dari lubang kebocoran berjalan pelan menuju ke permukaan. Kecepatan rata-rata aliran minyak dapat dilihat pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Kecepatan aliran tiap posisi pada ukuran lubang 1 mm

No	Position (mm)	Velocity (m/s)
1	1200	0,0625
2	1300	0,06
3	1400	0,0575
4	1500	0,054
5	1600	0,055
6	1700	0,055
7	1800	0,056
8	1900	0,057
9	2000	0,058
10	2100	0,059
11	2200	0,058
Kecepatan rata-rata		0,0574

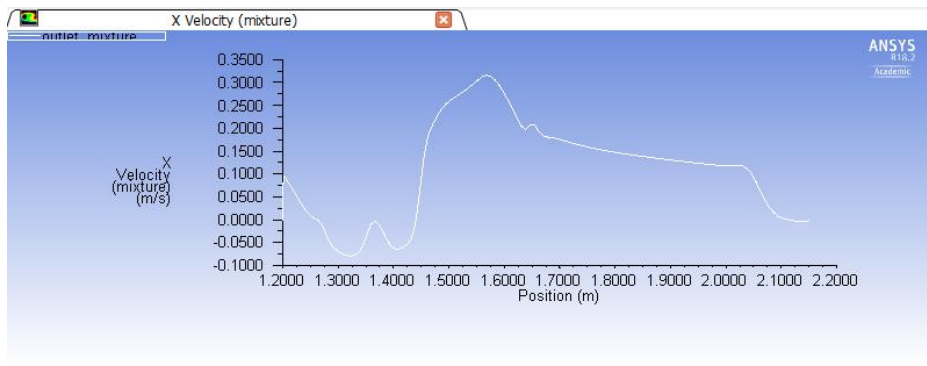
Pada Tabel 5.2, kecepatan aliran rata-rata didapatkan dari penjumlahan seluruh kecepatan dibagi dengan jumlah posisi, sehingga ditemukan kecepatan aliran rata-rata pada sumbu X sebesar 0,0574 m/s.

5.2.2 Kebocoran ukuran 2 mm



Gambar 5.8 Visualisasi kebocoran ukuran 2 mm

Pada ukuran lubang kebocoran sebesar 2 mm, aliran sudah mulai memanjang dengan banyak partikel minyak yang keluar dari lubang kebocoran. Warna merah menunjukkan partikel minyak yang *visible* / dapat dilihat oleh mata.



Gambar 5.9 Grafik kebocoran ukuran 2 mm

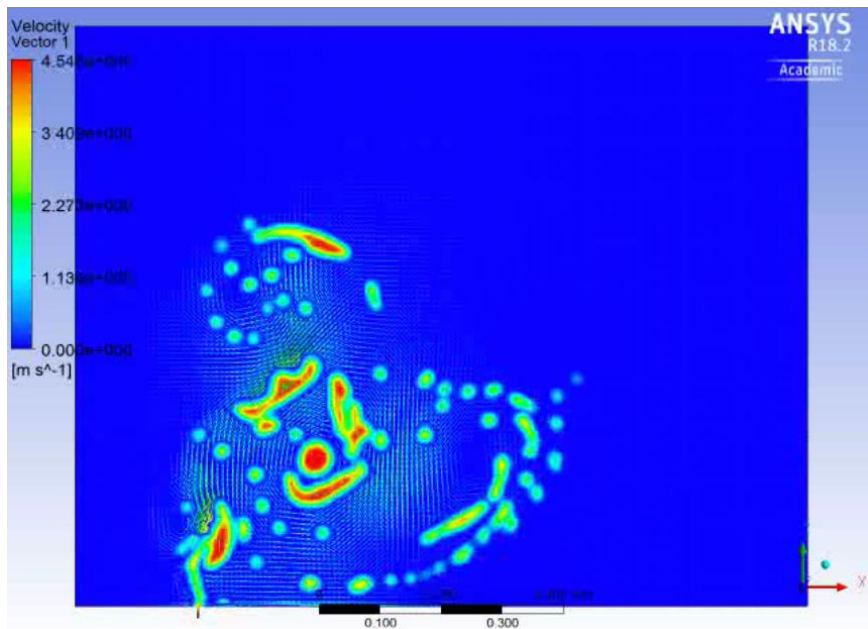
Grafik kecepatan aliran minyak pada sumbu X dapat dilihat pada Gambar 5.8. Grafik cenderung naik turun dikarenakan banyak partikel minyak yang keluar secara acak dari lubang kebocoran menuju ke arah *outlet*. Kecepatan rata-rata aliran minyak dapat dilihat pada Tabel 5.3

