



**REKAYASA METODE PEMASANGAN PIPA SEBAGAI
INOVASI DALAM PERANCANGAN JARINGAN PIPA AIR
MINUM BAWAH LAUT ANTAR PULAU**

DISERTASI

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Mendapat Gelar

DOKTOR

Dalam Ilmu Teknik Sipil

Tri Suyono

NPM: 328172006

**UNIVERSITAS TARUMANAGARA
FAKULTAS TEKNIK - DOKTOR ILMU TEKNIK SIPIL
JAKARTA, 2023**



**REKAYASA METODE PEMASANGAN PIPA SEBAGAI
INOVASI DALAM PERANCANGAN JARINGAN PIPA AIR
MINUM BAWAH LAUT ANTAR PULAU**

DISERTASI

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Mendapat Gelar

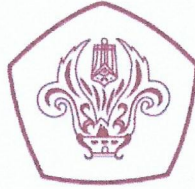
DOKTOR

Dalam Ilmu Teknik Sipil

Tri Suyono

NPM: 328172006

**UNIVERSITAS TARUMANAGARA
FAKULTAS TEKNIK - DOKTOR ILMU TEKNIK SIPIL
JAKARTA, 2023**



Puji Syukur kepada Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa, yang hanya atas ijin, ridho dan rahmatNYA lah studi dan penulisan disertasi ini dapat saya selesaikan dengan diberikan anugerah gelar Doktor.

Anugerah ini saya persembahkan khusus kepada:

Kedua orang tua saya tercinta ibu Lamini dan bapak Sulaiman

Kedua Isteri saya Ratih Anggraeni Widiastuti dengan putra

1. Ismaya Bayu Sigma Kusumawardana

2. Narada Tirta Gamma Kusumawardana

dan Erna Yunita Sari dengan putri

Teta Skolastika Tantri Kusumawardhani

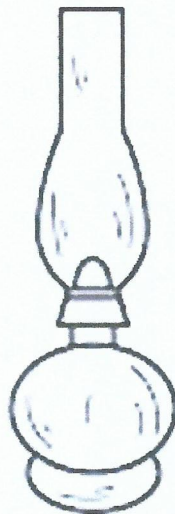
serta putra Dirandra Darpa Lamda Kusumawardana

Serta seluruh keluarga, rekan sejawat yang telah banyak memberikan berbagai bentuk dukungan Selama saya menempuh studi

Semoga dengan anugerah yang mungkin jauh dari kemampuan dan pengetahuan yang saya miliki saya dapat berbuat lebih banyak untuk bangsa dan negara serta sesama

"Sabar, Jujur dan Rajin yang dilakukan dengan ikhlas serta penuh kebijaksanaan dan rendah hati adalah modal utama menggapai kesuksesan dan kebahagiaan"

"lentera yang kecil dan redup akan sangat berguna dan terlihat jika menyala ditengah kegelapan, namun tidak akan berarti dan berguna jika menyala ditengah kota metropolitan, demikian ilmu yang terbatas akan sangat bermanfaat jika berada ditengah-tengah yang membutuhkan"





**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TARUMANAGARA
JAKARTA**

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tri Suyono
NIM : 328172006
Program Studi : Doktor Ilmu Teknik Sipil

adalah mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara yang telah menyusun disertasi dengan judul:

**REKAYASA METODE PEMASANGAN PIPA SEBAGAI INOVASI
DALAM PERANCANGAN JARINGAN PIPA AIR MINUM
BAWAH LAUT ANTAR PULAU**

Dengan ini menyatakan bahwa:

Disertasi yang saya susun merupakan hasil pemikiran sendiri secara orisinil dan saya susun sendiri secara mandiri dengan tidak melanggar kode etik karya cipta. Apabila dikemudian hari ternyata disertasi ini terbukti melanggar kode etik karya cipta dan atau merupakan karya yang dikategorikan mengandung unsur plagiarisme, maka saya bersedia menerima sanksi administratif dan sanksi akademik dari Universitas Tarumanagara.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan benar dan tanpa tekanan dari pihak manapun.

