



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGEMBANGAN JARINGAN PIPA DISTRIBUSI GAS BUMI
UNTUK RUMAH TANGGA DI KOTA DEPOK**

SKRIPSI

NOVIO VALENTINO

0906604306

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA**

DEPOK

JUNI – 2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGEMBANGAN JARINGAN PIPA DISTRIBUSI GAS BUMI
UNTUK RUMAH TANGGA DI KOTA DEPOK**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

NOVIO VALENTINO

0906604306

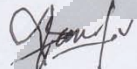
**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JUNI – 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Novio Valentino

NPM : 0906604306

Tanda Tangan : 

Tanggal : 29 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Novio Valentino
NPM : 0906604306
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi : Pengembangan Jaringan Pipa Distribusi Gas
Bumi untuk Rumah Tangga di Kota Depok

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Bambang Heru Susanto, ST., MT (.....)
Penguji : Ir. Dewi Tristantini, MT., PhD (.....)
Penguji : Dr. Eny Kusriani, S.Si (.....)
Penguji : Eva Fathul Karamah, ST., MT (.....)

Ditetapkan di : Departemen Teknik Kimia
Tanggal : 29 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Illahi Rabbi, Rabb para insan yang senantiasa menganugerahkan berbagai kenikmatan serta memberikan kemudahan dan kekuatan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Skripsi berjudul **“ Pengembangan Jaringan Pipa Distribusi Gas Bumi untuk Rumah Tangga di Kota Depok”** ini dibuat guna memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Penulisan makalah ini sendiri tak lepas dari bantuan serta motivasi yang senantiasa diberikan kepada penulis, oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bambang Heru Susanto, ST., MT, Selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga serta pemikirannya dalam mengarahkan penulis dalam penyusunan makalah skripsi ini.
2. Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu P, DEA selaku ketua Departemen Teknik Kimia FTUI.
3. Para Dosen Departemen Teknik Kimia FTUI atas ilmu serta wawasannya.
4. Kedua orangtua serta keluarga yang senantiasa memberikan semangat.
5. Saudari Rininta atas dukungan dan motivasinya dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Rekan – rekan ext TEKIM '09.
7. Serta seluruh pihak yang tak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis sadari sepenuhnya bahwa dalam skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan meskipun demikian penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta memberikan sedikit kontribusi dalam pengembangan wawasan keilmuan dimasa yang akan datang.

Depok, Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Novio Valentino
NPM : 0906604306
Program Studi : Teknik Kimia
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

**Pengembangan Jaringan Pipa Distribusi Gas Bumi untuk Rumah Tangga di
Kota Depok**

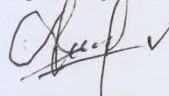
berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 29 Juni 2012

Yang menyatakan,



(Novio Valentino)

ABSTRAK

Nama : Novio Valentino
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Pengembangan Jaringan Pipa Distribusi Gas Bumi di Kota Depok

Gas alam memiliki peranan sangat penting dalam menyediakan energi yang bersih lingkungan. Sehingga, permintaan gas sebagai sumber energi terus meningkat dan relatif lebih tinggi dibandingkan minyak . Pemerintah akan mengoptimalkan pemanfaatan gas bumi sebagai bahan bakar melalu program Jaringan Gas Kota. Pemerintah pada tahun 2010 telah membangun jaringan gas kota, yaitu di antaranya di Kota Depok. Jaringan di bangun di Kelurahan Beji dan Beji Timur dengan jumlah Sambungan Rumah mencapai 4.000 sambungan. Oleh karena itu, maka dilakukan penelitian tentang pengembangan jaringan pipa distribusi gas di rumah tangga. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak sistem perpipaan. Hasil studi ini menghasilkan desain basis proses untuk jaringan pipa distribusi gas bumi dan dimensi pipa yang dibutuhkan untuk pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi.

Kata Kunci:

Gas Bumi, Pengembangan Jaringan, Pipa Distribusi

ABSTRACT

Name : Novio Valentino
Study Program : Chemical Engineering
Title : Development of Gas Distribution Pipeline for Household In Depok

Natural gas has a very important role in providing a clean energy environment. Thus, demand for gas as an energy source continues to increase and the relatively higher compared to oil. The government will optimize the utilization of natural gas as a fuel through the City Gas Network program. Government in 2010 has built a network of city gas, which is among the city of Depok. Network built in East Beji and Beji with the number of house connections reach 4000 connections. Therefore, it conducted research on the development of gas distribution pipelines in the household. Simulations performed using the software pipeline system. The results of this study resulted in the design basis for the natural gas distribution pipelines and pipeline dimensions required for the development of gas distribution pipelines.

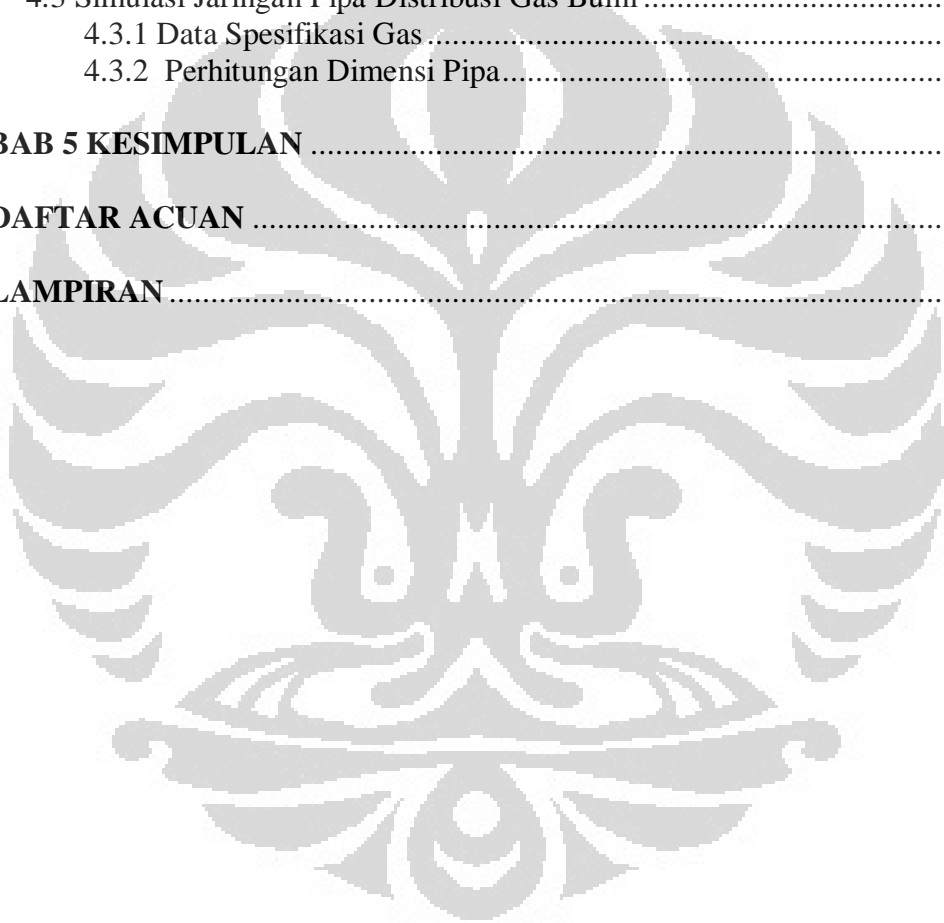
Keyword:

Natural Gas, Development of Network, Distribution pipeline

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Gas Bumi	6
2.1.1 Komposisi Gas Bumi.....	6
2.1.2 Gas Bumi Nasional.....	7
2.1.3 Gas dan Lingkungan.....	8
2.1.4 Pengukuran Gas Bumi	9
2.1.5 Gas Kota.....	9
2.2 Jaringan Pipa Gas Bumi	10
2.3 Perpipaan Gas Bumi	17
2.3.1 Pipa Polyethylene	17
2.3.2 Komponen Perpipaan.....	19
2.4 Perancangan Jaringan Pipa Distribusi Gas Bumi.....	23
2.5 Persamaan-persamaan Aliran Fluida Gas.....	26
2.6 <i>Simulator</i> Perpipaan	30
2.7 <i>Analytic Hirarchy Process (AHP)</i>	31
2.8 Gas Bumi Kota Depok.....	35
2.8.1 Profil Kota Depok.....	35
2.8.2 Pemakaian Gas Bumi.....	36
2.8.3 Jaringan Eksisting Gas Bumi	38
2.8.4 Komposisi Eksisting Gas Bumi.....	40
BAB 3 METODE PENELITIAN	41
3.1 Diagram Alir Penelitian	41
3.2 Pendataan	43
3.2.1 Jenis Data	43
3.2.2 Sumber Data.....	43

3.2.3 Teknik pengumpulan Data	43
3.3 Kajian Data	44
3.3.1 Seleksi Lokasi.....	44
3.4 Simulasi dengan Software	47
BAB 4 PEMBAHASAN	48
4.1 Pemilihan Lokasi Prioritas	48
4.1.1 Perbandingan untuk Lokasi Prioritas	48
4.1.2 Hasil Perhitungan Pemilihan Lokasi	51
4.2 Desain Jaringan Pipa Distribusi Gas Bumi	51
4.2.1 Rute Jaringan Pipa Eksisting.....	51
4.2.2 Rute Jaringan Pengembangan	54
4.3 Simulasi Jaringan Pipa Distribusi Gas Bumi	56
4.3.1 Data Spesifikasi Gas	56
4.3.2 Perhitungan Dimensi Pipa.....	58
BAB 5 KESIMPULAN	74
DAFTAR ACUAN	76
LAMPIRAN	78



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Produksi, Proses, Transmisi Gas Bumi	11
Gambar 2.2 Total Pipa Transmisi	12
Gambar 2.3 Total Pipa Distribusi	13
Gambar 2.4 Rencana Induk Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi Gas Bumi ..	14
Gambar 2.5 Skematik Sistem Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi Gas	16
Gambar 2.6 Eksisting Jaringan Distribusi Gas di Kelurahan Beji dan Beji Timur	39
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3.2 Diagram Alir Pemilihan Lokasi.....	42
Gambar 4.1 Contoh Perbandingan antara Alternatif dengan Kriteria	49
Gambar 4.2 Perbandingan Kriteria dengan Kriteria	50
Gambar 4.3 Hasil Perhitungan Software AHP	51
Gambar 4.4 Rute Jaringan Pipa Eksisting.....	53
Gambar 4.5 Rute Jaringan Pipa Pengembangan.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Gas Bumi	7
Tabel 2.2 Spesifikasi Gas	7
Tabel 2.3 Perbandingan Emisi Gas dari Pembangkit Listrik	8
Tabel 2.4 Perbandingan Perbandingan Pipa Transmisi dan Distribusi	15
Tabel 2.5 Material Pipa Berdasarkan Tekanan Jaringan	18
Tabel 2.6 Beberapa Jenis Ukuran Diameter Pipa PE	19
Tabel 2.7 Skala Kepentingan	34
Tabel 2.8 Kepadatan Penduduk Kota Depok	36
Tabel 2.9 Data Pemakaian Gas Bumi Kecamatan Beji, Kota Depok	37
Tabel 2.10 Komposisi Gas Bumi	40
Tabel 4.1 Urutan Kepentingan untuk Kriteria Potensi Konsumen	48
Tabel 4.2 Urutan Kepentingan untuk Kriteria Jarak Sumber Pasokan	48
Tabel 4.3 Urutan Kepentingan untuk Kriteria Teknis	49
Tabel 4.4 Rute Jaringan Pipa Eksisting	52
Tabel 4.5 Panjang Pipa Jaringan Eksisting	52
Tabel 4.6 Jumlah Rumah	54
Tabel 4.7 Komposisi Gas	56
Tabel 4.8 <i>Pressure drop</i> yang diperbolehkan Dalam Pipa	59
Tabel 4.9 Hasil Simulasi Pipa PE 63 pada Q_{out} 0,0660 MMSCFD	59
Tabel 4.10 Hasil Simulasi Pipa PE 90 pada Q_{out} 0,0660 MMSCFD	60
Tabel 4.11 Hasil Simulasi Pipa PE 125 pada Q_{out} 0,0660 MMSCFD	60
Tabel 4.12 Hasil Simulasi Pipa PE 180 pada Q_{out} 0,0660 MMSCFD	61
Tabel 4.13 Hasil Simulasi Pipa PE 63 pada Q_{out} 0,3990 MMSCFD	61
Tabel 4.14 Hasil Simulasi Pipa PE 90 pada Q_{out} 0,3990 MMSCFD	62
Tabel 4.15 Hasil Simulasi Pipa PE 125 pada Q_{out} 0,3990 MMSCFD	62
Tabel 4.16 Hasil Simulasi Pipa PE 180 pada Q_{out} 0,3990 MMSCFD	63
Tabel 4.17 Hasil Simulasi Pipa PE 63 pada Q_{out} 0,9300 MMSCFD	63
Tabel 4.18 Hasil Simulasi Pipa PE 90 pada Q_{out} 0,9300 MMSCFD	64
Tabel 4.19 Hasil Simulasi Pipa PE 125 pada Q_{out} 0,9300 MMSCFD	64
Tabel 4.20 Hasil Simulasi Pipa PE 180 pada Q_{out} 0,9300 MMSCFD	65
Tabel 4.21 Hasil Simulasi RS ke Perumahan dengan $Q = 0,0660$ MMSCFD	66
Tabel 4.22 Hasil Simulasi RS ke Perumahan dengan $Q = 0,3909$ MMSCFD	67
Tabel 4.23 Hasil Simulasi RS ke Perumahan dengan $Q = 0,9300$ MMSCFD	69
Tabel 4.24 Panjang Pipa untuk Laju Alir 0,0660 MMSCFD	70
Tabel 4.25 Panjang Pipa untuk Laju Alir 0,3909 MMSCFD	71
Tabel 4.26 Data Crossing Jaringan Pipa Pengembangan	73
Tabel 5.1 Kesimpulan Dimensi Pipa untuk Pipa Pengembangan Menuju R/S	74
Tabel 5.2 Kesimpulan Dimensi Pipa untuk R/S Menuju Perumahan	74
Tabel 5.3 Kesimpulan Data Crossing Jaringan Pipa Pengembangan	75

