



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENENTUAN JENIS DAN KAPASITAS
RELIEF VALVE
BERDASARKAN ANALISIS PROSES**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik

**AZIZ MASYKUR LUBAD
0806423103**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
KEKHUSUSAN MANAJEMEN GAS
UNIVERSITAS INDONESIA**

JULI 2010

HALAMAN PERNYATAAN ORSINILITAS

Tesis ini adalah hasil karya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Aziz Masykur Lubad

NPM : 0806423103

Tanda Tangan :

Tanggal : 6 Juli 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh

Nama : Aziz Masykur Lubad

NPM : 0806423103

Program Studi : Manajemen Gas

Judul : Penentuan Kapasitas Dan Jenis *Relief Valve* Berdasarkan Analisis Proses

Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada program studi Teknik Kimia kekhususan Manajemen Gas, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Ir. Andy Noorsaman Sommeng, DEA (.....)

Pembimbing II : Dr. Heri Hermansyah, ST., M.Eng (.....)

Penguji : Prof. Dr. Ir. Anondho Wijanarko, M.Eng (.....)

Penguji : Ir. Bambang Heru Susanto, MT (.....)

Ditetapkan di : Salemba UI

Tanggal : 6 Juli 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Magister Teknik Program Studi Teknik Kimia, Kekhususan Manajemen Gas, pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya sangat menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, sangat sulit bagi saya untuk dapat menyelesaikan tesis ini. Oleh karenanya, pada kesempatan ini, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Ir. Andy Noorsaman Sommeng, DEA., selaku dosen pembimbing pertama yang telah bersedia meluangkan waktu serta menyediakan tenaga dan pikiran untuk memberikan arahan kepada saya dalam penyusunan tesis ini;
2. Dr. Ir. Heri Hermansyah, M.Eng., selaku dosen pembimbing kedua yang telah bersedia meluangkan waktu serta menyediakan tenaga dan pikiran untuk memberikan arahan kepada saya dalam penyusunan tesis ini;
3. Prof. Dr. Ir. Widodo W. Purwanto DEA, selaku ketua Departemen Teknik Kimia & Ir. Mahmud Subandriyo, Msc. Phd., selaku ketua program dan wali akademik;
4. Prof. Dr. Ir. Anondho Wijanarko, M.Eng., yang telah bersedia menjadi nara sumber bagi penyusunan tesis ini;
5. Orang tua, istri dan anak-anak, serta teman-teman dari *Kelompok Program Riset Teknologi Gas PPPTMGB "LEMIGAS"*.

Akhir kata, saya berharap semoga Allah SWT membalas seala kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini. Semoga tesis ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Salemba, UI, Juli 2010

Aziz Masykur Lubad

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Aziz Masykur Lubad
NPM : 0806423103
Program Studi : Teknik Kimia
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Penentuan Jenis Dan Kapasitas *Relief Valve* Berdasarkan Analisa Proses.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Salemba, UI
Pada Tanggal : 6 Juli 2010
Yang menyatakan

(Aziz Masykur Lubad)

ABSTRAK

Nama : Aziz Masykur Lubad
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Penentuan Kapasitas Dan Jenis *Relief Valve* Berdasarkan Analisis Proses

Dalam industri pengolahan minyak dan gas bumi, istilah *relief valve* berkaitan erat dengan istilah *pressure relief valve* (PRV), *pressure safety valve* (PSV) dan *safety valve*. *Relief valve* merupakan jenis *valve* yang digunakan untuk mengontrol atau membatasi tekanan dalam suatu sistem.

Tujuan utama dari *relief valve* adalah untuk menjamin personal dan peralatan operasi terlindungi dari kondisi tekanan berlebih (*overpressure*). *Relief valve* didesain untuk mencegah terjadinya kecelakaan dengan cara melepas tekanan berlebih yang terjadi selama gangguan proses, kegagalan sistem, dan kebakaran. Perhitungan yang akurat terhadap kapasitas *relief valve* merupakan salah satu faktor kunci dalam keselamatan kilang. Penentuan kapasitas dan jenis *relief valve* membutuhkan analisis proses yang mendalam dari sistem yang akan diproteksi.

