

**KAJI PERILAKU STATIK SISTEM KONSTRUKSI PIPA DARI HEAT
EXCHANGER JIS-C MERUJU SUCTION DRUM 104-F DENGAN
MENGGUNAKAN PROGRAM SAP 2000 & II**

FT
Lini
2009



SERIESI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Menparalel Gelar Sarjana Teknik di
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya**

**Oleh
ACHUNG KURNIAWAN
0603130047**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDERALAYA
2009**

621.867 207

Kub

e-091383

2009

KAJI PERILAKU STATIK SISTEM KONSTRUKSI PIPA DARI HEAT EXCHANGER 115-C MENUJU SUCTION DRUM 104-F DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM SAP 2000 v.11



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik di
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya**

**OLEH:
AGUNG KURNIAWAN
03043150042**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDERALAYA
2009**

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS SRIWIJAYA FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

SKRIPSI

**KAJI PERILAKU STATIK SISTEM KONSTRUKSI PIPA DARI
HEAT EXCHANGER 115-C MENUJU SUCTION DRUM 104-F
DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM SAP 2000 v.11**



Oleh:

AGUNG KURNIAWAN

03043150042

Inderalaya, Juli 2009

Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing Skripsi:

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin
Universitas Sriwijaya:



Ir. Helmy Alian, MT
NIP. 131 672 077

Ir. Zainal Abidin, MT
NIP. 131 595 557

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

Agenda
Diterima Tanggal
Paraf

: 1838 / M / ID / 2009
: 25-08-09
:

SKRIPSI

Nama : AGUNG KURNIAWAN
NIM : 03043150042
Mata Kuliah : KONSTRUKSI SISTEM PIPA
Judul : KAJI PERILAKU STATIK SISTEM KONSTRUKSI PIPA
DARI *HEAT EXCHANGER 115-C* MENUJU *SUCTION
DRUM 104-F* DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM *SAP
2000 v.11*

Diberikan : September 2008
Selesai : Juli 2009

Diketahui oleh
Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Ir. Helmy Alian, MT
NIP. 131 672 077

Inderalaya, Juli 2009
Diperiksa dan disetujui oleh
Dosen Pembimbing,

A large, stylized handwritten signature in black ink, which appears to read 'Zainal Abidin'.

Ir. Zainal Abidin, MT
NIP. 131 595 557

KATA PENGANTAR

Dipersembahkan Untuk:

*Ayahanda Ir. Abdul Karim Burnawi, M.Sc. dan Ibunda Nurfania tercinta
Saudara-saudaraku, Diah Kurniaty, Indah Kurnia Putri
Kayis Kurnia Putra dan Aqilla Kurnia Iffa*

*Tiada kata yang dapat aku ucapkan sebagai tanda
terima kasihku atas segala doa, dorongan, pengorbanan dan
pengertian yang tulus yang telah diberikan sehingga aku dapat
menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Mesin
di Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Sholawat dan salam penulis tujukan kepada Rasulullah SAW, yang telah membawa kita kearah kebenaran.

Penulisan skripsi ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan jenjang Strata 1 pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam penyelesaian skripsi ini terasa sekali kekurangan penulis, baik dari faktor sarana dan fasilitas maupun faktor penunjang lainnya. Oleh karena itu, besar kemungkinan masih jauh dari kesempurnaan dan juga dari apa yang diharapkan, bantuan dan dorongan baik moril maupun material dari semua pihak merupakan sumbangan yang sangat berharga.

Melalui penulisan skripsi ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Ucapan terima kasih tersebut penulis tujukan kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Ir. Helmy Alian, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Qomarul Hadi, S.T., M.T., selaku sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.



4. Bapak Ir. Zainal Abidin, M.T., selaku dosen pembimbing dan selaku kepala KBK Konstruksi.
5. Bapak H. Ismail Thamrin, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik.
6. Bapak dan Ibu Dosen Staff Pengajar di Jurusan Teknik Mesin yang secara tidak langsung telah memberikan pengetahuan dasar untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.
7. Staff administrasi Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan bantuan dalam proses perijinan dari awal sampai skripsi ini selesai.
8. Rekan-rekan angkatan 2004 Jurusan Teknik Mesin UNSRI, khususnya : Chipta, Hadi, Andi, Ikhsan, Radi, Ade, Ruli, Airin, Hendra, Toni, Dadang, Fauzi, Aang, Rahman, Sulaiman, Haldi, Ardi, Hanson dan Dinal yang telah memberikan dukungan dan bantuannya selama penulisan tugas akhir ini selesai.
9. Keluarga tercinta ; Bapak, Ibu, dan saudara-saudaraku yang telah banyak memberikan motivasi, inspirasi serta doanya kepada penulis.
10. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan yang ada didalamnya. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan saran demi kebaikan dan penyempurnaan di masa yang akan datang.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua dan penulis sendiri khususnya.