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini, gas alam memiliki peranan sangat penting dalam menyediakan energi yang bersih lingkungan. Sehingga, permintaan gas sebagai sumber energi terus meningkat dan relatif lebih tinggi dibandingkan minyak. Berdasarkan data Badan Pengelola Minyak dan Gas (BP Migas), sepanjang tahun 2010 terdapat penemuan cadangan gas baru yang cukup signifikan mencapai 2,09 triliun kaki kubik, sementara penemuan minyak hanya sebesar 140 juta barel. Sehingga status pada 1 Januari 2011, posisi cadangan terbukti maupun potensial gas di Indonesia mencapai 153,72 triliun kaki kubik dan cadangan terbukti maupun potensial minyak bumi sebesar 7,41 miliar barel. Apabila cadangan yang ada diproduksi dengan tingkat produksi saat ini maka cadangan minyak bumi Indonesia akan habis selama 12 tahun mendatang, sementara cadangan gas bumi Indonesia masih mampu bertahan untuk memenuhi kebutuhan hingga 46 tahun kedepan. Sebagian besar gas alam yang diproduksi di Indonesia diproses menjadi LNG yakni rata-rata sekitar 1,3 TSCF per tahunnya, sementara untuk pasar dalam negeri (lokal) rata-rata sekitar 320 juta MSCF per tahunnya (ESDM, 2011).

Guna mendukung kebijakan pemenuhan kebutuhan gas domestik tersebut, Pemerintah telah mengeluarkan Permen ESDM No. 03/2010 Tentang Alokasi Dan Pemanfaatan Gas Bumi tentang alokasi pemanfaatan gas bumi untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri. Untuk meningkatkan pemenuhan kebutuhan energi bagi masyarakat, khususnya pada sektor rumah tangga, Pemerintah akan mengoptimalkan pemanfaatan gas bumi sebagai bahan bakar melalui program Jaringan Gas Kota. Pembangunan jaringan distribusi gas untuk rumah tangga merupakan salah satu program prioritas nasional yang bertujuan untuk diversifikasi energi, pengurangan subsidi, penyediaan energi bersih dan murah serta program komplementer konversi minyak tanah ke LPG untuk percepatan pengurangan penggunaan minyak bumi. Pembangunan jaringan distribusi gas bumi untuk rumah tangga ini dibangun di kota-kota atau daerah yang dekat dengan sumber gas bumi dan memiliki jaringan transmisi gas bumi. Pemanfaatan gas bumi untuk rumah tangga merupakan energi alternatif yang sangat potensial

karena lebih efektif dalam penggunaannya. Pemanfaatan gas bumi sebagai bahan bakar di sisi Pemerintah dapat penghemat anggaran Negara untuk BBM. Sedangkan disisi masyarakat, masyarakat mendapatkan bahan bakar yang lebih bersih, lebih sehat, lebih murah dan lebih aman. Gas Bumi sebagai bahan bakar lebih bersih karena tidak mengeluarkan banyak asap dan tidak meninggalkan jelaga, murah karena langsung diambil dari perut bumi tanpa melalui prosedur yang panjang untuk menjangkau masyarakat dan gas bumi aman dipergunakan karena bertekanan rendah (ESDM, 2011).

Jaringan pipa menunjukkan fungsi yang vital. Layaknya arteri, menyebabkan kehidupan manusia tergantung pada suplai produk-produk gas alam yang menjangkau konsumen melalui jaringan bawah tanah yang padat akan saluran distribusi dan transmisi lain. Jaringan pipa terdiri dari jaringan pipa transmisi dan distribusi. Jaringan pipa transmisi adalah suatu jaringan pipa yang menyalurkan gas dari stasiun pengumpul ke stasiun penerima jaringan distribusi (*Off take Station*) dan atau ke pelanggan dalam kebutuhan besar (*Bulk Customer*) dengan tekanan operasi tinggi, sedangkan jaringan pipa distribusi adalah sistem jaringan pipa yang dipasang untuk menyalurkan gas mulai dari stasiun penerima (*Off take Station*) sampai ke meter pelanggan dengan tekanan operasi dan berdiameter lebih kecil daripada pipa transmisi. Jaringan pemipaan merupakan moda transportasi yang paling diminati dalam mentransportasikan sejumlah besar fluida (liquid atau gas). Sebab secara ekonomis jauh lebih menguntungkan dengan menghabiskan sedikit biaya dibanding moda transportasi darat lainnya, hanya sedikit terpengaruh inflasi, ramah lingkungan, memberikan otomatisasi tinggi, aman dari pencurian, mengefisienkan penggunaan lahan dan terutama aman bagi manusia. Meskipun pipa gas alam dapat meledak pada tekanan tinggi, jaringan pipa semacam ini umumnya memiliki kepedulian tinggi menyangkut faktor keamanan.

Jaringan gas kota Depok di bangun di Kelurahan Beji dan Beji Timur. Jumlah pasokan gas yang ada yaitu 1 MMSCFD yang dapat memenuhi kebutuhan 27.700 sambungan rumah. Sedangkan jumlah Sambungan yang ada baru 4.000 sambungan rumah. Sehingga jaringan gas di kota Depok ini mempunyai potensi besar untuk di kembangkan.

Berdasarkan dari hal yang tersebut di atas, maka dilakukan penelitian tentang pengembangan jaringan dan analisis teknis jaringan pipa distribusi gas di rumah tangga sehingga tercipta jaringan pipa distribusi gas yang efisien. Simulasi merupakan metode yang tangguh untuk meningkatkan dan optimalisasi solusi. Simulasi juga untuk meminimalisasi resiko kerugian yang besar dan kesalahan yang fatal dalam kehidupan nyata. Studi kasus akan dilakukan pada wilayah Kota Depok. Pemilihan wilayah ini karena wilayah ini merupakan wilayah yang dilewati oleh jaringan pipa transmisi gas bumi dan wilayah ini terdapat jaringan eksisting pipa distribusi gas bumi sehingga berpotensi besar untuk dikembangkan.

1.2 Perumusan Masalah

Kota Depok merupakan wilayah yang dilewati oleh jaringan pipa transmisi gas bumi, dan mempunyai eksisting jaringan pipa distribusi gas yaitu di Kelurahan Beji dan Beji Timur sehingga cocok untuk dilakukan pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi. Maka perlu diketahui bagaimana menentukan kelayakan dari aspek-aspek teknis dalam pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi di Kota Depok.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

- Menentukan lokasi prioritas di Kota Depok.
- Melakukan simulasi proses untuk menentukan dimensi pipa yang digunakan pada pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi di Kota Depok.
- Melakukan analisis teknis dalam pengembangan jaringan gas bumi.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan tidak terlalu melebar dari tujuan yang hendak dicapai, maka ditentukan batasan permasalahan. Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

- Pemilihan lokasi
Studi kasus penelitian ini dilakukan pada lokasi yang berpotensi untuk pengembangan jaringan yang ada di Kota Depok khususnya di Kecamatan Beji dan Pancoran Mas.
- Bahan bakar gas yang disalurkan melalui perpipaan adalah gas alam jenis gas kota dengan komposisi utama gas metana.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada makalah ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang pemilihan judul, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, dan Sistematika Penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang dasar teori yang menjelaskan tentang komposisi gas bumi, cadangan dan produksi gas bumi nasional, penjelasan mengenai gas kota, sistem perpipaan transmisi dan distribusi, desain teknis dasar jaringan pipa distribusi gas bumi, *simulator* sistem perpipaan, persamaan aliran fluida gas, serta profil Kota Depok.

BAB III METODE PENELITIAN

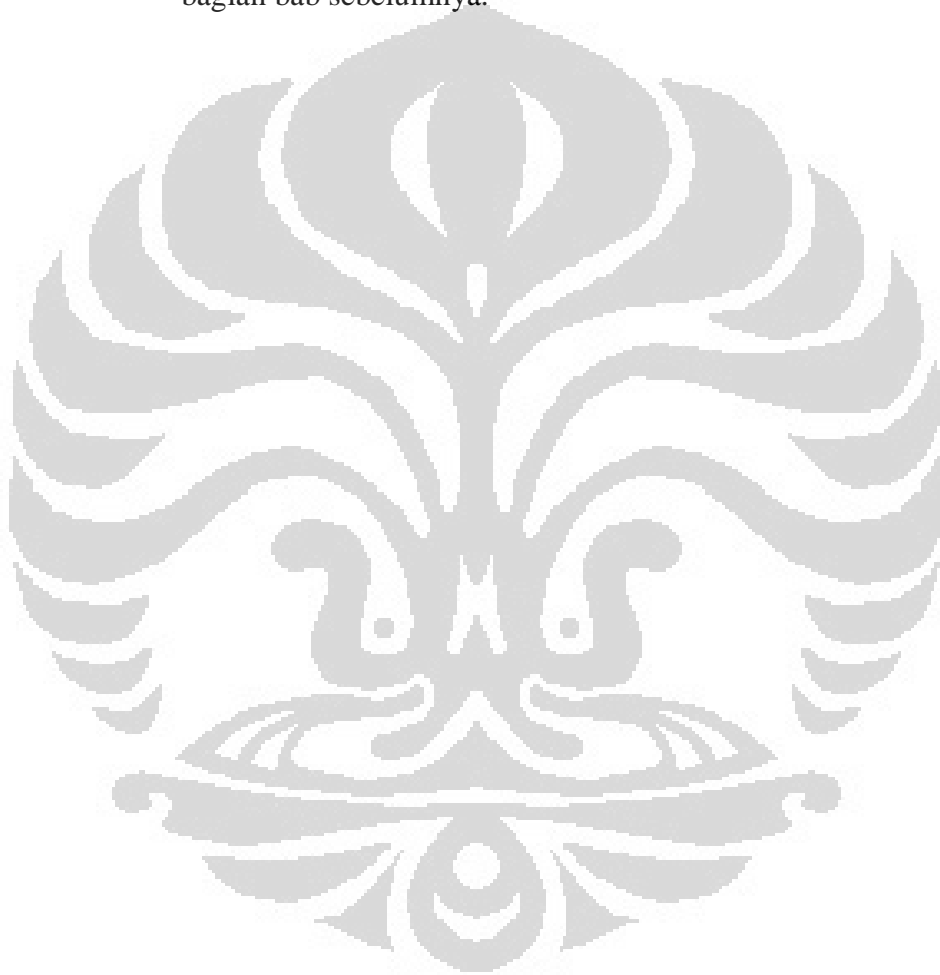
Bab ini berisi tentang tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian dan penulisan tugas akhir.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini memuat tentang analisis lokasi prioritas yang terpilih, analisis desain basis proses yang dibuat dan simulasi proses pada jaringan pengembangan pipa distribusi gas bumi di Kota Depok.