Tujuan dari studi ini adalah menentukan kapasitas dan jenis *relief valve* berdasarkan analisis proses dengan menggunakan alat bantu simulasi proses dan pemrograman *visual basic*. Komposisi dan kondisi operasi gas dari salah satu lapangan gas Pertamina Jambi digunakan sebagai studi kasus. Selanjutnya dilakukan analisis proses untuk mengetahui penyebab terjadinya *overpressure*. Simulasi proses digunakan untuk membuat *Process Flow Diagram* (PFD) dan menghasilkan neraca massa dan panas sedangkan pemrograman *visual basic* digunakan untuk menghitung kapasitas *relief valve*.

Kata kunci : *Relief Valve*, *Overpressure*, Kapasitas, Simulasi, Pemrograman

ABSTRACT

Nama : Aziz Masykur Lubad
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Determining The Relief Valve Capacity And Type Base On
Process Analysis

In the oil and natural gas processing, the term relief valve is associated with the terms pressure relief valve (PRV), pressure safety valve (PSV) and safety valve. A relief valve is a type of valve used to control or limit the pressure in a system.

The primary purpose of the pressure relief system is to ensure that the operation's personnel and equipment are protected from overpressure conditions. It is designed to avoid accidents by relieving overpressure that happen during process upsets, power failures, and external fires. Accurately calculation for the relief valve capacity is key factor of plant safety. It requires deeply process analysis of system will be protected.

The purpose of this study is to determine the relief valve capacity and type base on process analysis using process simulation dan visual basic programming. The gas composition and operating condition from Pertamina Jambi gas field is used as a case study. Then, process analysis is performed to know cause of overpressure. Process simulation is used to create Process Flow Diagram (PFD) and generate heat and material balance while visual basic programming is used to calculate the relief valve capacity.

Kata kunci : *Relief Valve, Overpressure, capacity, Simulation, Programming*

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----------|
| PERNYATAAN PERNYATAAN ORSINILITAS | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| UCAPAN TERIMA KASIH..... | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI | v |
| ABSTRAK | vi |
| ABTRACT | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| DAFTAR SINGKATAN | xv |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 LATAR BELAKANG | 1 |
| 1.2 RUMUSAN MASALAH | 7 |
| 1.3 TUJUAN PENELITIAN..... | 8 |
| 1.4 BATASAN MASALAH | 8 |
| 1.5 SISTEMATIKA PENULISAN | 8 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 10 |
| 2.1 <i>RELIEF VALVE</i> | 10 |
| 2.2 JENIS-JENIS RELIEF VALVE | 11 |
| 2.2.1 <i>Spring-Loaded Pressure Relief Valves</i> | 11 |
| 2.2.2 <i>Special Pressure Relief Valve</i> | 15 |
| 2.3 DESAIN <i>RELIEF VALVE</i> | 28 |
| 2.3.1 Analisis Penyebab Terjadinya <i>Overpressure</i> | 29 |
| 2.3.2 <i>Code and Recommended Practice</i> | 30 |
| 2.3.3 Neraca Massa dan Panas | 32 |
| 2.3.4 Perhitungan Kapasitas <i>Relief Valve</i> | 32 |
| 2.3.5 Pertimbangan <i>Back Pressure</i> | 36 |
| 2.3.6 Pertimbangan <i>Overpressure</i> | 42 |
| 2.3.7 Pertimbangan Viskositas | 42 |
| 2.3.8 Pehitungan <i>Relieving Rate</i> | 44 |
| 2.3.9 Pehitungan Kapasitas dan Luas Area <i>Orifice</i> | 44 |

| | |
|---|-----------|
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 55 |
| 3.1 PENGUMPULAN DATA DAN STUDI LITERATUR | 56 |
| 3.2 MELAKUKAN ANALISIS PROSES | 57 |
| 3.3 MELAKUKAN ANALISIS PENYEBAB TERJADINYA <i>OVERPRESSURE</i> | 58 |
| 3.4 MENGHITUNG KAPASITAS <i>RELIEVING RATE</i> DARI SETIAP PENYEBAB TERJADINYA <i>OVERPRESSURE</i> | 58 |
| 3.5 MENENTUKAN KAPASITAS DAN JENIS <i>RELIEF VALVE</i> | 58 |
| BAB IV PEMBAHASAN | 60 |
| 4.1 DATA PROSES | 61 |
| 4.1.1 Diagram Alir Proses | 62 |
| 4.1.2 Komposisi Gas Umpan | 62 |
| 2.1.3 Neraca Bahan dan Panas | 63 |
| 2.1.4 Spesifikasi <i>Pressure Vessel</i> | 63 |
| 4.2 SIMULASI PROSES | 64 |
| 4.2.1 Metoda Termodinamika | 64 |
| 2.2.2 Neraca Bahan dan Panas | 67 |
| 2.2.3 <i>Pressure Vessel Sizing</i> | 69 |
| 4.3 ANALISIS PENYEBAB TERJADINYA <i>OVERPRESSURE</i> | 69 |
| 4.4 MENENTUKAN <i>SET PRESURE</i> | 70 |
| 4.5 MENGHITUNG TEKANAN PADA KONDISI <i>RELIEVING</i> | 71 |
| 4.6 MENGITUNG LAJU <i>RELIEVING</i> | 72 |
| 4.6.1 HP Separator | 72 |
| 4.6.2 LP Separator | 74 |
| 4.7 MENGHITUNG LUAS AREA <i>ORIFICE</i> | 79 |
| 4.7.1 HP Separator | 76 |
| 4.7.2 LP Separator | 79 |
| 4.8 PEMROGRAMAN VISUAL BASIC | 86 |
| 4.8.1 Analisis <i>Overpressure</i> dan Perhitungan Kapasitas <i>Relief Valve</i> | 86 |
| 4.8.2 Database | 97 |