Tabel 5.3 Kecepatan aliran tiap posisi pada ukuran lubang 2 mm

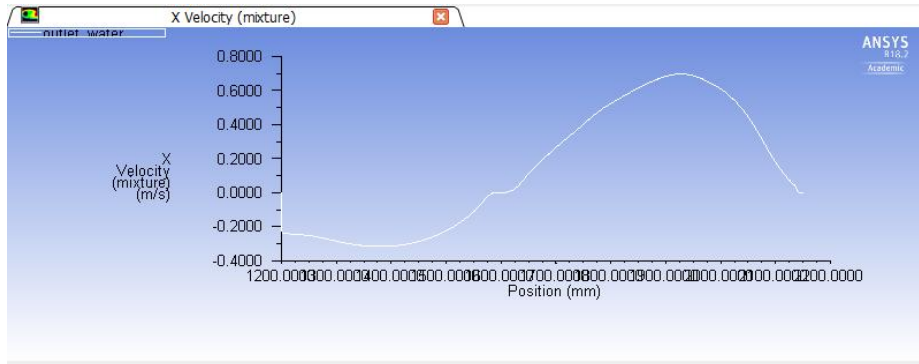
No	Position (m)	Velocity (m/s)
1	1,200	0,1
2	1,300	-0,15
3	1,400	0
4	1,500	0,26
5	1,600	0,34
6	1,700	0,175
7	1,800	0,16
8	1,900	0,15
9	2,000	0,13
10	2,100	0,01
11	2,200	0
Kecepatan rata-rata		0,106

Pada Tabel 5.3, kecepatan aliran rata-rata didapatkan dari penjumlahan seluruh kecepatan dibagi dengan jumlah posisi, sehingga ditemukan kecepatan aliran rata-rata pada sumbu X sebesar 0,106 m/s.

5.2.3 Kebocoran ukuran 3 mm

**Gambar 5.10** Visualisasi kebocoran ukuran 3 mm

Pada ukuran lubang kebocoran sebesar 3 mm, aliran membuat pola yang tak beraturan dengan lebih banyak partikel minyak yang keluar dari lubang kebocoran.



Gambar 5.11 Grafik kebocoran ukuran 3 mm

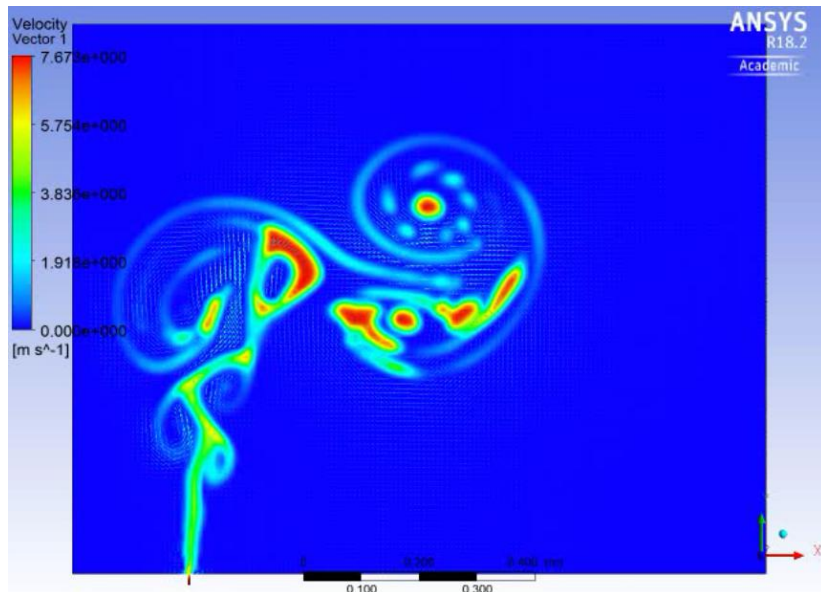
Grafik kecepatan aliran minyak pada sumbu X dapat dilihat pada Gambar 5.8. Grafik dimulai dengan tren turun lalu mulai naik pada posisi 1500 mm dan mencapai puncak pada 2000 mm. Kecepatan rata-rata aliran minyak dapat dilihat pada Tabel 5.4