BAB V KESIMPULAN dan SARAN

Bab ini memuat kesimpulan dan saran dari keseluruhan bagian-bagian bab sebelumnya.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gas Bumi

Gas bumi umumnya dianggap sebagai bahan bakar fosil yang tidak terbarukan. Gas bumi dianggap sebagai bahan bakar fosil karena kebanyakan ilmuwan percaya bahwa gas bumi terbentuk dari sisa-sisa hewan laut kecil-kecil dan tumbuhan yang mati 200-400 juta tahun yang lalu. Ketika hewan-hewan laut kecil-kecil dan tanaman mati, mereka tenggelam ke bawah dari lautan di mana mereka dikuburkan oleh lapisan sedimen yang berubah menjadi batu. Selama bertahun-tahun, lapisan-lapisan batuan sedimen menjadi tebal ribuan kaki. Kebanyakan ilmuwan percaya bahwa tekanan, dikombinasikan dengan panas dari bumi, mengubah campuran organik menjadi minyak bumi dan gas alam. Akhirnya, konsentrasi gas alam menjadi terperangkap dalam lapisan batuan seperti air terperangkap di spons basah.

Gas alam mentah merupakan campuran dari gas yang berbeda. Bahan utama adalah metana, senyawa alami yang terbentuk setiap kali tanaman dan hewan materi meluruh. Dengan sendirinya, metana tidak berbau, tidak berwarna, dan hambar. Sebagai ukuran keamanan, perusahaan gas alam menambahkan bau bahan kimia yang disebut merkaptan (baunya seperti telur busuk) sehingga gas keluar dapat dideteksi (Mikkal, 2011).

2.1.1 Komposisi Gas Bumi

Gas bumi merupakan campuran beberapa gas dengan komposisi terbesar adalah metana (Arthur dan William, 2006). Gas bumi dari sumber yang berbeda akan mempunyai komposisi yang berbeda pula. Karena itu nilai kalor (*Heating Value*) juga akan bervariasi tergantung dari komposisi campuran gas masing-masing.

Contoh komposisi gas bumi secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.1, untuk spesifikasi gas yang umum digunakan untuk komersial dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.1. Komposisi Gas Bumi

Nama gas	Senyawa	Komposisi
Metana	CH ₄	70-90%
Etana	C ₂ H ₆	0 – 20 %
Propana	C ₃ H ₈	
Butana	C ₄ H ₁₀	
Karbondioksida	CO ₂	0-8 %
Oksigen	O ₂	0 – 0,2 %
Nitrogen	N ₂	0 – 5 %
Hidrogen Sulfida	H ₂ S	0 – 5 %
Gas lainnya	He, Ne, Xe, dll	Sedikit

Sumber : Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi (BPH Migas)

Tabel 2.2 Spesifikasi Gas

No.	Parameter	Keterangan
1.	Nilai kalor	>9.050 Btu/ft ³
2.	Kemurnian	Bebas dari debu, minyak bumi, dan hidrokarbon yang dapat di cairkan pada temperatur lebih dari 15 °F pada tekanan 800 psig
3.	Kandungan Sulfur	<1 grain H ₂ S per 100 ft ³ gas
4.	Kandungan CO ₂	< 2%
5.	Kandungan H ₂ O	< 7 lb/MMSCF
6.	Temperatur	Temperatur maksimum 120 °F

2.1.2 Gas Bumi Nasional

Minyak Indonesia dan industri gas mulai sejak 15 Juni 1889, ketika penemuan pertama ladang minyak Telaga Said di Langkat, Sumatera Utara. Pada pertengahan 1960-an, gas alam telah komersial telah dimanfaatkan untuk PT. Pabrik pupuk PUSRI di Palembang, gas dipasok oleh PT. Stanvac. Pada tahun 1970, gas alam menjadi komoditas di seluruh dunia bentuk bisnis LNG. Meningkatnya pemanfaatan gas didorong oleh krisis pasokan minyak pada tahun 1973. Lebih dari 4,5 BSCF / D produksi gas alam yang pernah diekspor sebagai LNG yang membuat Indonesia menjadi eksportir LNG terbesar. Kegiatan eksplorasi terus menerus di Indonesia diidentifikasi 60 cekungan sedimen Tersier

utama. Besar ke kecil skala reservoir gas alam telah ditemukan dalam cekungan menyebar ke seluruh wilayah daratan dan lepas pantai dari Aceh ke Irian Jaya.

2.1.3 Gas Bumi dan Lingkungan

Semua bahan bakar fosil-batubara, minyak bumi, dan gas alam melepaskan polutan ke atmosfer saat terbakar. Kabar baiknya adalah bahwa gas bumi bahan bakar fosil yang paling ramah lingkungan. Pembakaran gas alam menghasilkan lebih sedikit belerang, karbon, dan nitrogen dari pembakaran bahan bakar fosil lainnya. Gas bumi juga memancarkan partikel abu sedikit ke udara ketika dibakar. Seperti semua bahan bakar fosil, pembakaran gas bumi menghasilkan karbon dioksida, gas rumah kaca. Banyak ilmuwan percaya bahwa peningkatan tingkat karbon dioksida di atmosfer, disebabkan sebagian besar oleh penggunaan bahan bakar fosil, dapat memiliki efek jangka panjang pada iklim global (Hassan, 2000).

Tabel 2.3 menunjukkan perbandingan emisi gas dari pembangkit listrik. Gas bumi adalah bahan bakar unggul dalam hal efisiensi termal dan emisi gas dibandingkan dengan fosil lainnya sumber bahan bakar.

Tabel 2.3 Perbandingan Emisi Gas dari Pembangkit Listrik

<i>Plant Type</i>	SO ₂ (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)	<i>Therma Efficiency</i> (%)
<i>Gas (Combined Cycle)</i>	0	0,5 – 2	370	50
<i>Integetherated Gas Combined Cycle (IGCC)</i>	0,1 – 1	0,5 – 1	790	42
<i>Oil (combined Cycle)</i>	1 – 2	2 – 3	540	49
<i>Coal (Pulverised)</i>	8 – 20	3 – 5	860	37
<i>Coal (W/Scrubber)</i>	1 – 2	4,7	880	36

Sumber : *Batelle Memorial Institute website*

Dampak lingkungan utama yang terkait dengan pembakaran hidrokarbon adalah: (1) udara lokal pencemaran masalah seperti SO₂, NO_x dan partikulat emisi (di sekitar fosil besar berbahan bakar pembangkit listrik dan di kota-kota besar dengan kemacetan lalu lintas berat), (2) masalah-masalah regional seperti

hujan asam dan asam pengendapan di danau dan hutan, dan (3) masalah-masalah global yang merupakan akibat langsung dari emisi gas rumah kaca, khususnya, karbon dioksida (CEERD, 1999).

2.1.4 Pengukuran Gas Bumi

Gas bumi dapat diukur dalam sejumlah cara. Sebagai gas, ia dapat diukur melalui volume pada temperatur dan tekanan normal, dinyatakan dalam *cubic feet* (CF), yang umumnya dipakai dalam ribuan *cubic feet* (MCF), jutaan *cubic feet* (MMCF), atau triliun *cubic feet* (TCF). Gas alam juga sering diukur dan dinyatakan dalam *British thermal unit* (BTU). Satu BTU adalah sejumlah gas alam yang akan menghasilkan energi yang cukup untuk memanaskan satu pound air dengan satu derajat pada tekanan normal. Satu *cubic feet* gas alam mengandung sekitar 1,027 BTU. Gas alam yang dikirim melalui pipa di USA, diukur dalam satuan '*therms*' untuk penggunaan pembayaran. Satu '*therm*' adalah ekuivalen dengan 100.000 BTU, atau sekitar 97 SCF gas alam.

2.1.5 Gas Kota

Gas kota merupakan istilah yang mengacu pada gas yang telah diolah dan diproduksi untuk dijual kepada konsumen. Gas kota merupakan campuran dari berbagai macam gas yang memiliki nilai kalor, seperti Hidrogen, Karbon Monoksida, Metana, dan gas hidrokarbon yang mudah menguap. Selain itu terdapat juga sedikit gas-gas yang tidak memiliki nilai karbon seperti Karbon Dioksida dan Nitrogen. Gas kota merupakan bahan bakar yang memiliki banyak kegunaan. Untuk keperluan rumah tangga, gas kota umumnya digunakan untuk keperluan memasak dan sistem pemanas. Memasak dengan menggunakan gas kota memberikan beberapa keuntungan seperti kemudahan dalam kontrol suhu, *self ignition*, dan *self cleaning*. Berikut ini adalah beberapa keuntungan penggunaan gas kota :

- Nontoksik, tidak memiliki bahan-bahan yang berbahaya jika terhirup dan terserap ke dalam darah

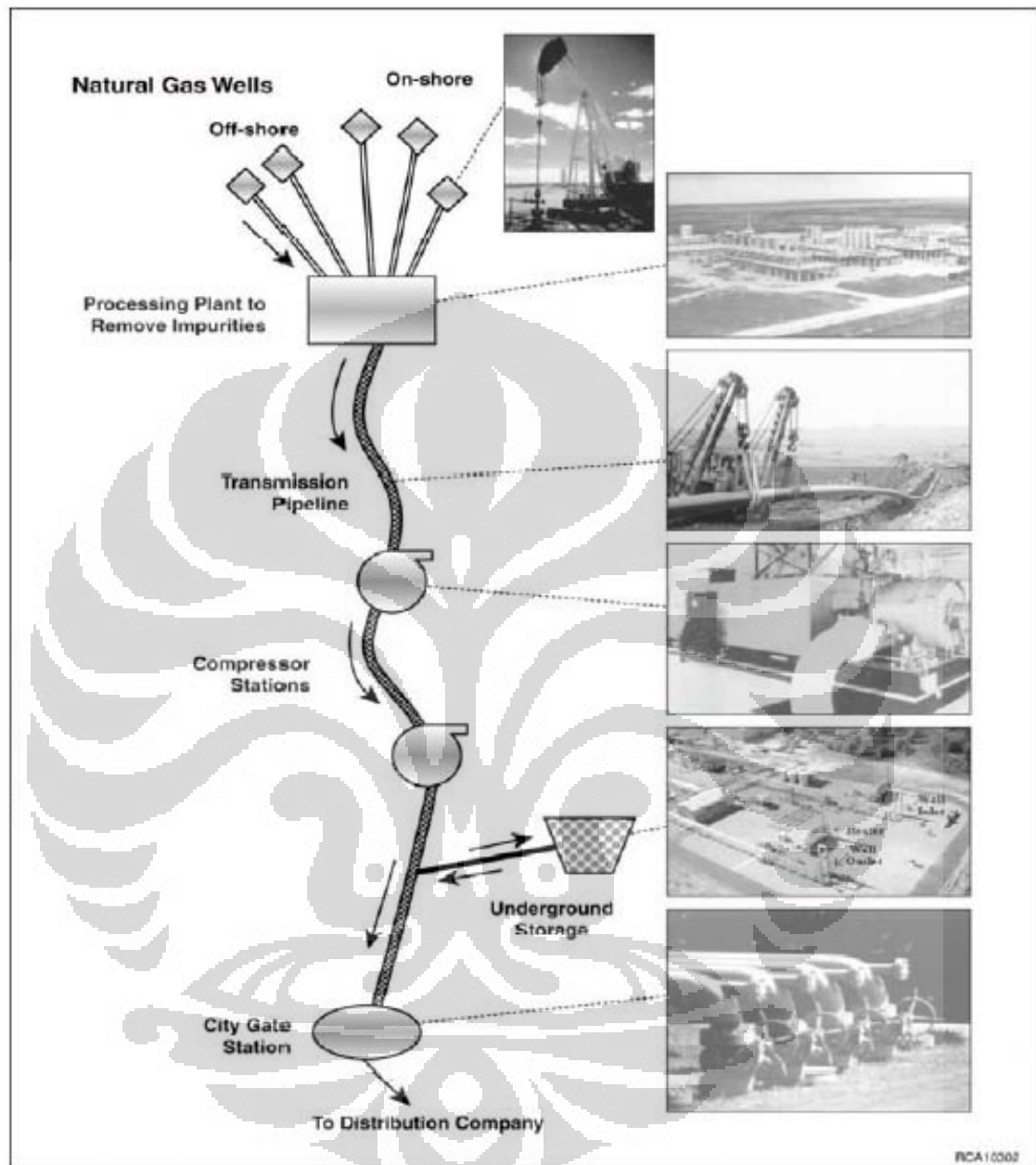
- Lebih ringan dari udara, jika terjadi kebocoran maka akan langsung menguap karena berat molekul yang lebih ringan, tidak seperti gas gas propana dan butana (LPG)
- Tidak berwarna, ketika terbakar akan membentuk api biru dan merupakan salah satu bahan bakar paling bersih yang umumnya menghasilkan panas, karbondioksida, dan uap air sebagai hasil pembakaran.
- Tidak berbau, bau yang tercium adalah gas tidak berbahaya yang ditambahkan untuk mendeteksi adanya kebocoran.