| | | |
|---|---|------------|
| 4.9 | PEMBAHASAN | 101 |
| 4.9.1 | Persamaan Faktor Koreksi Kapasitas Karena <i>Overpressure</i> | 101 |
| 4.9.2 | Persamaan Faktor Koreksi Kapasitas Karena <i>Backpressure</i> | 102 |
| 4.9.3 | Persamaan Faktor Koreksi Kapasitas Karena Viskositas | 104 |
| 4.9.4 | Perbandingan Hasil Perhitungan Antara Metoda Manual Dengan Menggunakan Perangkat Lunak | 106 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | 102 |
| DAFTAR ACUAN | | 108 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 111 |
| LAMPIRAN | | 113 |



DAFTAR TABEL

| | | |
|------------------|--|-----|
| Tabel 2.1 | Material konstruksi <i>rupture disk</i> | 19 |
| Tabel 2.2 | Lapisan pelindung <i>rupture disk</i> | 19 |
| Tabel 2.3 | Temperatur maksimum untuk material dan lapisan pelindung <i>rupture disk</i> | 20 |
| Tabel 2.4 | Luas area <i>orifice</i> standar berdasarkan <i>manufacturer</i> | 45 |
| Tabel 2.5 | Rasio tekanan kritis pada berbagai nilai <i>k</i> | 47 |
| Tabel 2.5 | Rasio tekanan kritis pada berbagai nilai <i>k</i> | 47 |
| Tabel 2.6 | Nilai <i>C</i> pada berbagai nilai <i>k</i> | 48 |
| Tabel 2.7 | <i>Steam Superheat Correction Factor</i> (K_{SH}) | 49 |
| Tabel 2.8 | Faktor Lingkungan untuk <i>vessel</i> | 51 |
| Tabel 3.1 | Komposisi dan kondisi operasi Gas Bumi..... | 56 |
| Tabel 4.1 | Komposisi dan kondisi operasi Gas Umpan | 63 |
| Tabel 4.2 | Neraca panas dan massa hasil simulasi | 68 |
| Tabel 4.3 | Penentuan tekanan desain | 71 |
| Tabel 4.4 | Ikhtisar hasil perhitungan laju <i>relieving</i> | 79 |
| Tabel 4.5 | Ikhtisar hasil perhitungan luas area <i>orifice</i> | 85 |
| Tabel 4.6 | Perbandingan hasil perhitungan manual dengan perangkat lunak..... | 106 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------------|--|----|
| Gambar 1.1 | Kebakaran di fasilitas pengeboran minyak lepas pantai Mexico | 4 |
| Gambar 1.2 | Ledakan di pabrik alumina di kota St. James, Louisiana | 4 |
| Gambar 1.3 | Kebakaran di pabrik kimia PT Petrowidada | 5 |
| Gambar 2.1 | Tipikal <i>Conventional Relief Valve</i> | 12 |
| Gambar 2.2 | Tipikal <i>Balanced PRV</i> | 14 |
| Gambar 2.3 | <i>Pilot-Operated PRV</i> (Tipe Piston) | 16 |
| Gambar 2.4 | <i>Pilot-Operated PRV</i> (tipe diafragma) | 17 |
| Gambar 2.5 | Tipikal <i>rupture disk</i> | 18 |
| Gambar 2.6 | Pemasangan <i>rupture disk</i> pada <i>inlet PRV</i> | 24 |
| Gambar 2.7 | Tipikal <i>elevated flare</i> | 26 |
| Gambar 2.8 | Tipikal <i>non-elevated flare</i> | 27 |
| Gambar 2.9 | Tipikal <i>Ground flare</i> | 28 |
| Gambar 2.10 | Hubungan <i>set pressure</i> dan <i>back pressure</i> pada <i>conventional PRV</i> | 36 |
| Gambar 2.11 | Hubungan antara K_p dan % <i>overpressure</i> pada <i>conventional PRV</i> ...38 | |
| Gambar 2.12 | Hubungan antara <i>set pressure</i> dan <i>spring force</i> pada <i>balanced PRV</i> | 39 |
| Gambar 2.13 | <i>Capacity correction factor</i> (K_p) pada <i>balanced-bellows PRV</i> untuk <i>compressible fluid</i> | 40 |
| Gambar 2.14 | <i>Capacity correction factor</i> (K_w) pada <i>balanced-bellows PRV</i> untuk <i>incompressible fluid</i> | 41 |
| Gambar 2.15 | Hubungan antara nilai K_v dan bilangan <i>Reynold</i> | 43 |
| Gambar 2.6 | Ilustrasi <i>pressure vessel</i> untuk perhitungan luas area permukaan basah..... | 52 |
| Gambar 2.17 | Alur perhitungan tinggi cairan efektif | 53 |
| Gambar 3.1 | Diagram alir metodologi penelitian | 55 |
| Gambar 3.2 | Diagram alir proses pemisahan gas dan kondensat | 57 |
| Gambar 4.1 | Alur perhitungan dari sizing <i>pressure relief valve</i> | 61 |
| Gambar 4.2 | Diagram alir proses pemisahan gas dan kondensat | 62 |