Tabel 5.4 Kecepatan aliran tiap posisi pada ukuran lubang 3 mm

No	Position (mm)	Velocity (m/s)
1	1200	0
2	1300	-0,35
3	1400	-0,28
4	1500	-0,3
5	1600	-0,1
6	1700	0,1
7	1800	0,5
8	1900	0,7
9	2000	0,74
10	2100	0,63
11	2200	0,1
Kecepatan rata-rata		0,158

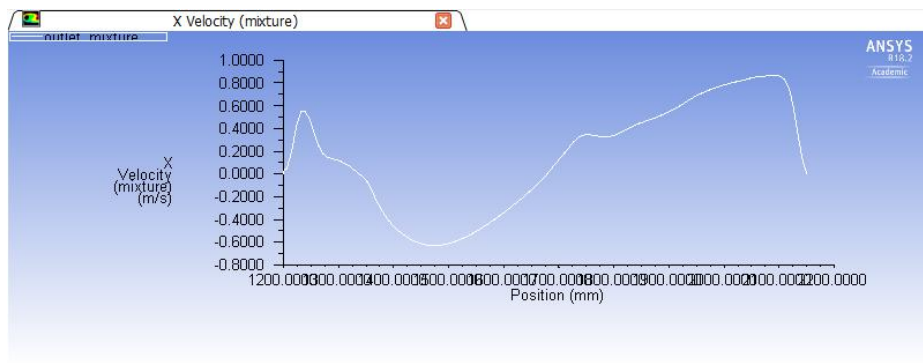
Pada Tabel 5.4, kecepatan aliran rata-rata didapatkan dari penjumlahan seluruh kecepatan dibagi dengan jumlah posisi, sehingga ditemukan kecepatan aliran rata-rata pada sumbu X sebesar 0,158 m/s.

5.2.4 Kebocoran ukuran 4 mm



Gambar 5.12 Visualisasi kebocoran ukuran 4 mm

Pada ukuran lubang kebocoran sebesar 4 mm, aliran membuat pola yang tak beraturan dengan lebih banyak partikel minyak yang terdispersi saat keluar dari lubang kebocoran.



Gambar 5.13 Grafik kebocoran ukuran 4 mm

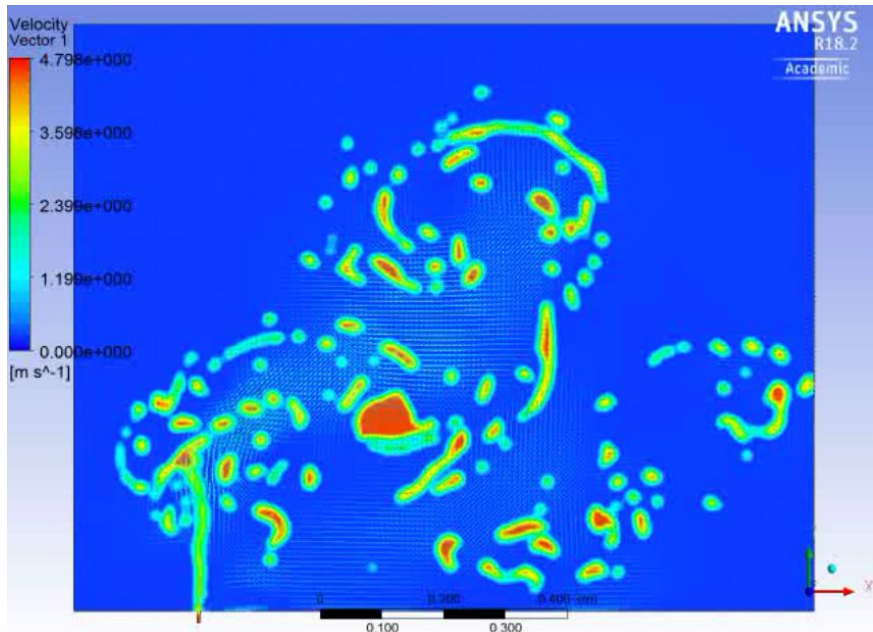
Grafik kecepatan aliran minyak pada sumbu X dapat dilihat pada Gambar 5.8. Grafik dimulai dengan tren naik hingga mencapai puncak pada posisi 1225 mm lalu turun hingga mencapai titik paling bawah pada posisi 1500 mm dan naik lagi hingga mencapai puncak pada 2100 mm. Kecepatan rata-rata aliran minyak dapat dilihat pada Tabel 5.5