2.2 Jaringan Pipa Gas Bumi

Jaringan pipa transmisi terbuat dari baja dan umumnya beroperasi pada tekanan yang berkisar dari 500 sampai 1.400 *pounds per square inch gauge* (psig). Pipa mempunyai ukuran dengan diameter dari 6 sampai 48 inci, meskipun bagian-bagian komponen tertentu pipa terdiri dari pipa berdiameter kecil yang sekecil 0,5 inci diameter. Namun, pipa berdiameter kecil ini biasanya digunakan hanya dalam sistem pengumpul dan distribusi, meskipun beberapa digunakan untuk *line control*. Pipa-pipa utama dalam sistem, biasanya berdiameter 16 sampai 48 inci. Jaringan pipa lateral, yang menerima gas alam dari garis-utama, biasanya berdiameter 6 sampai 16 inci (S.M. Folga, 2007).

Sebagian besar pipa *interstate* dengan diameter 24 sampai 36 inci. Pipa ini biasa disebut "jalur pipa", terdiri dari material *carboon steel* yang kuat di disain untuk memenuhi standar yang ditetapkan oleh Amerika Petroleum Institute (API), *American Society of Testing dan Material* (ASTM), dan *American National Standards Institute* (ANSI).

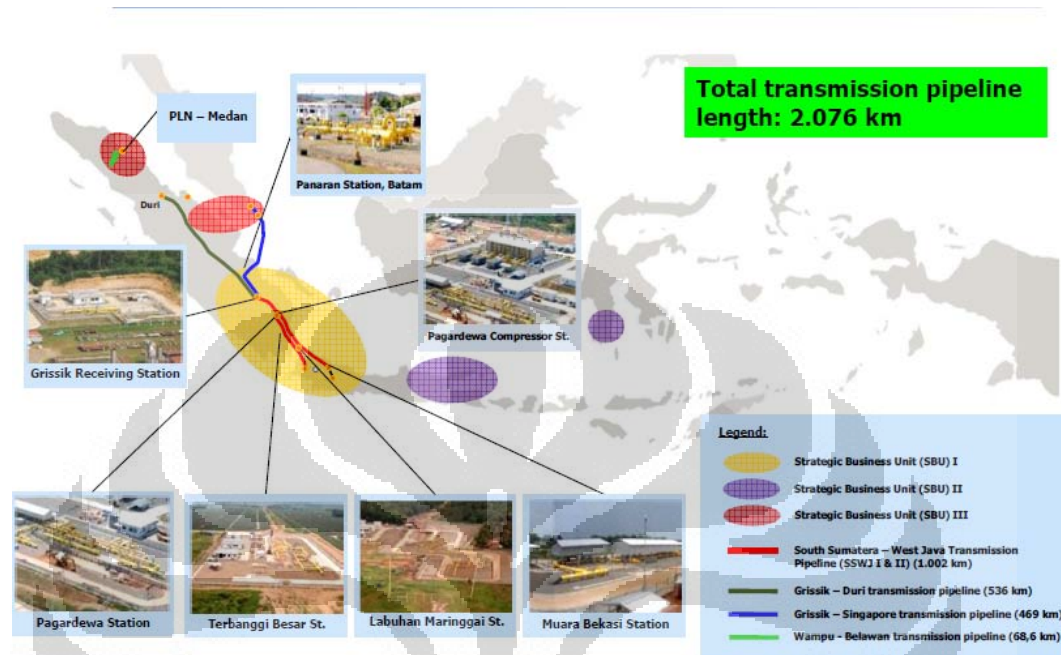
Pipa biasanya dikubur di dalam tanah dengan kedalaman penguburan bervariasi tergantung pada kondisi geografi sepanjang rute pipa. Persyaratan kedalaman normal 2 sampai 4 kaki ke atas pipa.



Gambar 2.1 Skema Produksi, Proses, Transmisi Gas Bumi

Jaringan pipa transmisi gas alam Indonesia telah dibangun, namun masih sangat kecil yaitu, kurang dari 2.000 km, dibandingkan dengan di AS dengan sekitar 500.000 km. Jaringan pipa telah dikembangkan, tidak hanya terintegrasi dan terkonsentrasi dekat dengan daerah produksi dan industri besar yang

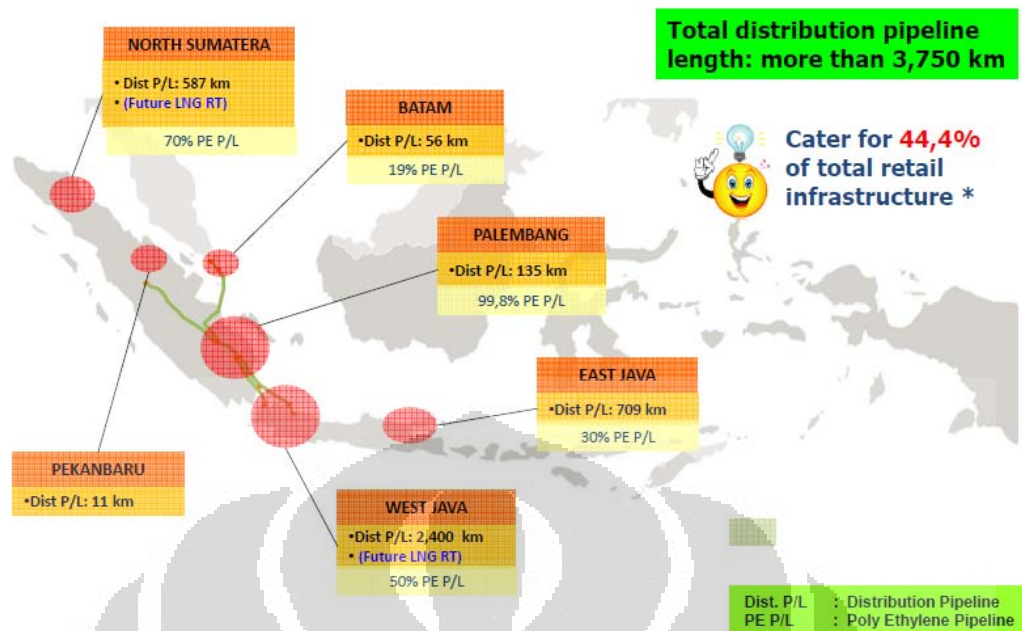
memerlukan gas alam sebagai bahan bakar dan bahan baku. Lebih penting lagi, jalur interkoneksi didedikasikan untuk melayani kebutuhan pelanggan.



Sumber : Perusahaan Gas Negara

Gambar 2.2 Total Pipa Transmisi

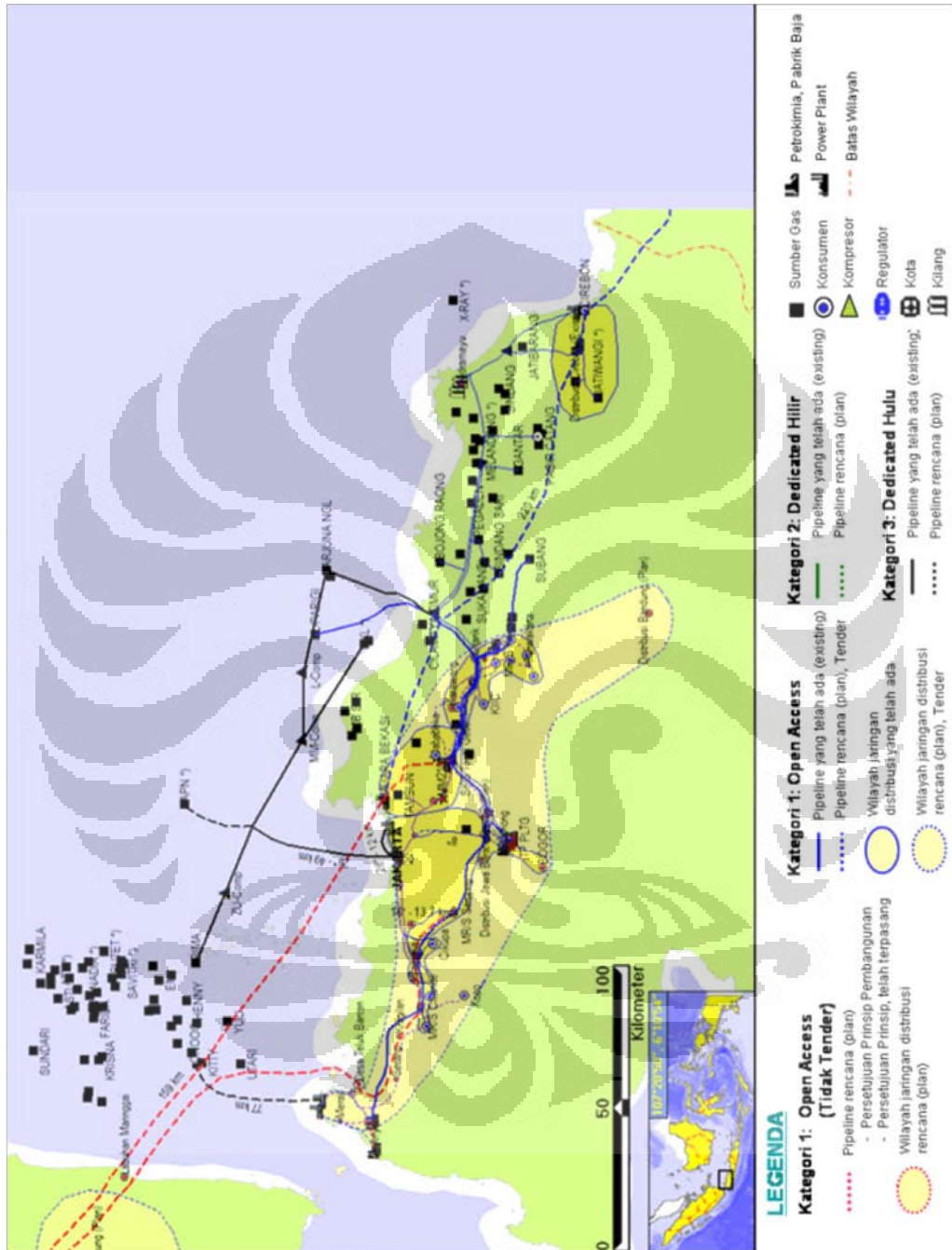
Jalur transmisi yang dikembangkan sebagian besar berada di Laut Jawa-Tanjung Priok / Muara Karang, Cilamaya-Cilegon, Pagerungan-Gresik, Prabumulih-Palembang, Grissik-Duri, Natuna-Singapura, Grissik-Sakernan, dan Sakernan-Batam-Singapura. PGN kini mengembangkan pipa transmisi dari Sumatera Selatan untuk Jawa Barat dan melakukan studi kelayakan (dibiayai oleh Departemen Perdagangan AS) pada transmisi menghubungkan pipa Kalimantan Timur, Jawa Tengah dan Jawa Barat. Pengembangan transmisi pipa gas telah dilakukan di Indonesia sebagian besar oleh Pertamina dan PGN (Michael, 2011).