Jakarta, 17 Januari 2023

Yang membuat pernyataan

Tri Suyono



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TARUMANAGARA
JAKARTA**

LEMBAR PERSETUJUAN DISERTASI

Nama : Tri Suyono
NIM : 328172006
Program Studi : Doktor Ilmu Teknik Sipil

Judul Disertasi

**REKAYASA METODE PEMASANGAN PIPA SEBAGAI
INOVASI DALAM PERANCANGAN JARINGAN PIPA
AIR MINUM BAWAH LAUT ANTAR PULAU**

Telah diuji pada sidang Terbuka/Promosi pada tanggal 17 Januari 2023 dan dinyatakan lulus, dengan majelis penguji terdiri dari:

1. Ketua : Prof. Dr. Ir. Agustinus Purna Irawan, IPU.,
ASEAN Eng.
2. Anggota : Dr. Ir. Wati Asriningsih Pranoto, MT.
Prof. Ir. Joko Sujono, M. Eng., Ph.D.
Dr. Ir. Najid, MT.
Prof. Ir. F.J. Putuhena M.Sc. Ph.D.

Jakarta, 17 Januari 2023

Promotor Utama,

**Prof. Dr. Ir. Agustinus Purna Irawan,
IPU., ASEAN Eng.**

Promotor Pendamping,

Dr. Ir. Wati Asriningsih Pranoto, MT.



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TARUMANAGARA
JAKARTA**

LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI

Nama : Tri Suyono
NIM : 328172006
Program Studi : Doktor Ilmu Teknik Sipil

Judul Disertasi

**REKAYASA METODE PEMASANGAN PIPA SEBAGAI
INOVASI DALAM PERANCANGAN JARINGAN PIPA AIR
MINUM BAWAH LAUT ANTAR PULAU**

Telah dinyatakan lulus serta telah mendapatkan persetujuan dari tim Promotor dan Dewan Penguji sehingga dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar

DOKTOR
Dalam Ilmu Teknik Sipil (Keairan)

Jakarta, 17 Januari 2023

Mengesahkan
Ketua Program Studi,

Dr. Ir. Najid, MT.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa, karena atas ijin, ridho dan rahmatNYA lah studi dan penulisan disertasi dengan judul **Rekayasa Metode Pemasangan Pipa Sebagai Inovasi Dalam Perancangan Jaringan Pipa Air Minum Bawah Laut Antar Pulau** ini dapat terselesaikan. Sebagai manusia biasa yang banyak kekurangan, penulis menyadari, bahwa hasil penulisan ini jauh dari kata sempurna, untuk itu kiranya kedepan dapat diteliti dan dikembangkan lebih mendalam seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Penulis berharap bawa hasil penulisan ini dapat dimanfaatkan oleh masyarakat atau pihak-pihak yang berkepentingan dalam pembangunan jalur distribusi air minum, minyak, listrik, kabel optic dan jaringan bawah laut lainnya, yang tentunya harus diikuti kajian yang lebih komprehensif.

Penulis juga sangat berterima kasih atas bantuan dan dukungan semua pihak sehingga penulis diberi anugerh mendapatkan gelar DOKTOR dalam ilmu teknik sipil khususnya bidang keairan, untuk itu penulis menyampaikan terima kasih tak terhingga kepada:

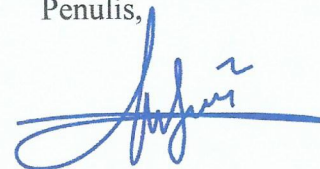
1. Kedua orang tua saya, ibu Lamini dan bapak Sulaiman yang dengan segala keterbatasannya telah mendidik saya untuk terus bersekolah dengan pesan yang selalu saya ingat *“bersekolahlah dengan baik agar bernasib baik untuk bisa berbuat baik kepada orang lain dan sesama makhluk”*.
2. Isteri berserta putra putri penulis, isteri tercinta Ratih Anggraeni Widiastuti serta putra penulis tercinta dan tersayang, Ismaya Bayu Sigma Kusumawardana, Narada Tirta Gamma Kusuma Wardana, Dirandra Darpa Lamda Kusumawardhana dan putri penulis tercinta dan tersayang Teta Skolastika Tantri Kusumawardhani.
3. Prof. Dr Ir. Agustinus Purna Irawan, IPU., ASEAN Eng. Rektor Universitas Tarumanagara sekaligus sebagai promotor utama yang dengan penuh kesabaran dan ketelatenan, telah membimbing saya tanpa mengenal hari libur disela-sela kesibukan beliau baik secara offline maupun online.
4. Dr. Ir. Wati Asriningsih Pranoto selaku promotor pendamping yang dengan penuh kesabaran dan ketelatenan, telah membimbing saya tanpa mengenal hari libur baik secara offline maupun online, disela-sela kesibukan beliau.
5. Dr. Hari Tanujaya, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara.
6. Dr. Ir. Najid, MT. selaku Ketua Program Studi Doktor Teknik Sipil Universitas Tarumanagara sekaligus sebagai team penguji yang sangat banyak membantu proses studi, dan memberikan masukan dan pembobotan terhadap disertasi saya.
7. Prof. Ir. F.J. Putuhena, M.Sc., Ph.D. selaku team penguji yang banyak memberikan masukan dan pembobotan terhadap penulisan disertasi mulai dari seminar 1 hingga tahap ujian terbuka.
8. Prof. Ir. Joko Sujono, M. Eng., Ph.D. selaku team penguji eksternal yang banyak memberikan masukan dan pembobotan terhadap disertasi saya.
9. Semua Dosen Doktor Teknik Sipil Universitas Tarumanagara yang banyak memberikan pemahaman dan wawasan keilmuan.
10. Bapak Muhammad Rosidi, sebagai pegawai administrasi di Doktor Teknik Sipil Universitas Tarumanagara yang sangat banyak membantu dalam administrasi selama saya menampuh studi S3. Serta almarhum pak Ucup yang sering membantu menyiapkan perlengkapan kuliah di kelas, serta seluruh staf di doctoral teknik sipil UNTAR.

11. Seluruh rekan sejawat di Universitas Khairun yang telah banyak memberikan dukungan yang sangat bermanfaat dalam penyelesaian studi S3 saya.
12. Balai Prasarana Permukiman Wilayah Maluku Utara, Direktorat Air Minum Dirjen Cipta Karya, Kementerian PU-PR yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mempraktekkan metode pemasangan pipa bawah laut.
13. Balai Wilayah Sungai Maluku Utara, Dirjen Sumberdaya Air, Kementerian PU-PR yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk penelitian ini.
14. Pemerintah Daerah dan Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Pulau Taliabu, yang banyak membantu dalam survey.
15. Pemerintah Daerah dan Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Halmahera Selatan, yang banyak membantu dalam survey.
16. Pemerintah Daerah dan Perusahaan Daerah Air Minum Kota Tidore Kepulauan, yang banyak membantu dalam survey.
17. Pemerintah Daerah dan Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Halmahera Tengah, yang banyak membantu dalam survey.
18. Pemerintah Daerah dan Perusahaan Daerah Air Minum Kota Ternate, yang banyak membantu dalam survey.
19. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Kota Ternate yang membantu dalam penyediaan data skunder.
20. Ahmad Fudholi, Ph.D, sebagai dosen Universiti Kebangsaan Malaysia dan juga staf di Badan Riset dan Inovasi Nasional yang telah banyak membantu dalam biaya publikasi.

Semoga tulisan ini dapat bermanfaat baik bagi saya pribadi maupun untuk kepentingan pengembangan riset dan aplikasi teknologi, atas segala keterbatasan yang ada pada diri saya pribadi saya mohon maaf yang sebesar-besarnya.