Tabel 5.5 Kecepatan aliran tiap posisi pada ukuran lubang 4 mm

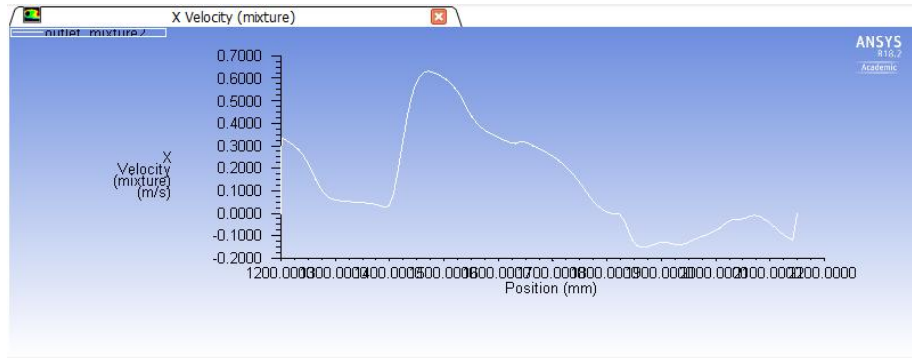
No	Position (mm)	Velocity (m/s)
1	1200	0
2	1300	0,15
3	1400	-0,3
4	1500	-0,6
5	1600	-0,47
6	1700	-0,2
7	1800	0,4
8	1900	0,5
9	2000	0,75
10	2100	0,8
11	2200	0,8
Kecepatan rata-rata		0,166

Pada Tabel 5.5, kecepatan aliran rata-rata didapatkan dari penjumlahan seluruh kecepatan dibagi dengan jumlah posisi, sehingga ditemukan kecepatan aliran rata-rata pada sumbu X sebesar 0,166 m/s.

5.2.5 Kebocoran ukuran 5 mm

**Gambar 5.14** Visualisasi kebocoran ukuran 5 mm

Pada ukuran lubang kebocoran sebesar 5 mm, aliran membuat pola yang tak beraturan dengan lebih banyak partikel minyak yang terdispersi saat keluar dari lubang kebocoran.



Gambar 5.15 Grafik kebocoran ukuran 5 mm

Grafik kecepatan aliran minyak pada sumbu X dapat dilihat pada Gambar 5.8. Grafik dimulai dengan tren naik hingga mencapai puncak pada posisi 1225 mm lalu turun hingga mencapai titik paling bawah pada posisi 1500 mm dan naik lagi hingga mencapai puncak pada 2100 mm. Kecepatan rata-rata aliran minyak dapat dilihat pada Tabel 5.6

Tabel 5.6 Kecepatan aliran tiap posisi pada ukuran lubang 5 mm

No	Position (mm)	Velocity (m/s)
1	1200	0,33
2	1300	0,075
3	1400	0,05
4	1500	0,6
5	1600	0,5
6	1700	0,33
7	1800	0,25
8	1900	-0,15
9	2000	-0,125
10	2100	0
11	2200	-0,1
Kecepatan rata-rata		0,16

Pada Tabel 5.6, kecepatan aliran rata-rata didapatkan dari penjumlahan seluruh kecepatan dibagi dengan jumlah posisi, sehingga ditemukan kecepatan aliran rata-rata pada sumbu X sebesar 0,16 m/s.

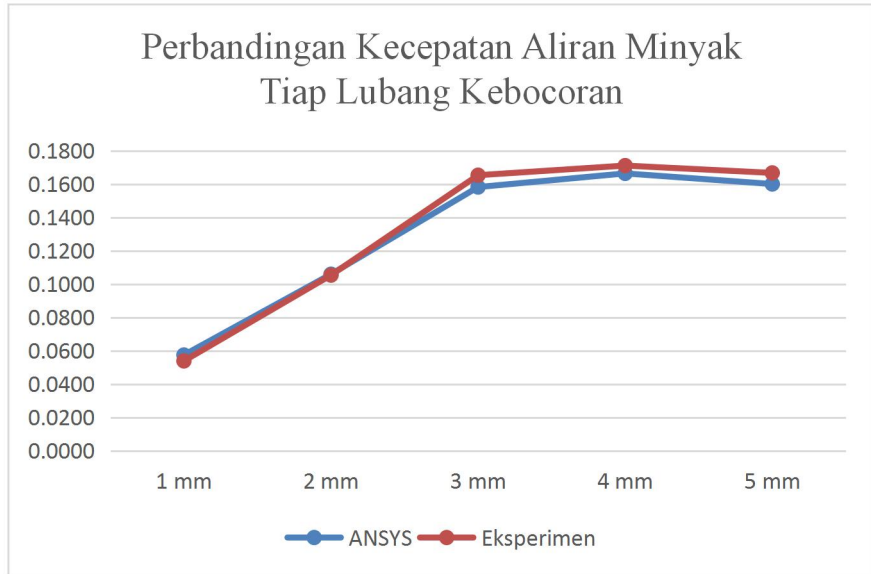
5.3 Perbandingan Antara Percobaan Pada Flow Channel dan Kalkulasi ANSYS CFD