Sumber : Perusahaan Gas Negara

Gambar 2.3 Total Pipa Distribusi

Jaringan distribusi gas kota telah dibangun hanya untuk jangkauan yang terbatas. Cakupan meliputi kecil bagian dari kota Jakarta, Bogor, Surabaya, Cirebon, Palembang dan Medan. Penggunaan gas untuk transportasi (untuk pengganti bensin mobil) telah dipromosikan di ibukota Jakarta, melayani segmen kecil angkutan umum, misalnya taksi dan bus. Pemerintah mempertimbangkan pengembangan jaringan transmisi dan distribusi sebagai syarat untuk mengembangkan gas dalam negeri, dengan partisipasi sektor swasta seperti yang ditunjukkan oleh PGN (Michael, 2011). Berikut ini merupakan gambar rencana induk jaringan pipa transmisi dan distribusi gas bumi :



Gambar 2.4 Rencana Induk Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi Gas Bumi

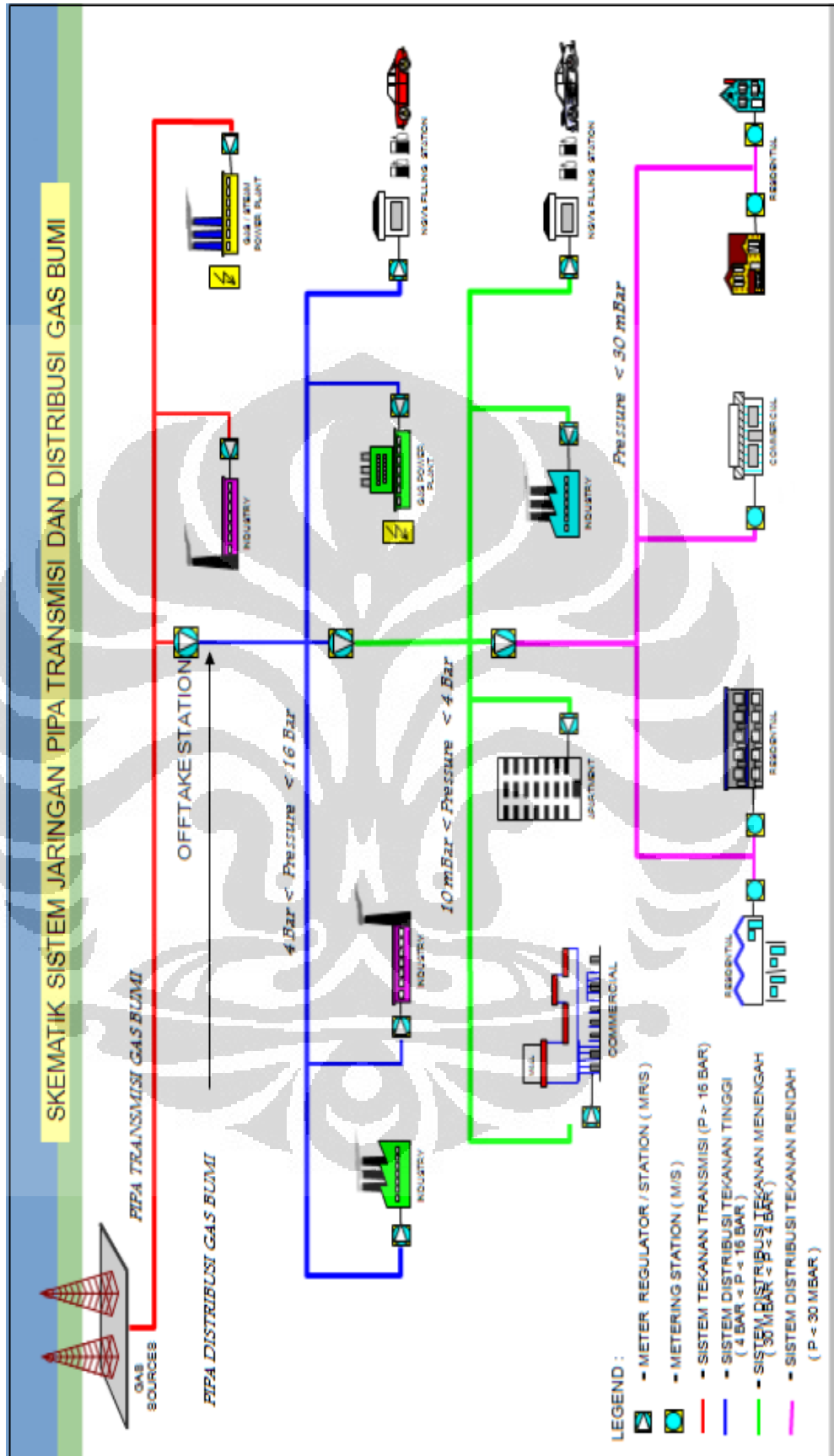
Jaringan pipa transmisi dan distribusi terdapat perbedaan. Perbedaan antara jaringan pipa transmisi dengan distribusi dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 Perbandingan Perbandingan Pipa Transmisi dan Distribusi

No	Sistem Perpipaan Transmisi	Sistem Perpipaan Distribusi
1.	Diameter pipa besar	Diameter lebih kecil
2.	Bertekanan tinggi ($P > 16$ Bar)	Tekanan lebih rendah ($P < 16$ Bar)
3.	Sistem Jaringan sederhana	Sistem jaringan lebih kompleks
4.	Percabangan sedikit	Percabangan lebih banyak
5.	Kerusakan biasanya berupa keretakan pipa dan tekanan	Kegagalan sistem biasanya disebabkan oleh adanya kebocoran
6.	Terdapat loop line dan bypasses jika terjadi penghentian sementara pada konsumen	Sulit untuk melakukan penghentian sementara dan inspeksi tanpa mengganggu konsumen
7.	Diterapkan antar negara atau antar propinsi	Diterapkan di dalam suatu propinsi atau lebih sempit lingkungannya

Gas bumi diambil dari sumur (*well*) dan dilanjutkan ke bagian pemrosesan yang menghilangkan air, CO₂, H₂S, dan komponen-komponen pengotor lainnya. Gas bumi yang sudah murni ini kemudian masuk ke sistem transmisi. Dari tempat penyimpanan dan transmisi, beberapa gas bumi ditransportasikan secara langsung ke konsumen yang skala besar, seperti pembangkit tenaga listrik. Sebagian lagi ditransportasikan ke jaringan pipa distribusi untuk konsumen rumah tangga dan komersial dengan tekanan rendah dan diameter pipa yang kecil (Paulina, 2007).

Berikut ini merupakan diagram skematik sistem jaringan pipa transmisi dan distribusi gas bumi :



Gambar 2.5 Skematik Sistem Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi Gas

2.3 Perpipaan Gas Bumi

Pipa merupakan komponen utama dalam sistem perpipaan. Pipa berfungsi sebagai tempat mengalirnya gas. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam menggunakan pipa adalah *pressure loss*, kecepatan gas, diameter, ketebalan, dan jenis material pipa. Ukuran pipa harus sesuai untuk mengalirkan fluida pada tekanan dan kecepatan tertentu (Raswari, 1987).

Pengetahuan perpipaan merupakan sarana dan dasar pengetahuan di dalam perhitungan, perencanaan, dan pelaksanaan perpipaan berikutnya. Berikut ini merupakan beberapa hal yang perlu diketahui pada teknik perpipaan.

Jaringan perpipaan digunakan secara ekstensif oleh banyak negara untuk transportasi dan distribusi gas bumi untuk keperluan industri dan rumah tangga. Jaringan perpipaan ini terdiri dari pipa, kompressor, *valve*, reduktor tekanan, dan lain-lain. Kondisi aliran transien biasanya diperkenalkan dalam sistem ini selama proses operasi seperti perubahan aliran/tekanan masukan dan keluaran, pengoperasian kompresor, dan perubahan kontrol *set point*. Pengetahuan mengenai kondisi aliran transien melalui penggunaan model dinamik sangat penting untuk desain dan operasi jaringan perpipaan (Prashanth et al., 2006).

Sistem perpipaan yang digunakan untuk mengantarkan gas ke konsumen dibagi menjadi 2 bagian yaitu sistem perpipaan transmisi dan sistem perpipaan distribusi. Sistem ini dibagi berdasarkan jarak dan besarnya kebutuhan konsumen (laju alir dan tekanan).

2.3.1 *Pipa Polyethylene*

Jenis material yang umumnya digunakan untuk pengembangan pipa distribusi gas bumi adalah pipa logam dan pipa plastik. Pipa logam dapat berupa pipa baja (*carbon steel*), besi tuang (*cast iron*), atau tembaga, sedangkan pipa plastik dapat berupa PE (*polyethylene*) atau PVC (*polyvinyl chloride*). Biasanya untuk kegiatan distribusi gas bumi khususnya untuk rentang tekanan distribusi menengah dan rendah penggunaan pipa plastik dianggap lebih menguntungkan dibandingkan pipa logam, karena pipa plastik dapat mengatasi permasalahan korosi yang sangat potensial terjadi pada pipa logam serta mudah dalam instalasi. Adapun kekurangan pipa plastik dibandingkan dengan pipa logam adalah bahwa

pipa plastik dapat mengalami kerusakan akibat proses penuaan atau degradasi dan tidak tahan terhadap benturan atau penekanan pada skala tertentu (Raswari, 1987).

Pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi untuk rumah tangga yang telah diaplikasikan di PT Perusahaan Gas Negara (Persero) Tbk juga menggunakan jenis pipa PE (*polyethylene*) sebagai jenis material pipa yang digunakan.

Berdasarkan standar sistem tekanan jaringan pipa gas, maka material pipa yang digunakan adalah sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5 Material Pipa Berdasarkan Tekanan Jaringan

Jaringan	Material Pipa	Desain Tekanan	
		Min	Max
Tekanan Tinggi	Steel (Welding)	4 bar	40 bar
Tekanan Menengah	Polyethylene, steel	100 mbar	4 bar
Tekanan Rendah	Polyethylene	0,1 mbar	100 mbar

Polyethylene (PE) merupakan salah satu turunan dari produk petrokimia yang termasuk dalam golongan plastik. Melalui kemajuan teknologi petrokimia, saat ini PE sudah banyak digunakan dalam industri migas, salah satunya untuk sarana transportasi gas bumi berupa pipa PE pada kegiatan distribusi gas bumi. Material pipa PE dibuat dalam 3 jenis kualitas, yaitu pipa PE dengan densitas rendah (*low density*), pipa PE dengan densitas sedang (*medium density*) dan pipa PE dengan densitas tinggi (*high density*). Untuk pengangkutan gas bumi menggunakan pipa PE, material PE yang digunakan adalah dari jenis PE dengan densitas sedang (*medium density*) dan PE dengan densitas tinggi (*high density*). Ketebalan pipa PE dihitung berdasarkan nilai SDR (*Standard Dimension Ratio*) sesuai dengan persamaan berikut :

$$SDR = \frac{D}{e} \quad (2.1)$$

dengan :

D = diameter pipa (mm)

e = ketebalan dinding (mm)

Adapun beberapa jenis ukuran diameter pipa PE dapat dilihat pada Tabel

2.6

Tabel 2.6 Beberapa Jenis Ukuran Diameter Pipa PE

Nominal Pipe Size
63
90
125
180
250
315
355
400
500

Pipa *polyethylene* digunakan pada sistim tekanan rendah dan menengah dengan tekanan operasi maksimum dihitung dengan rumus :

$$MPO = \frac{2 \times MRS}{(SDR - 1) \times Hd} \quad (2.2)$$

dengan :

MOP = Tekanan operasi maksimum atau *Maximum Operating Pressure* (Mpa)

MRS = *Minimum Required Strength* (Mpa), dapat dilihat dari daftar "*physical properties*" dari material PE yang ditawarkan

SDR = *Standard Dimention Ratio* (nominal diameter luar/nominal ketebalan dinding yang dispesifikasikan)

2.3.2 Komponen perpipaan

Komponen perpipaan harus dibuat berdasarkan spesifikasi, standar, yang terdaftar dalam simbol, dan kode yang telah dibuat atau dipilih sebelumnya. Sistem distribusi gas memerlukan berbagai macam komponen perpipaan untuk mendistribusikan gas. Komponen-komponen perpipaan tersebut meliputi