Jakarta, 17 Januari 2023

Penulis,



Tri Suyono

ABSTRAK

Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki beberapa pulau kecil berpenghuni namun tidak memiliki potensi air tawar/minum yang cukup, sehingga masyarakat harus menyediakan air tadah hujan atau mengambil air dari pulau-pulau terdekat. Penyediaan air bersih sangat sulit dilakukan dengan menggunakan teknologi tinggi, karena selain biaya investasi yang tinggi, biaya operasional juga akan mempersulit operasional masyarakat. Salah satu teknologi yang lebih murah biaya operasionalnya adalah pemasangan pipa bawah laut, namun karena teknologi ini tidak memiliki nilai ekonomis yang tinggi, maka perlu menggunakan cara yang terjangkau dengan mengoptimalkan sumber daya manusia untuk pemasangan dan peralatan lokal.

Kajian metode pemasangan pipa air minum bawah air dilakukan dengan memperhatikan berbagai gaya yang bekerja pada pipa yang dipengaruhi oleh arus, tinggi dan panjang gelombang serta kondisi dasar laut agar pipa stabil di dasar laut. Data teknis untuk mendukung perencanaan juga diperlukan, baik data primer maupun data sekunder.

Metode pemasangan pipa yang mengoptimalkan potensi lokal adalah metode TJ 19 yang memiliki banyak keuntungan finansial dibandingkan dengan metode lain yang membutuhkan biaya lebih tinggi. Pipa yang digunakan pada instalasi ini adalah pipa HDPE yang bebas korosi dan memiliki tingkat elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan jenis pipa lainnya.

Kata kunci: Pipa, Bawah Laut, Air, Metode, TJ-19

ABSTRACT

Indonesia is an archipelagic country, which has several small inhabited islands but does not have enough fresh/drinking water potential, so that people have to provide rain-fed water or take water from nearby islands. Providing fresh water is very difficult to do using high technology, because apart from the high investment costs, operational costs will also complicate the operation of the community. A technology that is cheaper in operational costs is the installation of underwater pipelines, but because this technology does not have high economic value, it is necessary to use an affordable method by optimizing human resources for local installation and equipment.

The study of the method of installing underwater drinking water pipes was carried out by taking into account the various forces acting on the pipes which are influenced by currents, height and wavelength as well as seabed conditions so that the pipes are stable on the seabed. Technical data to support planning is also needed, both primary data and secondary data.

The pipe installation method that optimizes local potential is the TJ 19 method, which has many financial advantages compared to other methods that require higher costs. The pipes used in this installation are HDPE pipes which are corrosion free and have a higher level of elasticity than other pipe types.

Keywords: Pipes, Underwater, Water, Methods, TJ-19

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSEMBAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN DISERTASI.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xvii
 I. PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.2.1 Permasalahan Penyediaan Air Tawar	4
1.2.2 Permasalahan dalam Pemasangan Pipa Bawah Laut.....	5
1.3 Rumusan Masalah	5
1.4 Tujuan	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
1.6 Manfaat Penelitian	6
1.7 Lokasi Penelitian.....	6
1.8 Riset Gab.....	7
1.9 Novelti atau Inovasi Baru.....	9
 II. KAJIAN PUSTAKA.....	 10
2.1 Regulasi Pemasangan Pipa Bawah Laut	10
2.1.1 Perancangan berdasarkan <i>Limite State Design</i>	10
2.1.2 <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	10
2.2 Metode Pemasangan Pipa Bawah Laut.....	11
2.3 Aspek-Aspek Teknis pada Pipa Bawah Laut	12
2.3.1 Pengaruh Arus Laut.....	12
2.3.2 Pengaruh Gelombang	13
2.3.3 Gaya-Gaya yang Terjadi pada Pipa	14
2.3.4 Analisa Stabilitas Pipa Bawah Laut.....	17
2.4 Pengamanan Posisi Pipa.....	20
2.5 Klasifikasi Pipa Bawah Laut.....	21
2.6 Klasifikasi Sistem Pipa Bawah Laut Berdasarkan Fluida yang Dialirkan	22
2.7 Klasifikasi Sistem Pipa Bawah Laut Berdasarkan Lokasi Pipa	23
2.8 Klasifikasi Sistem Pipa Bawah Laur Berdasarkan Tingkat Keamanan	23
2.9 Tipe Pipa	24
2.10 Aliran dalam Pipa.....	25

III. METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Kajian Pustaka.....	26
3.2 Kajian Teori	26
3.3 Skematik Sistem Jaringan Pipa Air Minum Bawah Laut.....	27
3.4 Cakupan Kajian Pemasangan Pipa Bawah Laut	27
3.5 Rekayasa Metode Pemasangan Pipa	31
3.6 Pengujian Langsung Metode Hasil Inovasi.....	33
3.7 Kajian Komparasi.....	34
3.8 <i>Flow Chart</i> Penelitian	36
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Analisis Sistem Perpipaan Bawah Laut	37
4.1.1 Pemilihan Dimensi dan Spesifikasi Pipa	37
4.1.1.1 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk.....	37
4.1.1.2 Perhitungan Kebutuhan Air.....	38
4.1.1.3 Perhitungan Dimensi Pipa	42
4.1.1.4 Analisis Hidrolis.....	43
4.2 Pemilihan Sistem Pemasangan Pipa	47
4.2.1 Analisa Alternatif Pemasangan Pipa Bawah Laut	47
4.3 Analisa Stabilitas Pipa didasar Laut.....	51
4.3.1 Pengaruh Gelombang dan Arus Terhadap Stabilitas Pipa di Dasar Laut	51
4.3.2 Gaya-Gaya yang Bekerja terhadap Pipa	51
4.3.3 Massa Tambahan (Beton Pemberat).....	55
4.4 Rekayasa Metode Pemasangan Pipa Bawah Laut.....	58
4.4.1 Analisa Peletakan Pipa	58
4.4.2 Penyambungan Pipa di Darat	59
4.4.3 Penyambungan Pipa di Atas Laut.....	64
4.4.4 Analisa Bentangan Pipa.....	65
4.4.4.1 Gaya yang Bekerja terhadap Pipa	66
4.4.5 Perhitungan Bobot dan Spesifikasi Tali Jangkar	75
4.4.6 Pemasangan Pipa dengan Metode yang Sudah Ada	76
4.4.7 Pemasangan Pipa dengan Metode TJ-19	79
4.4.7.1 Tahapan Pemasangan Pipa Bawah Laut dengan Metode TJ-19.....	82
4.4.7.2 Spesifikasi Kapal Pemasang Pipa.....	84
4.4.7.3 Syarat-Syarat Penyelam.....	86
4.5 Teknik Pengoperasian dan Perbaikan Pipa Air Minum Bawah Laut.....	86
4.5.1 Metode Perbaikan Pipa Air Minum Bawah Laut	87
4.5.2 Kerusakan Pipa Bawah Laut.....	87
4.5.3 Perhitungan Daya Angkat Floater	88
4.5.4 Penenggelaman Kembali	90
4.6 Teknik Pengoperasian Pipa Bawah Laut.....	93
4.7 Kondisi yang Harus Dihindari Dalam Pengoperasian Pipa Bawah Laut.....	94
4.8 Pengujian Jaringan Pipa yang Telah Terpasang	94
4.9 Novelti.....	96
4.9.1 Novelti Satu, Metode Pemasangan Pipa Bawah Laut	96
4.9.2 Novelti Dua, Metode Perbaikan Pipa Bawah Laut.....	97
4.9.3 Penyederhanaan Persamaan.....	97
4.9.3.1 Persamaan Pemilihan Spesifikasi Pipa.....	97