Palembang, 27 Juli 2009

Penulis,

ABSTRAK

Sistem perpipaan dari *heat exchanger 115-C* menuju ke *suction drum 104-F* merupakan salah satu unit sistem perpipaan yang terdapat di P.T PUSRI PALEMBANG. Pipa yang digunakan ialah pipa yang mempunyai *schedule number 40* dan berdiameter 14 inch, jenis fluida yang mengalir didalamnya ialah fluida cair. Adapun material dari pipa ini ialah ASTM A53-B yaitu *carbon steel seamless pipe* dengan kekuatan luluh (σ_y)= 35000 Psi. Tujuan tugas akhir ini adalah untuk menganalisa tegangan yang terjadi pada pipa setelah dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan operasi sebesar 160°F dan 300 Psi, serta mencari nilai tegangan *Von Misses* dan faktor keamanan (*Factor Of Safety*) untuk menentukan pipa ini dalam keadaan aman atau tidak dengan bantuan dari program *SAP 2000 v.11*. Setelah dilakukan perhitungan didapat bahwa tegangan *Von Misses* maksimum terjadi pada *frame 1* yaitu sebesar 5033,176 Psi. Dari hasil tersebut dapat dilihat nilai tegangan *Von Misses* berada di bawah batas izin tegangan *yield* material dari pipa sehingga konstruksi pipa ini dapat dikatakan dalam keadaan aman.

Kata kunci: ASTM A53-B, Tegangan *Von Misses*, Faktor Keamanan, dan *SAP 2000*.

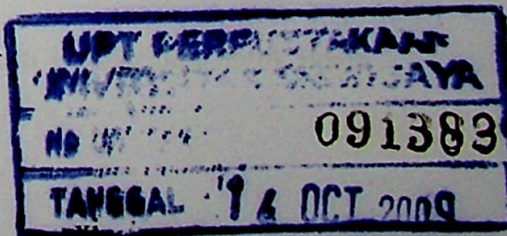
DAFTAR SIMBOL

<u>Simbol</u>	<u>Pengertian</u>
A	Luas penampang (Inch ²)
A _i	Luas bagian dalam pipa (Inch ²)
A _o	Luas bagian luar pipa (Inch ²)
α	Koefisien ekspansi termal In/In ^o F
D _i	Diameter dalam pipa (Inch)
D _o	Diameter luar pipa (Inch)
d	Displacement atau perpindahan (Inch)
E	Modulus elastisitas (Psi)
ϵ	Regangan (Inch)
F	Gaya (lb)
F _{ax}	Gaya aksial yang terjadi pada penampang pipa (lb)
G	Modulus rigiditas (Psi)
I _p	Momen inersia polar (Inch ⁴)
i	Faktor intensitas tegangan
k	Kekakuan bahan (lb/in)
L	Panjang elemen (Inch)
M	Momen (lb.in)
M _b	Momen lentur (lb.in)
M _T	Momen torsi (lb.in)
r	Jari-jari luar pipa (Inch)
S _E	Tegangan ekspansi termal (Psi)
S _M	<i>Section Modulus</i> (Inch ³)
S _R	Tegangan Radial
S _T	Tegangan geser (Psi)
T	Temperatur (°F)
t	Tebal pipa (Inch)

V	Gaya geser (lb)
w	Beban terdistribusi (lb/in)
σ	Tegangan (Psi)
σ_a	Tegangan aksial (Psi)
σ_b	Tegangan lentur (Psi)
σ_c	Tegangan <i>Circumferensial</i> (Psi)
σ_L	Tegangan longitudinal (Psi)
σ_p	Tegangan longitudinal karena tekanan dalam (Psi)
σ_T	Tegangan Torsi (Psi)
σ_y	Tegangan <i>Yield</i> (Psi)
σ'	Tegangan <i>Von Misses</i> (Psi)
μ	<i>Poisson Ratio</i>

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	viii
DAFTAR SIMBOL	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I. PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Maksud dan Tujuan Penulisan	2
I.3 Permasalahan	3
I.4 Pembatasan Masalah	3
I.5 Metode Penulisan	4
I.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	