| | | |
|--------------------|---|-----|
| Gambar 4.3 | Diagram alir simulasi proses pemisahan gas dan kondensat | 64 |
| Gambar 4.4 | Diagram alir model persamaan keadaan Peng–Robinson | 66 |
| Gambar 4.5 | Tampilan utama program visual basic | 87 |
| Gambar 4.6 | Tampilan program untuk HP separator | 88 |
| Gambar 4.7 | Tampilan program pada menu “CV #1 gagal dan menutup penuh” | 88 |
| Gambar 4.8 | Tampilan program pada menu “CV #2 gagal dan menutup penuh” | 89 |
| Gambar 4.9 | Tampilan program pada menu “Fire” untuk HP separator | 90 |
| Gambar 4.10 | Tampilan program jika dipilih LP separator | 91 |
| Gambar 4.11 | Tampilan utama LP separator | 91 |
| Gambar 4.12 | Tampilan program untuk perhitungan <i>relieving rate</i> pada CV #2 gagal dan membuka penuh” | 92 |
| Gambar 4.13 | Tampilan program hasil perhitungan untuk fluida cair pada kasus “CV 1# gagal pada LP separator | 93 |
| Gambar 4.14 | Tampilan program hasil perhitungan untuk fluida gas pada kasus “CV 2# gagal pada LP separator | 93 |
| Gambar 4.15 | Tampilan program pada menu “CV #3 gagal dan menutup penuh” | 94 |
| Gambar 4.16 | Tampilan program pada menu “CV #4 gagal dan menutup penuh” | 95 |
| Gambar 4.17 | Tampilan program pada menu “Fire” untuk LP separator | 96 |
| Gambar 4.18 | Tampilan program untuk standard an rekomendasi..... | 97 |
| Gambar 4.19 | Tampilan program untuk sifat-sifat gas | 98 |
| Gambar 4.20 | Tampilan program untuk <i>Standard Orifice Area</i> | 98 |
| Gambar 4.21 | Tampilan program untuk <i>Isentropic Coefficient</i> | 99 |
| Gambar 4.22 | Tampilan program untuk <i>K_p Calculation</i> | 100 |
| Gambar 4.23 | Tampilan program untuk <i>K_v Calculation</i> | 100 |
| Gambar 4.24 | Tampilan program untuk grafik <i>K_v</i> | 101 |
| Gambar 4.25 | Faktor koreksi karena adanya <i>overpressure</i> | 102 |
| Gambar 4.26 | Faktor koreksi karena adanya <i>backpressure</i> | 103 |
| Gambar 4.27 | Faktor koreksi karena kapasitas | 105 |