Setelah mendapatkan data yang diperlukan, analisa selanjutnya adalah dengan membandingkan data yang telah didapat pada keduanya mulai dari penelitian pada *flow channel* dan menggunakan *software* ANSYS CFD Fluent. Berdasarkan kedua penelitian tersebut, didapat beberapa variabel yang ditunjukkan pada Tabel 5.7

Tabel 5.7 Perbandingan kecepatan aliran antara *software* dengan kondisi pada *flow channel*

Kebocoran	ANSYS	Penelitian	Perbedaan
1 mm	0,0575 m/s	0,0560 m/s	2%
2 mm	0,1059 m/s	0,1039 m/s	2%
3 mm	0,1582 m/s	0,1603 m/s	1%
4 mm	0,1664 m/s	0,1711 m/s	3%
5 mm	0,1600 m/s	0,1667 m/s	4%

Hasil data yang didapat menunjukkan jika kecepatan aliran minyak pada tiap lubang kebocoran hingga sejauh 1 m. Perbedaan kecepatan aliran diantara keduanya juga tidak begitu jauh, tidak mencapai 5%.



Gambar 5.16 Grafik perbandingan kecepatan aliran minyak tiap lubang kebocoran

Pada Grafik 5.16 juga menunjukkan kemiripan kecepatan aliran minyak antara penelitian pada *flow channel* dengan simulasi pada *software ANSYS CFD Fluent*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa hasil penelitian yang telah dilakukan oleh penulis dimulai dari penelitian pada *flow channel* dan simulasi *software* ANSYS CFD Fluent terkait dengan kebocoran pada pipa dengan ukuran kebocoran yang divariasikan, maka dapat disimpulkan bahwa :

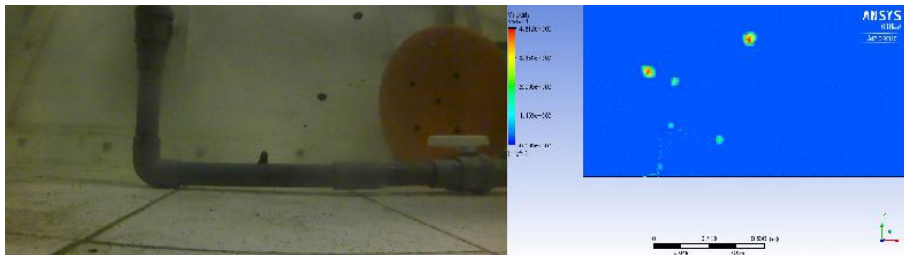
1. Tekanan pada setiap lubang kebocoran semakin tinggi seiring dengan bertambahnya luasan dari lubang kebocoran pada pipa. Tekanan juga berpengaruh pada meningkatnya kecepatan dari aliran minyak sehingga waktu untuk mencapai permukaan air menjadi lebih pendek.

Tabel 5.8 Perbandingan tekanan dengan kecepatan dan waktu

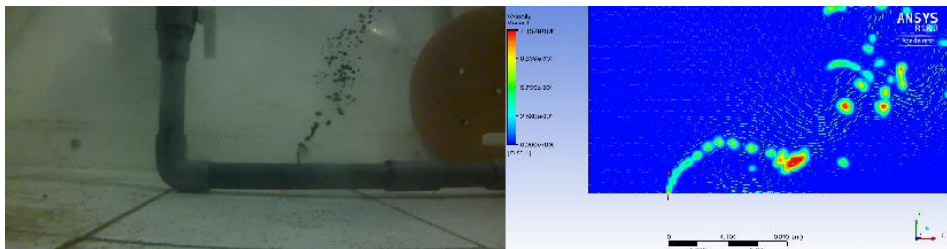
Lubang Kebocoran	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Tekanan (bar)
1 mm	9,28	0,102	0,05
2 mm	7,12	0,133	0,06
3 mm	6,05	0,157	0,08
4 mm	5	0,179	0,1
5 mm	3,96	0,226	0,12