II.1 Tegangan yang Terjadi pada Pipa	7
II.1.1 Tegangan Longitudinal.....	8
II.1.2 Tegangan Circumferencial	9
II.1.3 Tegangan Radial	9
II.1.4 Tegangan Geser	10
II.2 Metode Elemen Hingga (MEH)	12
II.2.1 Langkah—Langkah dalam Pengerjaan Metode Elemen Hingga	13
II.2.2 Hubungan Regangan-Diplacement dan Tegangan Regangan	14
II.2.3 Fungsi Displacement untuk Elemen Pegas	14
II.2.4 Elemen Truss	16
II.2.4.1 Fungsi Displacement untuk Elemen Truss .	16
II.2.4.2 Matrik Kekakuan Elemen Bar	17
II.2.4.3 Transformasi Vektor dalam 2 Dimensi.....	19
II.2.4.4 Matrik Kekakuan Global dalam 2 Dimensi	23
II.2.4.5 Perhitungan Tegangan untuk Bar dalam Bidang x-y	25
II.2.5 Elemen Beam	27
II.2.5.1 Hubungan Regangan-Diplacement dan Tegangan Regangan	29
II.2.5.2 Matrik Kekakuan Elemen Beam	30
II.2.5.3 Beban Terdistribusi untuk Beam	31

II.2.6	Kriteria Kegagalan	35
II.2.6.1	Kriteria Tegangan Maksimum <i>von Mises</i> (<i>Maximum von Mises Stress Criterion</i>)	36
II.2.6.2	Kriteria Tegangan Geser Maksimum (<i>Maximum Shear Stress Criterion</i>).....	37
II.2.6.3	Kriteria Tegangan <i>Mohr-Coulomb</i> (<i>Mohr-Coulomb Stress Criterion</i>).	39
II.2.6.4	Kriteria Tegangan Normal Maksimum (<i>Maksimum Normal Stress Criterion</i>).....	40
 BAB III. PENGENALAN PROGRAM		
III.1	AnalisaKonstruksi Sistem Pipa dengan Program	
SAP 2000 v.11.....		42
III.1.1	Menggambar Konstruksi Sistem Pipa.....	42
III.1.2	Menentukan Material Elemen.	44
III.1.3	Menentukan Penampang Gambar Pipa..	44
III.1.4	Menentukan Load Case.	45
III.1.5	Menentukan Property Elemen.	46
III.1.6	Menentukan Pembebanan pada Elemen.....	46
III.1.7	Analisa Model..	47
III.1.8	Hasil Analisa... ..	47
 BAB IV. ANALISA KEAMANAN KONSTRUKSI		
IV.I	Data-Data Konstruksi.....	49
IV.II	Perhitungan Beban Pipa... ..	50

IV.III	Analisa Tegangan-Tegangan pada Pipa.....	51
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN		
V.I	Kesimpulan.....	64
V.II	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA.....		66
LAMPIRAN – LAMPIRAN.....		67

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Faktor reduksi material	12
4.1. Nilai tegangan Von Misses maksimum.....	62
2.2. Tegangan efektif pada puntir	11
2.3. Tegangan geser dengan cara penjumlahan vektor dari tegangan dan gaya	12
2.4. Tegangan efektif dengan cara penjumlahan vektor	17
2.5. Batas dengan gaya tarik dan puntir model displacement dan gaya	17
2.6. Displacement versus waktu	24
2.7. Hubungan antara vektor dan nilai dan global	20
2.10. Hubungan antara displacement lokal dan global	22
2.11. Fungsi bus dengan beban gaya puntir	26
2.12. Beban dengan puntir model displacement, rotasi, gaya dan momen	27
2.13. Beban dengan beban multidimensi	28
2.14. Kurva defleksi dan beban	28
2.15. Segmen bus	30
2.16. Beban dengan beban terdistribusi torsional	32
2.17. Karakteristik fixed-end pada bus	32
2.18. Beban dengan beban rotasi lokal dan model gaya yang ekuivalen	32
2.19. Element bus dengan beban puntir dan model gaya yang ekuivalen	33
2.19. Momen bus dengan beban rotasi lokal ganda dan model gaya yang ekuivalen	34
2.20. Grafik hubungan kurva von misses dan kriteria kegagalan pada material	35
2.21. Grafik hubungan hubungan Mohr-Coulomb	36
3.1. Quick-Cold-Line	40
3.2. Quick-Cold-Line	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.2. Tegangan-tegangan yang terjadi pada pipa.....	7
2.3. Tegangan circumferensial atau tegangan hoop.....	9
2.4. Tegangan akibat gaya geser.....	11
2.5. Elemen pegas dengan arah positif untuk nodal displacement dan gaya.....	15
2.6. Displacement \hat{u} sepanjang elemen bar.....	17
2.7. Bar dengan gaya tarik dan positif nodal displacement dan gaya.....	17
2.8. Displacement umum vector d	20
2.9. Hubungan antara vektor unit lokal dan global.....	20
2.10. Hubungan antara displacement local dan global.....	22
2.11. Elemen bar dengan nodal gaya positif.....	26
2.12. Beam dengan positif nodal displacement, rotasi, gaya dan momen ...	27
2.13. Beam dengan beban terdistribusi.....	28
2.14. Kurva defleksi dari beam.....	28
2.15. Segmen beam.....	30
2.16. Beam dengan beban terdistribusi merata.....	32
2.17. Reaksi-reaksi fixed-end pada beam.....	32
2.18. Beam dengan beban terdistribusi dan nodal gaya yang equivalent	32
2.18. Elemen beam dengan beban positif dan nodal gaya yang ekivalen....	33
2.19. Elemen beam dengan beban terdistribusi merata dan nodal gaya yang equivalent.....	33
2.20. Grafik hubungan kriteria <i>von mises</i> dan kriteria tegangan geser maksimum.....	38
2.21. Grafik Kriteria Tegangan Mohr-Coulomb.....	40
3.1. Quick Grid Lines.....	42
3.2. Define Grid Data.....	43