4.9.3.2	Persamaan Penentuan Bobot Jangkar dan Spesifikasi Tali Jangkar....	98
4.9.3.3	Persamaan Penentuan Bobot Massa Tambahan	99
V. PENUTUP.....		101
5.1	Kesimpulan	101
5.2	Saran.....	103
DAFTAR PUSTAKA		104
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul Gambar	Hal.
1.	Warga pulau Limbo yang sedang mengambil air tawar di pulau sungai Beringin pulau Taliabu	2
2.	Rutinitas warga pulau Limbo yang sedang mencuci di sungai Beringin pulau Taliabu ...	2
3.	Warga pulau Laluin yang sedang antri air tawar	2
4.	Warga pulau Maitara yang sedang antri air tawar	3
5.	Warga pulau Hiri yang sedang berdiskusi di sumur yang payau membicarakan masalah penyediaan air tawar	3
6.	Skema identifikasi permasalahan penyediaan air tawar	5
7.	Proses pemasangan pipa dengan metode <i>Reel Lay</i>	11
8.	Proses pemasangan pipa dengan metode <i>Towing</i>	11
9.	Proses pemasangan pipa dengan metode <i>J-Lay</i>	12
10.	Proses pemasangan pipa dengan metode <i>S-Lay</i>	12
11.	Gaya-gaya pada pipa di dalam air	13
12.	Pergerakan gelombang	13
13.	Efek gelombang pada kedalaman	14
14.	<i>Hoop stress</i>	14
15.	<i>Longitudinal stress</i>	15
16.	<i>Span analysis</i>	15
17.	Hidrodinamik analisis.....	16
18.	Tekanan yang bekerja pada pipa	16
19.	Grafik tekanan hidrostatik.....	17
20.	Hal-hal yang harus dihindari pada pemasangan pipa bawah laut.....	20
21.	Klasifikasi pipa bawah laut	22
22.	Skematik sistem penyediaan air minum bawah laut di lokasi rencana pengujian metode pemasangan pipa bawah laut.....	27
23.	Diagram alur perencanaan yang optimal	28
24.	<i>Abrasive resistance</i>	29
25.	Kurva tes tekanan pipa HDPE	30
26.	Tahapan rekayasa metode pemasangan pipa bawah laut	32
27.	Peta nasional rencana lokasi pengujian metode pemasangan pipa bawah laut	33
28.	Peta provinsi Maluku Utara rencana lokasi pengujian metode pemasangan pipa bawah laut	33
29.	Peta batimetri kabupaten pulau Taliabu rencana lokasi pengujian metode pemasangan pipa bawah laut	34
30.	Jalur pengujian metode pemasangan pipa bawah laut.....	34
31.	<i>Flow chart</i> tahapan pembuatan model empiris	35
32.	<i>Flow chart</i> penelitian.....	36
33.	Grafik pemilihan pipa berdasarkan jumlah penduduk.....	43
34.	Transformasi gelombang	48
35.	Ilustrasi transformasi gelombang	49
36.	Batas pengaruh gelombang terhadap kedalaman laut	50
37.	Profil batas pengaruh gelombang terhadap kedalaman laut	50