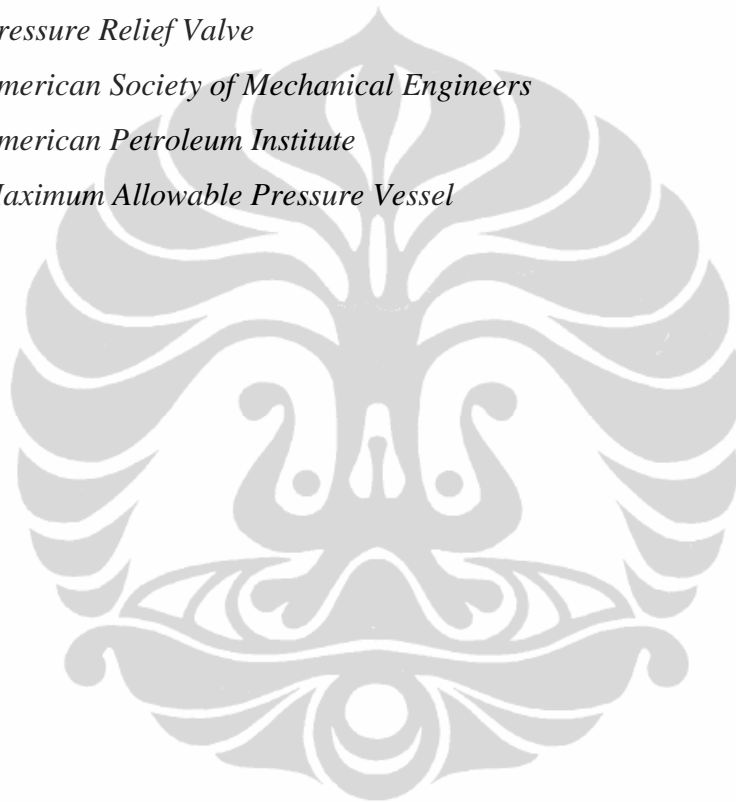
DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|-------------|------------------------------------|-----|
| Lampiran -1 | Listing Program Visual Basic | 113 |
|-------------|------------------------------------|-----|



DAFTAR SINGKATAN

| | |
|------|---|
| RV | <i>Relief Valve</i> |
| SV | <i>Safety Valve</i> |
| PSV | <i>Pressure Safety Valve</i> |
| PRV | <i>Pressure Relief Valve</i> |
| ASME | <i>American Society of Mechanical Engineers</i> |
| API | <i>American Petroleum Institute</i> |
| MAWP | <i>Maximum Allowable Pressure Vessel</i> |



DAFTAR ISTILAH / SIMBOL

| Simbol | Keterangan | Dimensi |
|----------|--|---------------|
| A_B | <i>Effective bellows area</i> | in^2 |
| A_D | <i>Disk area</i> | in^2 |
| A_N | <i>Nozzle set aarea</i> | in^2 |
| A_P | <i>Piston area (top)</i> | in^2 |
| F_S | <i>Spring force</i> | |
| P_V | <i>Vessel gauge pressure</i> | Psig |
| P_B | <i>Superimposed back pressure</i> | Psig |
| P_S | <i>Set pressure</i> | Psig |
| G | <i>Spesific gravity fluida</i> | |
| Q | <i>Liquid relieving rate</i> | gpm |
| Q | <i>relieving rate</i> | lb/hr |
| M | Berat Molekul | lb/mol |
| μ | <i>Viskositas fluid</i> | Cp |
| Z | <i>Compressibility factor</i> | |
| A | <i>Luas area orifice</i> | in^2 |
| R_{NE} | Bilangan Reynold | |
| K_V | <i>Viscosity correction factor</i> | |
| K_{SH} | <i>Superheat correction factor</i> | |
| K_b | <i>Back pressure correction factor (vapor)</i> | |
| K_p | Faktor koreksi kapasitas karena <i>Overpressur</i> | |
| K_d | <i>Coefficient discharge</i> | |
| K_w | <i>Back pressure correction factor (liquid)</i> | |
| K_c | Faktor kapasitas kombinasi | |
| k | <i>Isentropic Coefficient</i> | |
| F | Faktor lingkungan | |
| E | <i>Effective liquid level</i> | ft |
| D | <i>Vessel diameter</i> | ft |
| B | <i>Effective liquid level angle</i> | degrees |

| | | |
|-----------|--|-----------------|
| L | <i>Vessel end to end length</i> | ft |
| A_{wet} | Luas area vessel terbasahi | ft ² |
| K | Tinggi total efektif cairan dalam vessel | ft |
| H | Elevasi vessel | ft |