3.3 Joint Restraint 43

3.4 Material Property Data..... 44

3.5 Pipe Section 45

3.6 Define Loads..... 45

3.7 Frame Distribution Loads 46

3.8 Analysis Option 47

3.9 Member Force Diagram for Frames..... 48

4.1 Gambar Konstruksi Pipa..... 49

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN

- A. Moduli of Elasticity and Torsional Rigidity for Ferrous Material*
- B. Thermal Expansion Data*
- C. Expansion Factor*
- D. Properties and Weight of Pipe*
- E. Table Combustion Constan*
- F. Hasil Output SAP 2000*

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Sistem transportasi fluida untuk kelangsungan berbagai proses dalam suatu industri sangatlah penting. Sistem perpipaan sebagai salah satu alat transportasi fluida selalu terlibat diberbagai proses industri, seperti industri perminyakan dan gas, pembangkit tenaga, sistem perairan dan lain-lain.

Sistem perpipaan merupakan gabungan dari beberapa pipa yang terhubung satu dengan yang lainnya yang membentuk suatu konstruksi. Sistem perpipaan merupakan sarana yang sangat penting dan harus diperhitungkan secara teliti baik dalam perencanaan dan penggunaannya. Di dalam perencanaan, harus sesuai dengan kode standar yang telah ditetapkan agar konstruksi tersebut aman. Hal ini dikarenakan jika terjadi kesalahan dalam rancangan sistem perpipaan dan tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan, maka akan sangat membahayakan, baik bagi industri itu sendiri maupun bagi jiwa manusia disekitarnya.

Metode elemen hingga adalah metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknis dan problem matematis dari suatu gejala phisis. Tipe masalah teknis dan matematis phisis yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga terbagi dalam dua kelompok, yaitu kelompok analisa struktur dan kelompok masalah-masalah non struktur.

Pada tugas akhir ini, digunakan kelompok analisa struktur, yang meliputi analisa tegangan / *stress*. Pada persoalan pembebanan terhadap struktur yang kompleks, pada umumnya sulit dipecahkan melalui matematika analitis. Hal ini disebabkan karena matematika analisis memerlukan besaran atau harga yang harus diketahui pada setiap titik pada struktur yang dikaji.

Penyelesaian analisis dari suatu persamaan diferensial satu geometri yang kompleks, pembebanan yang rumit, tidak mudah diperoleh. Formulasi dari metode elemen hingga dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan ini.

Metode ini akan mengadakan pendekatan terhadap harga-harga yang tidak diketahui pada setiap titik secara diskrit. Dimulai dengan permodelan dari suatu benda dengan membagi-bagi dalam bagian yang kecil yang secara keseluruhan masih mempunyai sifat yang sama dengan benda yang utuh sebelum terbagi dalam bagian yang kecil (diskritisasi).

Oleh karena bagian-bagian yang terdiskritisasi berjumlah banyak dan permasalahan matematis yang kompleks, maka digunakan suatu program yang menunjang.