1. Pipa

Dalam pemilihan yang digunakan kita harus memperhatikan bahan yang digunakan sehingga sesuai dengan kondisi lingkungan yang akan ditempati, sesuai dengan fluida yang dialirkan, tekanan operasi dan memenuhi standar yang berlaku. Pemilihan jenis bahan pipa juga dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan selama beroperasi dan biaya *maintenance*. Bahan-bahan perpipaan meliputi :

- *Carboon steel*
- *Carbon moly*
- *Galvanees*
- *Ferro nikel*
- *Stainless steel*
- *PVC (paralon)*
- *Chrome moly*

2. Fitting

Fitting memiliki fungsi antara lain untuk menyambung pipa, mengubah aliran, memperbesar, atau memperkecil jalur pipa, dan menutup aliran pada pipa. Pada umumnya, fitting dibuat berdasarkan metode penyambungan pipa seperti threading, socket welding, dan butt welding. Material fitting ada yang dibuat dari logam maupun plastik . berikut adalah beberapa jenis berdasarkan fungsinya sebagai pengubah arah aliran dan penghenti aliran :

- *Standard elbow (45⁰ dan 90⁰)*
- *Long radius elbow (90⁰)*
- *Return bend*
- *Standard tee and reducing tee*
- *Cross and reducing cross*
- *Cocentric and eccentric reducer*
- *Cap*

3. Baut dan Gasket

Baut dan Gasket memiliki fungsi dasar yang sama yaitu untuk memperkuat flens pada sambungan pipa. Baut digunakan untuk mengencangkan sambungan dari luar flens sedangkan gasket biasanya digunakan sebagai pelapis flens untuk mengurangi resiko terjadinya kebocoran. Baut yang sering digunakan adalah sebagai berikut :

- *Machine bolts*
- *Stude Bolt*

Sedangkan jenis-jenis gasket berdasarkan luas permukaan flens yang dilapisi terdiri dari :

- *Full face gasket*
- *Ring gasket*

4. Flens (flange)

Flens merupakan komponen perpipaan yang digunakan persambungan pipa. *Flens* berfungsi agar jika ada kerusakan pada suatu sambungan pipa, maka pipa tersebut mudah untuk dilepaskan untuk dilepaskan untuk dilakukan perbaikan. Beberapa jenis *flens* antara lain :

- *Blind flange*
- *Weld neck flange*
- *Socket flange*
- *Threaded flange*

5. Pengendali tekanan (*pressure regulator*)

Pressure regulator digunakan untuk menjaga tekanan dalam sistem perpipaan. Alat ini biasanya dipasang pada persambungan pipa bertekanan tinggi ke pipa bertekanan rendah untuk mengurangi tekanan tinggi yang tidak konstan menjadi tekanan rendah yang konstan. Regulator beroperasi dengan dua cara, yaitu :

- *Direct acting*

Regulator ini bekerja dengan menggunakan perbedaan tekanan tinggi dan rendah pada bagian regulator untuk secara langsung mengoperasikan alat dalam regulator sebagai pengatur tekanan.

- *Pilot operated*

Pada jenis ini, regulator bekerja menggunakan regulator utama untuk merasakan perbedaan pada sisi regulator yang bekerja pada tekanan tinggi dan rendah. Kemudian terdapat katup utama yang bekerja untuk sehingga didapatkan tekanan yang diinginkan..

6. Katup(*valve*)

Fungsi dari katup adalah untuk pengatur laju alir fluida, pengendali arah aliran fluida dan pengurang tekanan. Berdasarkan bentuknya jenis-jenis katup digolongkan sebagai berikut :

- *Gate valve*

Valve ini digunakan untuk pengaturan aliran dengan cara membuka aliran secara penuh atau menutup aliran sama sekali . Jenis katup ini sering digunakan sebagai stop valve pada titik keluaran tangki penyimpanan pada industri minyak dan gas.

- *Globe valve*

Valve ini digunakan untuk mengatur besar kecilnya aliran. Sering digunakan sebagai *control valve*.

- *Check valve*

Valve ini digunakan untuk mencegah aliran balik (*backflow*) agar aliran fluida hanya satu arah. Jenis katup ini bekerja membuka dan menutup secara otomatis ketika terdapat perubahan tekanan yang disebabkan oleh aliran fluida.

- *Butterfly valve*

Valve ini digunakan sebagai pembatasan aliran fluida.

- *Plug valve*

Katup ini tergolong katup yang telah lama digunakan. Keutamaan dari jenis katup ini adalah dapat membuka dan menutup aliran fluida dengan cepat.

- *Ball valve*

Ball valve berfungsi seperti halnya jenis katup lain dan merupakan pengembangan dari plug valve. Jenis katup ini dapat digunakan secara quarter turn maupun *complete shut off*.

7. Gas meter

Gas meter merupakan alat yang digunakan untuk menghitung jumlah gas yang dikonsumsi secara otomatis. Gas meter biasanya ditemukan sebagai bagian dari satu kesatuan *gas meter set assembly*, *gas meter set assembly* ini terdiri dari *filter*, katup, regulator, dan *relief valve*. Pemilihan gas meter dapat dilakukan menggunakan standar yang berlaku maupun berdasarkan hasil besarnya laju alir dan tekanan kanan minimal inlet gas meter tersebut.

2.4 Perancangan Jaringan Pipa Distribusi Gas Bumi

Dalam suatu perancangan teknis terdapat beberapa prinsip yang perlu diterapkan sebagai berikut :

1. *Reliability* atau kehandalan, yakni bahwa teknologi dan atau rekayasa yang akan diterapkan harus memenuhi prinsip-prinsip kehandalan yang gayut terhadap waktu, skalabilitas, akurasi, kecepatan, *troubleshooting*, otomasi dan lain-lain.
2. *Redundancy*, yakni bahwa teknologi dan atau rekayasa yang akan diterapkan tersebut mempunyai *backup system* dan sistem peringatan yang baik serta jika terjadi gagal fungsi dapat diantisipasi dengan pengalihan/penyulihan peralatan atau sistem manajemen baik secara otomatis maupun manual secara umum.
3. *Effectiveness/efficiency*, yakni bahwa teknologi dan atau rekayasa yang akan diterapkan tersebut dapat berdayaguna dan berhasil guna diperbandingkan dengan teknologi sejenis yang sudah ada/berjalan.
4. *Affordability*, yakni bahwa teknologi dan atau rekayasa yang akan diterapkan tersebut mempunyai keterjangkauan yang normal ditinjau dari tata letak, tata waktu, akseptabilitas pihak-pihak terkait, kemudahan pemasangan dan

pengoperasian, ketersediaan suku cadang dan kecenderungan perkembangan teknologi itu sendiri.

5. *Economy*, yakni bahwa teknologi dan atau rekayasa yang akan diterapkan tersebut mempunyai perhitungan finansial dan keekonomian yang seimbang dengan pengeluaran dan antisipatif terhadap analisis kepekaan perubahan-perubahan yang terukur.

Perancangan sistem distribusi gas bumi ini meliputi perencanaan desain kapasitas aliran (*flowrate*) gas, rencana rute jaringan pipa yang menghubungkan titik-titik (lokasi) pasokan gas bumi dengan titik-titik (lokasi) konsumen (*supplydistribution network & route plan*), desain kondisi operasi jaringan, desain material dan dimensi jaringan pipa serta peralatan penunjangnya (*Metering-Regulating Station* atau MR/S). Sasaran perancangan suatu jaringan pipa distribusi ini adalah diperolehnya gambaran teknis yang meliputi *supplydistribution network & route plan* serta *basic engineering design* yang akan digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk pengambilan keputusan/kebijakan pengembangan jaringan pipa distribusi gas di masing-masing kota objek kajian. Adapun faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam mendesain jaringan pipa yaitu :

- Kondisi operasi, tekanan sumber dan tekanan suplai;
- Kapasitas aliran sumber pasokan dan demand;
- Spesifikasi gas bumi yang akan dialirkan;
- Lokasi *off-take station*;
- Sebaran market konsumen potensial gas bumi;
- Kondisi geografi, demografi (seperti tingkat kepadatan penduduk), geologi dan topografi;
- Standar pemasangan jaringan pipa, mengacu pada berbagai standar yang berlaku baik secara nasional (*national standard*), internasional (*international standard*) dan *company code*;
- Analisis aspek sosial, ekonomi, keselamatan dan lingkungan;
- Kajian regulasi, Undang-undang, Peraturan Pemerintah, dan ketentuan lainnya.

Perancangan sistem perpipaan dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan kriteria, yaitu kecepatan gas dan kehilangan tekanan (*pressure drop*) yang diperbolehkan, dimana pipa yang akan didesain akan mampu mengalirkan sesuai dengan kapasitas gas yang diinginkan. Kecepatan gas dalam pipa harus dibatasi diantara kecepatan maksimum dan kecepatan minimum. Kecepatan gas dalam pipa tidak boleh melebihi kecepatan maksimum yang direkomendasikan untuk meminimalisasi efek kebisingan dan memudahkan penginjeksian inhibitor korosi.

Kecepatan gas dalam pipa juga tidak boleh di bawah kecepatan minimum yang direkomendasikan untuk meminimalisasi penumpukan cairan pada daerah-daerah yang rendah. Maka dalam desain pipa secara umum, diambil batasan kecepatan gas kurang dari 60 fps. Khususnya untuk kegiatan distribusi gas bumi, kecepatan gas dalam pipa biasanya dirancang tidak melebihi rentang maksimum yang telah ditetapkan. Pembatasan besarnya kehilangan tekanan gas bumi dalam pipa berguna untuk sasaran pendistribusian pada semua titik suplai ke konsumen. Oleh karena itu perlu dilakukan simulasi berdasarkan analisa jaringan secara keseluruhan agar desain jaring-jaring pipa sesuai dengan desain jaringan pipa distribusi. Secara umum, persamaan-persamaan yang digunakan untuk pendesainan pipa gas adalah persamaan Weymouth, Panhandle B, Moody dan AGA. Pemilihan yang tepat terhadap persamaan kehilangan tekanan tersebut akan memberikan hasil perhitungan yang akurat. Pemilihan persamaan kehilangan tekanan tergantung pada diameter pipa, tekanan gas, serta jenis aliran gas dalam pipa. Untuk memperoleh hasil rancangan yang lebih akurat dan optimal, maka pada proses perancangan rencananya akan digunakan perangkat lunak simulasi sistem perpipaan. Perangkat lunak simulasi tersebut umumnya merupakan simulator multi fasa dan *steady-state* yang digunakan untuk analisis dan desain sistem produksi minyak dan gas. Perangkat lunak ini mampu melakukan pemodelan aliran multi fasa dari reservoir hingga kepala sumur serta mampu menganalisis kinerja aliran dan fasilitas pengolahan di permukaan untuk memperoleh analisis sistem produksi yang komprehensif. Dengan menggunakan pengembangan pemodelan algoritma yang canggih untuk analisis *nodal*, *PVT*, *gas lift*, serta pemodelan erosi dan korosi, perangkat lunak tersebut dapat digunakan

untuk memudahkan analisis dan perhitungan yang terkait dengan analisis kinerja produksi dan desain sumur, desain dan analisis sistem perpipaan dan fasilitas pengolahan serta analisis jaringan perpipaan yang komprehensif (Hermandinata, 2009).