38. Sketsa terjadinya gaya gesek pada pipa	51
39. Gaya total yang bekerja pada pipa di dasar laut dengan beton pemberat berbentuk trapesium berdasarkan kecepatan arus pada jarak massa tambahan jarak 2 meter	53
40. Gaya total yang bekerja pada pipa di dasar laut dengan beton pemberat berbentuk setengah lingkaran berdasarkan kecepatan arus pada jarak massa tambahan jarak 2 meter	54
41. Gaya total yang bekerja pada pipa di dasar laut berdasarkan bentuk beton jarak 2 meter terhadap kedalaman laut	54
42. Bobot beton pemberat berbentuk trapesium berdasarkan kecepatan arus pada jarak massa tambahan jarak 2 meter	56
43. Bobot beton pemberat berbentuk setengah lingkaran berdasarkan kecepatan arus pada jarak massa tambahan jarak 2 meter	57
44. Bobot beton berdasarkan bentuk yang dipasang pada jarak 2 meter terhadap kedalaman laut	57
45. Massa tambahan pipa yang telah terpasang pada kedalaman 22 meter	58
46. Bentuk <i>sttlement</i> pada pipa	59
47. Proses penyetalah pipa di frame mesin (± 15 menit)	60
48. Proses perautan/perataan permukaan pipa (± 5 menit)	61
49. Proses sterilisasi (± 3 menit)	61
50. Proses sterilisasi (± 3 menit)	62
51. Proses pemanasan (± 7 menit) dengan suhu 25°C	62
52. Proses pemanasan dengan suhu 25°C	63
53. Proses penyambungan dan pendinginan (± 20 menit)	63
54. Proses pemasangan clamp pengaman sambungan dengan kunci <i>moment</i> (± 20 menit)	64
55. Proses penyambungan pipa diatas kapal/perahu	65
56. Proses penyambungan pipa diatas kapal/perahu	65
57. Gaya yang bekerja pada pipa dipermukaan laut	66
58. Gaya terhadap kecepatan air laut	67
59. Gaya terhadap panjang pipa	68
60. Gaya terhadap yang terjadi pada pipa	69
61. Penampang pipa	70
62. Data teknis pipa HDPE	71
63. Ilustrasi deformasi maksimum	72
64. Deformasi terhadap kecepatan arus	73
65. Deformasi terhadap panjang bentangan	73
66. Analisa deformasi pipa bentang 1 m dengan ANSYS WORKBENCH versi student	73
67. Analisa deformasi pipa bentang 10 m dengan ANSYS WORKBENCH versi student	74
68. Analisa deformasi pipa bentang 30 m dengan ANSYS WORKBENCH versi student	74
69. Analisa deformasi pipa bentang 100 m dengan ANSYS WORKBENCH versi student	74
70. Gaya-gaya yang bekerja terhadap pipa dipermukaan laut pada kecepatan arus 0,1 – 2,0 m/det	75
71. Bobot dan beban putus tali Jangkar Pipa pada kecepatan arus antara 0,1 – 2,0 m/det	76
72. Persiapan pemasangan pipa	77
73. Penyambungan pipa diatas buritan kapal	77
74. Pipa yang dipasang dengan metode <i>S-Lay</i> terkendala arah kapal tegak lurus dengan titik tujuan pemasangan	78
75. Persiapan pemasangan pipa dengan metode <i>Reel-Lay</i> sederhana	78
76. Peluncuran pipa dengan metode <i>Reel-Lay</i> sederhana	79

77. Skema pemasangan pipa bawah laut dengan metode JT-19	80
78. Posisi haluan kapal/perahu searah dengan arah pipa.....	80
79. Posisi haluan kapal/perahu tegak lurus dengan arah pipa	81
80. Proses pemindahan beton massa tambahan dari perahu pengantar	81
81. Proses pemasangan beton massa tambahan dari perahu pengantar	82
82. Proses peluncuran pipa	82
83. Contoh kerusakan pipa	88
84. Tata letak <i>floater</i> pengapung	89
85. Pengapung yang timbul dipermukaan	90
86. Penyambungan pipa yang telah diapungkan	90
87. Perahu pemasang massa tambahan pada perbaikan pipa yang berjejer	91
88. Pemasangan massa tambahan pada perbaikan pipa.....	92
89. Penenggelaman pipa dengan memotong <i>floater</i> pengapung	92
90. Pengecekan pipa didasar laut.....	93
91. Air yang masuk ke reservoir pulau Limbo	94
92. Antusiasme masyarakat pulau Limbo mengambil air dari titik uji coba jaringan pipa..	95
93. Masyarakat mengambil air di <i>overflow reservoir</i>	95

DAFTAR TABEL

No.	Judul Tabel	Hal.
1.	Klasifikasi keamanan sistem pipa bawah laut berdasarkan fluida yang dialirkan	21
2.	Klasifikasi sistem pipa bawah laut berdasarkan lokasi pipa	23
3.	Klasifikasi sistem pipa bawah laut berdasarkan tingkat keamanan.....	23
4.	Klasifikasi sistem pipa bawah laut tingkat keamanan untuk kondisi normal.....	24
5.	Kebutuhan air domestik berdasarkan PU. Cipta Karya.....	40
6.	Kebutuhan air non domestik.....	41
7.	Material properties pipa HDPE	45
8.	Pros dan Cons pemilihan pipa HDPE.....	45
9.	Pertimbangan pemilihan pipa dalam perencanaan	46
10.	Hasil survey di selat Limbo	57
11.	Gaya terhadap kecepatan air laut.....	67
12.	Gaya terhadap panjang pipa	68
13.	Gaya terhadap panjang pipa	69
14.	Deformasi terhadap kecepatan arus.....	71
15.	Deformasi terhadap panjang bentangan	72