I.2 Maksud dan Tujuan Penulisan

Maksud dari penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Sedangkan tujuan penulisan tentang kaji teoritik tegangan konstruksi sistem pipa adalah :

1. Menghitung tegangan yang terjadi pada pipa, agar tetap masuk dalam nilai tegangan yang diizinkan berdasarkan kode standar desain pipa yang dipakai.
2. Menghitung gaya-gaya yang bekerja pada tumpuan pipa agar tetap berada pada batas beban yang diizinkan.
3. Menghitung momen-momen yang terjadi pada konstruksi sistem pipa dan mengetahui posisi momen maksimum tersebut.
4. Menghitung gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi dengan metode elemen hingga melalui program SAP 2000.

I.3 Permasalahan

Suatu rangkaian pipa dapat disebut sebagai konstruksi sistem pipa jika kedua ujung rangkaian pipa tersebut ditumpu jepit (*anchor*), yang berarti kedua ujung tadi tidak boleh bergerak translasi dan rotasi.

Ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam perancangan konstruksi sistem pipa, antara lain :

1. Spesifikasi material pipa yang digunakan
2. Jenis fluida yang akan dialirkan
3. Temperatur operasi
4. Tekanan operasi
5. Jenis tumpuan pipa
6. Jenis sambungan yang digunakan

Berdasarkan pertimbangan diatas, maka dapat dianalisa keamanan konstruksi system pipa tersebut. Dari hasil analisa teoritik tegangan-tegangan pipa, tegangan yang terjadi pada konstruksi nanti akan dibandingkan dengan tegangan yield material, maka suatu konstruksi system pipa dapat dikatakan aman apabila tegangan geser maksimum yang terjadi lebih kecil dari tegangan yield material.

I.4 Pembatasan Masalah

Dari penjelasan diatas, ternyata pokok permasalahan masih cukup luas. Untuk itu diperlukan suatu pembatasan masalah.

Dalam skripsi ini penulis hanya menganalisa perilaku statik konstruksi sistem pipa yang telah ada, yaitu yang didapat melalui survei data di PT. Pusri Palembang. Adapun mengenai perhitungan konstruksinya, penulis menggunakan metode elemen hingga dan program komputer SAP 2000.

I.5 Metodologi Penulisan

Penyusunan tugas akhir ini menggunakan metode pembahasan :

a. Metode Literatur

Yaitu mengumpulkan berbagai informasi dari berbagai buku-buku teks, makalah teknik yang berkaitan dengan konstruksi sistem pipa dan analisa tegangan pada konstruksi sistem pipa.

b. Studi lapangan

Studi lapangan dilakukan di PT. Pusri Palembang dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan dan melihat langsung kondisi di lapangan.

I.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan penulisan, maka perlu dibuat sistematika penulisan. Sistematika ini juga dapat digunakan sebagai acuan dalam penulisan dan untuk mempersingkat waktu pembacaan, karena berisi penjelasan dari tiap bab secara garis besarnya.

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, maksud dan tujuan penulisan, permasalahan, pembatasan masalah, metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori dasar yang berhubungan dengan konstruksi sistem pipa serta rumus-rumus dasar yang dipergunakan dalam perhitungan konstruksi sistem pipa. Selain itu juga membahas pengenalan program SAP 2000.

BAB III. PENGENALAN PROGRAM

Bab ini membahas tentang pengenalan program SAP 2000, yang meliputi langkah-langkah dari menggambar, memasukkan input, sampai menganalisa dari sistem konstruksi suatu pipa.

BAB IV. ANALISA KEAMANAN KONSTRUKSI SISTEM PIPA

Bab ini berisi tentang perhitungan konstruksi sistem pipa antara lain : Perhitungan gaya, momen dan tegangan yang terjadi baik dengan metode elemen hingga dan juga dengan program SAP 2000.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dari pembahasan dan saran-saran mengenai penyelesaian permasalahan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

1. Logan, Daryl L, *A First Course In The Finite Element Methode*, Pws-Kent Publishing Company, Boston, 1986.
2. Grinnel, *Piping Design and Engineering*, second edition, Grinnel Company Inc.
3. Gere & Timoshenko. *Mekanika Bahan*, Edisi ke empat, jilid 2, Erlangga. Jakarta:2000.
4. Shigley Joseph E, Mitchell Larry D, Harahap Gandhi. *Perencanaan Teknik Mesin*, Edisi ke empat, Jilid 1, Erlangga. Jakarta: 1984
5. Salisbury J Kenneth. *Kent's Mechanical Engineers Handbook*, John Wiley & Sons Inc, USA
6. Popov E.P. *Mekanika Teknik*, edisi kedua, Erlangga.1996, Jakarta
7. Nash William A. *Strength of Material*, Second Edition, McGraw-HillBook Company.
8. Kentish D.N.W. *Pipework Design Data*, McGraw-Hill Book Company, UK