2.5 Persamaan-Persamaan Aliran Fluida Gas

Persamaan aliran fluida gas yang digunakan merupakan persamaan aliran fluida gas untuk perencanaan sistem pipa distribusi gas bumi dan transmisi gas bumi. Berikut ini diuraikan lebih lanjut mengenai beberapa persamaan yang dapat digunakan untuk perencanaan sistem pipa transmisi dan distribusi gas bumi tersebut.

a. Persamaan Panhandle A

Persamaan Panhandle A lebih merefleksikan aliran gas pada pipa halus (*smooth pipes*). Dengan mengubah faktor efisiensi e sekitar 0,90, persamaan ini dapat mendekati keadaan aliran yang turbulen secara parsial (biasanya dengan asumsi $e = 0,92$). Persamaan ini dapat dipakai untuk sistem perpipaan dengan diameter besar (lebih dari 10 in) dan kapasitas alir (*flow rate*) yang tinggi serta aliran dengan nilai bilangan Reynold 4 juta – 40 juta. Bentuk persamaan Panhandle A adalah sebagai berikut :

$$Q = 435,87 \left(\frac{T_b}{P_b} \right)^{1,0788} e \cdot \left(\frac{P_1^2 - P_2^2 - H_c}{L \cdot G^{0,8538} T_a Z_a} \right)^{0,5394} D^{2,6182} \quad (2.3)$$

dengan :

- Q = flow rate gas (SCFD)
- e = efisiensi perpipaan
- L = panjang pipa (mil)
- D = diameter dalam pipa (in)
- Hc = faktor beda ketinggian pipa
- P1 = tekanan masuk (psia)
- P2 = tekanan keluar (psia)

P_b = base pressure (psia, biasanya 14,7 psia)

T_b = base temperature (540 oR)

T_a = temperatur aliran gas rata-rata (oR)

G = gravitasi spesifik gas (udara = 1,00)

Z_a = faktor kompresibilitas gas

Dalam satuan Sistem Internasional (SI), bentuk persamaan Panhandle A adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,0045965 \left(\frac{T_b}{P_b}\right)^{1,0788} e \cdot \left(\frac{P_1^2 - P_2^2 - H_c}{L \cdot G^{0,8538} T_a Z_a}\right)^{0,5394} D^{2,6182} \quad (2.4)$$

Dengan :

Q = flow rate gas (m³/day)

e = efisiensi perpipaan

L = panjang pipa (km)

D = diameter dalam pipa (mm)

H_c = faktor beda ketinggian pipa

P_1 = tekanan masuk (kPa, absolut)

P_2 = tekanan keluar (kPa, absolut)

P_b = base pressure (kPa, absolut)

T_b = base temperature (K)

T_a = temperatur aliran gas rata-rata (K)

G = gravitasi spesifik gas (udara = 1,00)

Z_a = faktor kompresibilitas gas

b. Persamaan Panhandle B

Persamaan Panhandle B yang merupakan revisi dari persamaan Panhandle A merupakan persamaan yang lebih mendekati keadaan aliran yang turbulen secara penuh. Persamaan ini lebih banyak dipakai untuk *long transmission line*, *large diameter line* (diameter pipa lebih dari 10 in) dan aliran dengan nilai bilangan Reynold 4 juta – 40 juta. Bentuk persamaan Panhandle B adalah sebagai berikut:

$$Q = 737 \left(\frac{T_b}{P_b}\right)^{1,02} e \cdot \left(\frac{P_1^2 - P_2^2 - H_c}{L \cdot G^{0,961} T_a Z_a}\right)^{0,51} D^{2,53} \quad (2.5)$$

Dengan :

Q = flow rate gas (SCFD)

e = efisiensi perpipaan

L = panjang pipa (mil)

D = diameter dalam pipa (in)

Hc = faktor beda ketinggian pipa

P1 = tekanan masuk (psia)

P2 = tekanan keluar (psia)

Pb = base pressure (psia, biasanya 14,7 psia)

Tb = base temperature (540 oR)

Ta = temperatur aliran gas rata-rata (oR)

G = gravitasi spesifik gas (udara = 1,00)

Za = faktor kompresibilitas gas

Dalam satuan SI, bentuk persamaan Panhandle B adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,010019 \left(\frac{T_b}{P_b} \right)^{1,02} e \cdot \left(\frac{P_1^2 - P_2^2 - H_c}{L \cdot G^{0,961} T_a Z_a} \right)^{0,51} D^{2,53} \quad (2.6)$$

Dengan :

Q = flow rate gas (m³/day)

e = efisiensi perpipaan

L = panjang pipa (km)

D = diameter dalam pipa (mm)

Hc = faktor beda ketinggian pipa

P1 = tekanan masuk (kPa, absolut)

P2 = tekanan keluar (kPa, absolut)

Pb = base pressure (kPa, absolut)

Tb = base temperature (K)

Ta = temperatur aliran gas rata-rata (K)

G = gravitasi spesifik gas (udara = 1,00)

Za = faktor kompresibilitas gas

c. Persamaan Weymouth

Persamaan Weymouth biasa digunakan untuk menghitung keadaan aliran dan tekanan pada *gas gathering system*. Persamaan Weymouth ini biasanya digunakan untuk laju alir gas yang rendah seperti untuk jaringan pipa distribusi gas bumi. Persamaan ini tidak menggunakan faktor friksi atau faktor transmisi secara langsung, tetapi menggunakan faktor efisiensi perpipaan. Bentuk persamaan Weymouth adalah sebagai berikut :

$$Q = 433,49 \left(\frac{T_b}{T_a} \right) e \cdot \left(\frac{P_1^2 - P_2^2 - H_c}{LGT_a Z_a} \right)^{0,5} D^{8/3} \quad (2.7)$$

Dengan :

Q = flow rate gas (SCFD atau m³/day)

e = efisiensi perpipaan

L = panjang pipa (mil atau km)

D = diameter dalam pipa (in atau mm)

H_c = faktor beda ketinggian pipa

P₁ = tekanan masuk (psia atau kPa)

P₂ = tekanan keluar (psia atau kPa)

P_b = base pressure (psia, biasanya 14,7 psia atau kPa)

T_b = base temperature (540 oR atau K)

T_a = temperatur aliran gas rata-rata (oR atau K)

G = gravitasi spesifik gas (udara = 1,00)

Z_a = faktor kompresibilitas gas

d. Persamaan Polyflow

Persamaan Polyflow digunakan untuk menghitung dimensi pipa polyethylene (PE) pada kondisi tekanan gas menengah (0,1 – 4 bar). Persamaan ini merupakan persamaan turunan dari persamaan pokok aliran, hanya saja nilai friksi untuk pipa PE sangat kecil mengingat permukaan dalam pipa PE dapat dibuat licin (*smooth*).

Bentuk persamaan Polyflow adalah sebagai berikut :

$$Q = \left(\frac{6,44(p_1^2 - p_2^2) D^{4,848}}{S^{0,848} L T} \right)^{0,541} \quad (2.8)$$

dengan :

- Q = kapasitas alir gas (SCMH)
 P1 = tekanan masuk (bar absolut)
 P2 = tekanan keluar (bar absolut)
 D = diameter pipa (mm)
 S = gravitasi spesifik
 L = panjang pipa (m)
 T = temperatur (K)

e. Persamaan Poles

Persamaan Poles digunakan untuk menghitung dimensi pipa polyethylene (PE) pada kondisi tekanan gas tekanan rendah, 0,1 Bar. Sebagaimana persamaan Polyflow, persamaan Poles juga merupakan persamaan turunan dari persamaan pokok aliran, hanya saja nilai friksi untuk pipa PE sangat kecil mengingat permukaan dalam pipa PE dapat dibuat licin (*smooth*). Bentuk persamaan Poles adalah sebagai berikut :

$$Q = 7,1 \times 10^{-3} \sqrt{\frac{(p_1 - p_2) D^5}{S \cdot L}}$$

- Q = kapasitas alir gas (SCMH)
 P1 = tekanan masuk (mbar gauge)
 P2 = tekanan keluar (mbar gauge)
 D = diameter pipa (mm)
 S = gravitasi spesifik
 L = panjang pipa (m)

2.6 Simulator Perpipa

PIPESIM adalah *simulator* aliran *multiphase* dan *steady state* yang digunakan untuk desain dan analisis sistem produksi minyak dan gas bumi. PIPESIM juga digunakan untuk menganalisis *flowline* dan kinerja *surface facility* untuk menghasilkan sistem analisis produksi yang komprehensif. PIPESIM adalah program yang dikembangkan oleh Baker Jardine & Associates, London. *Simulator* ini memungkinkan untuk memprediksi hubungan antara *flowrates*, penurunan tekanan, dan geometri pipa (panjang, diameter, sudut, dll) untuk fluida yang

dihasilkan dari reservoir/sumber lainnya. Berikut ini merupakan sistem yang dapat dianalisis dengan menggunakan simulator PIPESIM :

- *Well Performances Analysis*

Jenis-jenis aplikasi yang dapat dianalisis pada bagian ini antara lain adalah desain, optimasi dan pemodelan kinerja sumur (*well*), desain dan pemodelan kinerja *gas lift*, pemodelan sumur horizontal, desain injeksi sumur, pemodelan sensitivitas desain sumur.

- *Pipeline and Facilities*

Jenis-jenis aplikasi yang dapat dianalisis pada bagian ini antara lain adalah aliran multiphase pada perpipaan, persebaran profil tekanan dan temperatur, perhitungan koefisien transfer panas, pemodelan kinerja peralatan perpipaan, pemodelan sensitivitas desain perpipaan.

- *Multi-lateral (HoSim)*

HoSim didesain untuk pemodelan detail pada sumur horizontal dan heterogen.

- *Network Analysis*

Jenis-jenis aplikasi yang dapat dianalisis pada bagian ini antara lain adalah algoritma pemodelan sumur untuk jaringan yang kompleks, kemampuan jaringan perpipaan, pemodelan kemampuan kinerja sumur, pemodelan *gas lift* untuk jaringan yang kompleks, *gathering* dan jaringan distribusi.

- *Production Optimization (GOAL)*

Bagian ini digunakan untuk pengoptimalan produksi *gas lift* lapangan minyak dan memprediksi kondisi optimum dari kuantitas *gas lift*.

- *Field Planning Tool (FPT)*

FPT digunakan untuk pemodelan reservoir.

2.7 Analytic Hierarchy Process (AHP)

AHP adalah sebuah kerangka untuk mengambil keputusan dengan efektif atas persoalan yang kompleks dengan menyederhanakan dan mempercepat proses pengambilan keputusan dengan memecahkan persoalan tersebut ke dalam bagian-bagiannya, menata bagian atau variabel ini dalam suatu susunan hirarki, memberi nilai numerik pada pertimbangan subjektif tentang pentingnya tiap variabel dan

mensintesis berbagai pertimbangan subjektif tentang pentingnya tiap variabel dan mensintesis berbagai pertimbangan ini untuk menetapkan variabel dan mensintesis berbagai pertimbangan ini untuk menetapkan variabel yang mana yang memiliki prioritas paling tinggi dan bertindak untuk mempengaruhi hasil pada situasi tersebut (SAATY, 1993).

Metode AHP ini membantu memecahkan persoalan yang kompleks dengan mengelompokkan suatu hirarki kriteria, pihak yang berkepentingan, hasil dan dengan menarik berbagai pertimbangan guna mengembangkan bobot atau prioritas. Metode ini juga menggabungkan kekuatan dari perasaan dan logika yang bersangkutan pada berbagai persoalan, lalu mensintesis berbagai pertimbangan yang beragam menjadi hasil yang cocok dengan perkiraan kita secara intuitif sebagaimana yang dipresentasikan pada pertimbangan yang telah dibuat.

1. Menyusun Hirarki

Menurut Saaty, ada tiga prinsip dalam memecahkan persoalan dengan AHP, yaitu prinsip menyusun hirarki (Decomposition), prinsip menentukan prioritas (Comperative judgement), dan prinsip konsistensi logis (Logical Consistency). Hirarki yang dimaksud adalah hirarki dari permasalahan yang akan dipecahkan untuk mempertimbangkan kriteria-kriteria atau komponen-komponen yang mendukung pencapaian tujuan. Dalam proses menentukan tujuan dan hirarki tujuan, perlu diperhatikan apakah kumpulan tujuan beserta kriteria yang bersangkutan tepat untuk persoalan yang dihadapi. Dalam memilih kriteria-kriteria pada setiap masalah pengambilan keputusan perlu memperhatikan kriteria-kriteria sebagai berikut :

a. Lengkap

Kriteria harus lengkap sehingga mencakup semua aspek yang penting, yang digunakan dalam mengambil keputusan untuk pencapaian tujuan.

b. Operasional

Operasional dalam artian bahwa setiap kriteria ini harus mempunyai arti bagi pengambil keputusan, sehingga benar-benar dapat menghayati terhadap alternatif yang ada, disamping terhadap sarana untuk membantu penjelasan alat berkomunikasi,

c. Tidak berlebihan

Menghindari adanya kriteria yang pada dasarnya mengandung pengertian sama.

d. Minimum

Diusahakan agar jumlah kriteria seminimal mungkin untuk mempermudah pemahaman terhadap persoalan, serta menyederhanakan persoalan dalam analisis.