Semakin rendah tekanan yang keluar dari lubang kebocoran pipa, maka gumpalan minyak akan seringkali terbentuk karena dipengaruhi oleh tegangan permukaan dari minyak itu sendiri. Selain itu, densitas dari minyak yang tinggi juga dapat menjadi salah satu variabel penyebab terjadinya gelembung pada minyak. Pada saat tekanan sudah memasuki 0,08 bar pada ukuran lubang kebocoran sebesar 3 mm, mulai terbentuk kabut minyak yang menandakan bahwa minyak tersebut dapat terdispersi / terurai menjadi partikel yang sangat kecil namun masih terdapat beberapa gelembung minyak yang terlihat oleh mata. Saat ukuran lubang kebocoran semakin besar, tekanan yang terjadi pada lubang kebocoran juga semakin tinggi sehingga membuat kabut minyak semakin cepat terdispersi dan membuat kabut menjadi tebal.

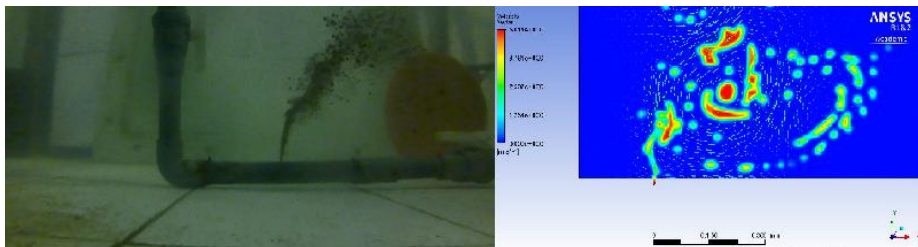
2. Jarak persebaran minyak pada saat terjadinya kebocoran dapat dianalisa dan di simulasikan menggunakan *software* ANSYS CFD Fluent. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil perbandingan kecepatan rata-rata pada sumbu X hingga total jarak 1 m yang hampir sama dengan kecepatan pada *flow channel*. Perbedaan kecepatan antara dua metode pengerjaan tersebut tidak sampai menyentuh 5% dari tiap ukuran lubang kebocoran. Selain itu, validasi lainnya yang digunakan adalah dari hasil visual setelah *running calculation* dibandingkan dengan *visual* minyak yang keluar saat pengujian di *flow channel*.



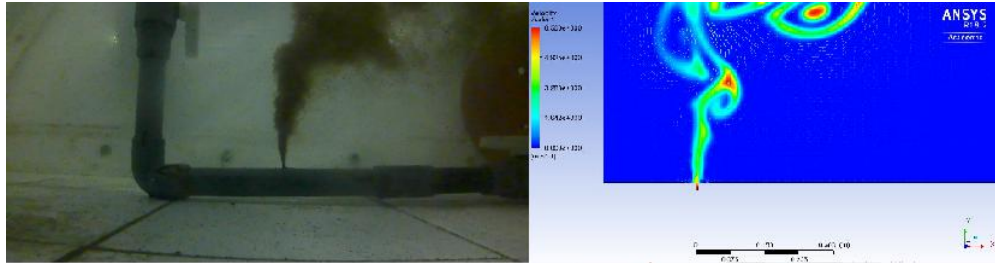
Gambar 5.17 Validasi aliran minyak secara *visual* pada lubang ukuran 1 mm



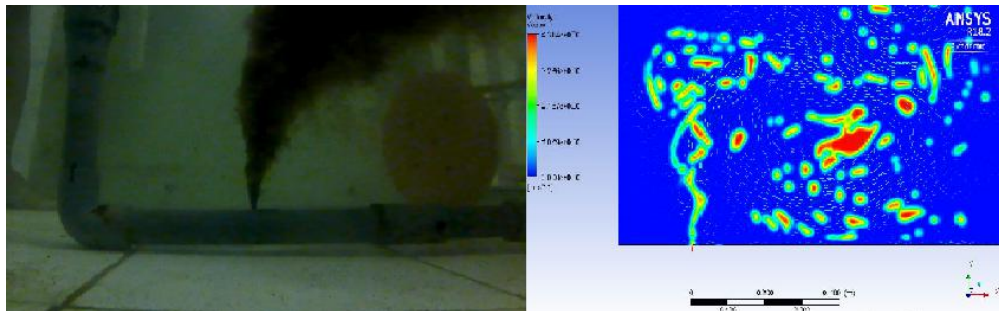
Gambar 5.18 Validasi aliran minyak secara *visual* pada lubang ukuran 2 mm



Gambar 5.19 Validasi aliran minyak secara *visual* pada lubang ukuran 3 mm



Gambar 5.20 Validasi aliran minyak secara *visual* pada lubang ukuran 4 mm



Gambar 5.21 Validasi aliran minyak secara *visual* pada lubang ukuran 5 mm

Dengan menggunakan rumus $V = S \times T$, dapat ditemukan jarak persebaran dari minyak yang keluar pada kondisi tiap-tiap lubang kebocoran seperti yang dijelaskan pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Jarak persebaran minyak tiap lubang kebocoran

Lubang Kebocoran	Waktu	Kecepatan Aliran		Jarak Persebaran	
		Penelitian	ANSYS	Penelitian	ANSYS
1 mm	9,28 s	0,0560 m/s	0,0575 m/s	0,52 m	0,53 m
2 mm	7,12 s	0,1039 m/s	0,1059 m/s	0,74 m	0,75 m
3 mm	6,05 s	0,1603 m/s	0,1582 m/s	1,08 m	1,07 m
4 mm	5,00 s	0,1711 m/s	0,1664 m/s	0,855 m	0,83 m
5 mm	3,96 s	0,1667 m/s	0,1600 m/s	0,66 m	0,63 m

Dari hasil tabel diatas membuktikan bahwa jarak persebaran yang dihasilkan dari simulasi *software* juga menunjukkan perbedaan yang tidak begitu signifikan dari pengujian pada *flow channel*. Hal ini dapat disimpulkan bahwa simulasi dengan menggunakan *software* bersifat *valid* dan dapat digunakan untuk variasi lingkungan lainnya.

Namun dalam proses simulasi menggunakan *software*, banyak faktor-faktor lain yang perlu diperhatikan pada kondisi sebenarnya seperti faktor material pipa, bentuk lubang kebocoran (apakah berupa *crack* atau *hole*), tekanan total yang dialami oleh pipa baik eksternal maupun internal, hingga perubahan arah aliran air yang tidak selalu konstan. Faktor-faktor tersebut dapat meningkatkan keakuratan dan validasi pada *software* sehingga hasil yang diharapkan mendekati kondisi pada lingkungan sebenarnya.

6.2 Rekomendasi

Berdasarkan analisis dari seluruh proses dan hasil yang telah dilakukan dalam pembuatan simulasi difusi ini, masih terdapat beberapa penambahan yang diharap dapat menjadikan hasil lebih akurat dan valid, antara lain:

1. Hasil permodelan dan simulasi menggunakan metode ini sudah mendekati kondisi pada lingkungan aslinya, namun geometrik yang digunakan dalam metode simulasi dalam penulisan skripsi ini masih dalam bidang 2 dimensi, sehingga hanya dapat mengukur satuan pada satu dimensi dan dua dimensi saja. Kedepannya bisa lebih baik jika dimensi bidang yang dibuat dibuat menjadi 3 dimensi, sehingga lebih banyak lagi output yang bisa didapatkan.
2. Permodelan sistem pipa pada *flow channel* masih divariasikan berdasarkan ukuran lubang kebocoran yang berbeda-beda dan menggunakan tekanan input yang sama. Variasi tekanan ataupun kedalaman, baik dari segi validasi pada *flow channel* maupun pada simulasi menggunakan *software* dapat diterapkan. Perpaduan antara keduanya dapat diaplikasikan pada studi selanjutnya guna mendapatkan output yang lebih beragam.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANSYS “Fluids”. 2017. Available: <http://www.ansys.com/products/fluids>
2. Andre Bakker. 2002. **Lecture 14 – Multiphase Flows. Applied Computational Fluid Dynamics.** Fluent Inc.
3. Bai, Qiang., and Bai, Yong. 2014. **Subsea Pipeline Design Analysis, and Installation.** Elsevier: USA.
4. DNV-OS-F101. 2007. **Submarine Pipeline Systems.**
5. Kenny, JP., 2009. **A Stability Design Rationale-A Review Of Present Design approaches.** Proceedings of the ASME 28th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering. USA.
6. Lindya Susanti, Nuki., Arum Rahardian, Yusrina. **Studi Karakteristik dan Kestabilan Emulsi Minyak Mentah Indonesia.** Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang
7. Ghofur Ragil Insani, Abdul. 2016. **Analisa Karakteristik Aliran Kebocoran Aliran Kebocoran Minyak Pada Pipa Minyak Bawah Laut.** Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan. FTK-ITS.
8. Marina, Dita. 2009. **Analisis Vibrasi Subsea Pipeline Akibat Aliran Internal dan Eksternal di Sisi Nubi Total Field E&P Indonesia.** Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kelautan. FTK-ITS.
9. Soegiono. 2007. **Pipa Laut.** Airlangga University Press, Surabaya.
10. SpringerPlus, Open Access. 2016. **Leakage Diffusion Of Underwater Crude Oil In Wind Fields.**
11. Zulhilmi Mohd Alias, Adid, Jaswar Koto and Yasser Mohamed Ahmed. 2014. **CFD Simulation for Stratified Oil-Water Two-Phase Flow in a Horizontal Pipe.** Department of Aeronautics, Automotive and Ocean Engineering, Universiti Teknologi Malaysia. Malaysia.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

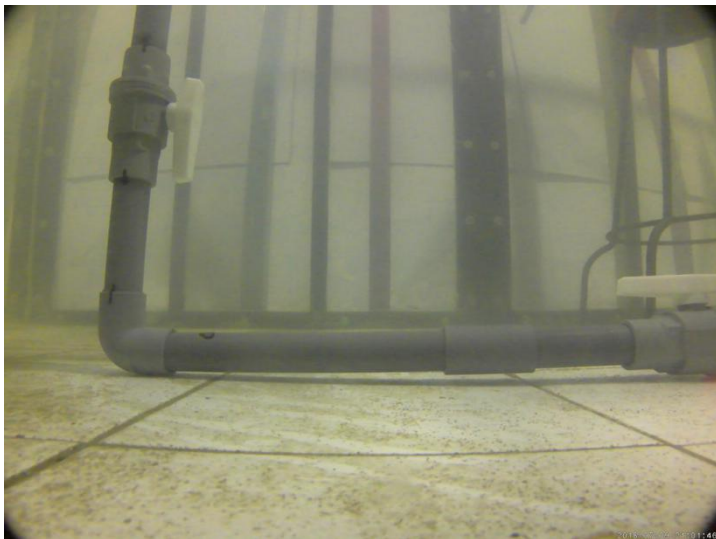
BIODATA PENULIS



Penulis bernama Cholid Aulawy Mubarak, merupakan putra pertama dari 3 bersaudara. Ayah dari penulis bernama Haitami dan Ibu dari penulis bernama Emi Rosyidah. Lahir pada tanggal 3 Mei 1996, di Kota Kediri, Jawa Timur. Penulis telah menyelesaikan jenjang pendidikan formal dasar di SD Negeri Banjaran 4 Kota Kediri, jenjang menengah pertama di SMP Negeri 1 Kota Kediri, jenjang menengah atas di SMA Negeri 2 Kota Kediri, dan melanjutkan pendidikan tinggi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Program Reguler, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya di bidang *Marine Machinery And Fluid System* (MMS). Penulis pernah menjalankan *on the job training* di beberapa perusahaan yaitu PT. Dumas Tanjung Perak Surabaya dan PT. Lloyd's Register Asia, Surabaya. Selain aktivitas akademik, penulis berpengalaman dan aktif tergabung dalam beberapa aktivitas organisasi dan unit kegiatan mahasiswa. Penulis pernah bergabung dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS sebagai Steering Committee tahun akademis 2016/2017, serta menjadi *second hand* pada laboratorium MMS. Selain itu, penulis aktif dalam mengikuti kegiatan pengembangan *softskills* seperti Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Pra Tingkat Dasar. Penulis dapat dihubungi melalui cholidaulawy3596@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN



Lampiran 1 Gambar bagian sambungan pipa yang diberi lubang kebocoran



Lampiran 2 Gambar sambungan pipa yang telah dilepas



Lampiran 3 Gambar pemasangan sambungan pipa secara *underwater*



Lampiran 4 Gambar *crude oil* yang ditampung dalam *reservoir*



Lampiran 5 Gambar *crude oil* hasil pengujian debit