2. Decomposition

Setelah persoalan didefinisikan, maka perlu dilakukan decomposition yaitu memecah persoalan yang utuh menjadi unsur-unsurnya. Jika ingin mendapatkan hasil yang akurat, pemecahan juga dilakukan terhadap unsur-unsur sampai tidak mungkin dilakukan pemecahan lebih lanjut, sehingga didapatkan beberapa tingkatan dari persoalan tadi. Karena alasan ini, maka proses analisis ini dinamakan hirarki. Ada dua jenis hirarki, yaitu hirarki lengkap dan hirarki tidak lengkap, semua elemen pada semua tingkat memiliki semua elemen yang ada pada tingkat berikutnya. Jika tidak demikian maka dinamakan hirarki tidak lengkap.

3. Membuat Judgement (*Comparatif Judgement*)

Prinsip ini berarti membuat penilaian tentang kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu yang dalam kaitannya dengan tingkat di atasnya. Penilaian ini merupakan inti dari AHP, karena ia akan berpengaruh terhadap prioritas elemen-elemen. Hasil dari penilaian ini akan tampak lebih enak bila disajikan dalam bentuk matriks yang dinamakan matriks pairwise comparison.

Agar diperoleh skala yang bermanfaat ketika membandingkan dua elemen, seseorang yang akan memberikan jawaban perlu pengertian menyeluruh tentang elemen-elemen yang membandingkan dan relevansinya terhadap kriteria atau tujuan yang dipelajari.

Dalam menentukan skala kepentingan mengacu pada skala komparasi dari Saaty, yang di tunjukkan pada Tabel 2.7 sebagai berikut :

Tabel 2.7 Skala Kepentingan

Intensitas Kepentingan	Keterangan	Penjelasan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen menyumbang sama besar pada sifat itu
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya	Pengalaman dan pertimbangan sedikit menyokong satu elemen atas yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada elemen yang lainnya	Pengalaman dan pertimbangan kuat menyokong satu elemen atas yang lainnya
7	Satu elemen jelas lebih penting dari pada elemen lainnya	Satu elemen dengan kuat disokong dari dominannya telah terlihat dalam praktik
9	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya	Bukti yang menyokong elemen yang satu atas yang lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan	
Kebalikan	Jika untuk aktivitas i mendapat satu angka dibandingkan dengan aktivitas j, maka j mempun yai kebalikannya dibanding dengan i	

4. Melakukan Sintesis atau Menghitung Prioritas (*Synthesis of Priority*)

Dari setiap matriks pairwise comparison kemudian dicari eigenvectornya untuk mendapatkan local priority. Karena matriks pairwise comparison terdapat pada setiap tingkat, maka untuk mendapatkan global priority harus dilakukan sintesis diantara local priority. Prosedur melakukan sintesis berbeda menurut bentuk hirarki. Pengurutan elemen-elemen menurut kepentingan relatif melalui prosedur sintesis dinamakan priority setting

5. Mengukur Konsistensi (Logical Consistency)

Konsistensi memiliki dua makna, pertama adalah objek-objek yang serupa dapat dikelompokkan sesuai dengan keseragaman dan relevansi. Arti kedua adalah menyangkut tingkat hubungan antara objek-objek yang didasarkan pada kriteria tertentu.

2.8 Gas Bumi Kota Depok

2.8.1 Profil Kota Depok

Secara geografis Kota Depok terletak pada koordinat $6^{\circ} 19'00''$ - $6^{\circ} 28'00''$ Lintang Selatan dan $106^{\circ}43'00''$ - $106^{\circ}55'30''$ Bujur Timur. Bentang alam Depok dari Selatan ke utara merupakan daerah daratan rendah – perbukitan bergelombang lemah, dengan elevasi antara 50-140 meter diatas permukaan laut dan kemiringan lerengnya kurang dari 15 persen. Kota Depok sebagai salah satu wilayah termuda di Jawa Barat, mempunyai luas wilayah sekitar 200,29 Km².

Wilayah Kota Depok berbatasan dengan tiga Kabupaten dan satu Provinsi. Secara lengkap wilayah ini mempunyai batas-batas sebagai berikut :

- a. Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Ciputat Kabupaten Tangerang dan wilayah Daerah khusus Ibukota Jakarta
- b. Sebelah Timurbatasan dengan Kecamatan Pondok Gede Kota Bekasi dan Kecamatan Gunung Putri Kabupaten Bogor
- c. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Cibinong dan Kecamatan Bojonggede Kabupaten Bogor
- d. Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Parung dan Kecamatan Gunungsindur Kabupaten Bogor.

Letak Kota Depok sangat strategis, diapit oleh Kota Jakarta dan Kota Bogor. Hal ini menyebabkan Kota Depok semakin tumbuh dengan pesat seiring dengan meningkatnya perkembangan jaringan transportasi yang tersinkronisasi secara regional dengan kota-kota lainnya. Jumlah Penduduk, Luas Wilayah, dan Kepadatan Penduduk Menurut Kecamatan di Kota Depok 2010.

Data jumlah penduduk, kepadatan penduduk dan jumlah rumah tangga Kota Depok dapat dilihat pada Tabel 2.8. Berdasarkan jumlah penduduk, tiga kecamatan dengan jumlah penduduk terbesar hingga terkecil adalah Kecamatan Cimanggis, Sukmajaya dan Tapos. Berdasarkan kepadatan penduduk, 3 kecamatan dengan kepadatan penduduk terbesar hingga terkecil adalah Kecamatan Sukmajaya, Pancoran Mas dan Beji.

Tabel 2.8 Kepadatan Penduduk Kota Depok

Kecamatan/District	Jumlah Penduduk(Jiwa)	Luas Wilayah/Region Area (km ²)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/km ²)
Sawangan	123.356	26,13	4.721
Bojongsari	99.768	19,56	5.101
Pancoran Mas	210.204	18,17	11.568
Cipayung	127.707	11,66	10.953
Sukmajaya	232.895	17,99	12.945
Cilodong	123.713	16,14	7.666
Cimanggis	242.214	21,30	11.374
Tapos	216.581	32,24	6.717
Beji	164.682	14,30	11.516
Limo	87.615	12,12	7.226
Cinere	107.830	10,68	10.101
Kota Depok	1.736.565	200,29	10.101

Sumber : Kota Depok dalam angka 2010

2.8.2 Pemakaian Gas Bumi

Sumber gas bumi untuk jaringan pipa distribusi gas bumi di Kota Depok adalah sumber gas bumi dari pipa transmisi PT Pertamina Gas. Jaringan pipa distribusi gas bumi yang sudah ada di Kota Depok terletak di Kecamatan Beji. Kapasitas aliran gas yang masuk ke *Metering Regulator Station* (MR/S) dari pipa transmisi sebesar 415 mmscfd. Aliran gas ini mempunyai tekanan *upstream* sebesar 14 bar, dan mempunyai tekanan *downstream* 2,2 bar. Gas bumi ini mempunyai temperatur rata-rata sebesar 80,675 °F. Penggunaan gas bumi ini dapat diketahui dengan menghitung selisih dari kapasitas aliran gas bumi. Pemakaian rata-rata gas bumi di Kecamatan Beji dalam sehari adalah sekitar 628,6 m³. Pemakaian gas bumi ini sering dilakukan pada jam 05.00 sampai jam 20.00. Konsumsi gas bumi berbeda tiap jamnya. Gas bumi banyak dipakai pada jam-jam tertentu, yaitu pada jam 06.00 sampai dengan jam 12.00, dan mulai banyak lagi pada jam 16.00 sampai dengan 18.00.

Berikut merupakan data pemakaian gas di Kecamatan Beji, Kota Depok rata-rata perhari pada Bulan Mei 2012 ini dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Data Pemakaian Gas Bumi Kecamatan Beji, Kota Depok

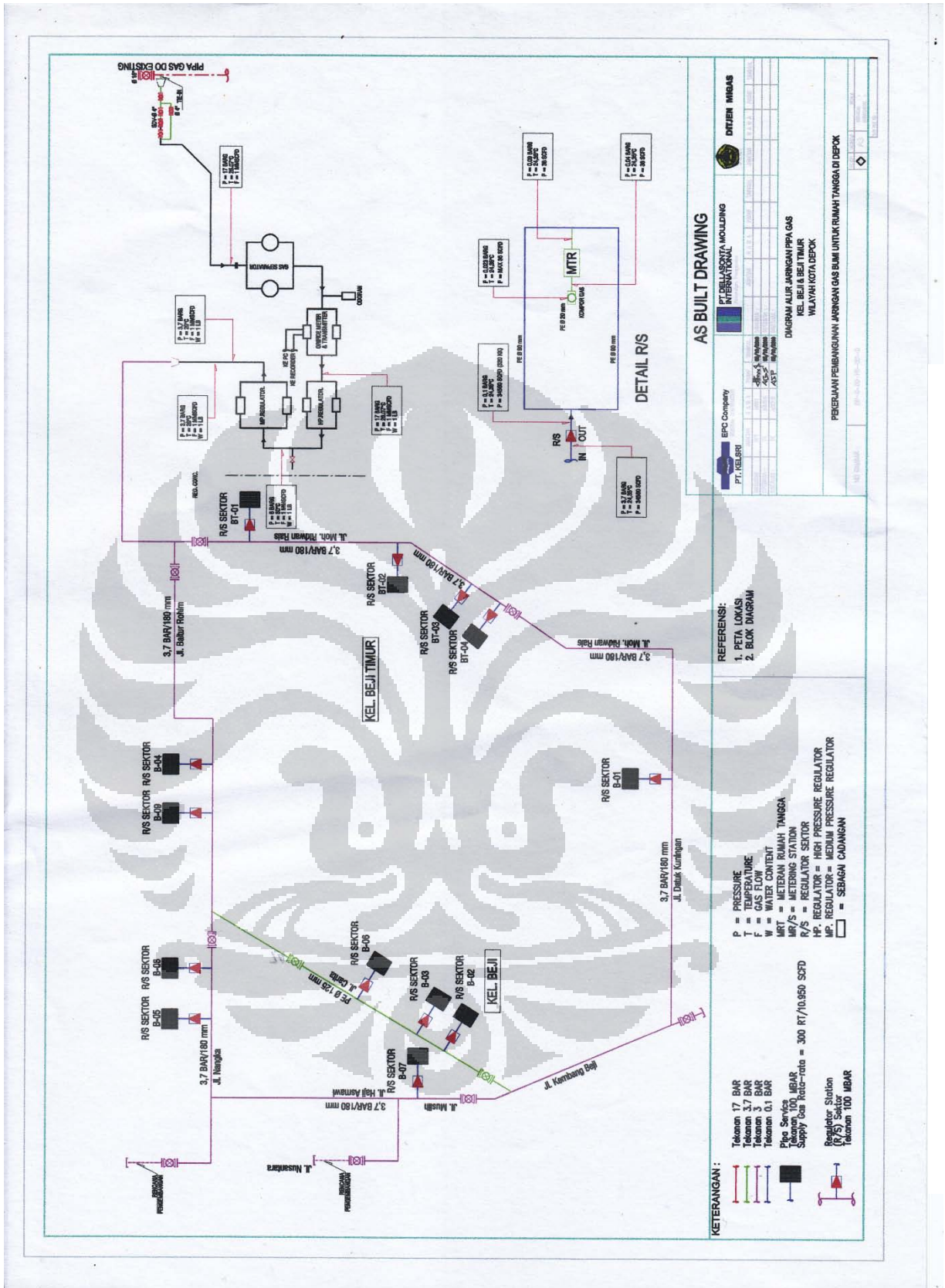
Jam	Counter (m ³)	Selisih (m ³)	Pressure (bar)		Temperatur (F)
			Upstream	Downstr	
00.00	144635,3	-	-	-	-
01.00	144641,1	5,8	14,0	2,2	77,9
02.00	144645,6	4,5	14,0	2,2	77,6
03.00	144651,3	5,7	14,0	2,2	77,6
04.00	144660,5	9,2	14,0	2,2	77,7
05.00	144687,6	27,1	14,0	2,2	77,9
06.00	144737,6	50,0	14,0	2,2	78,8
07.00	144793,8	56,2	14,0	2,2	79,1
08.00	144839,1	45,3	13,8	2,2	80,4
09.00	144884,3	45,2	13,9	2,2	81,3
10.00	144928,4	44,1	13,7	2,2	87,4
11.00	144967,7	39,3	13,6	2,2	92,4
12.00	145001,1	33,4	13,6	2,2	93,0
13.00	145026,6	25,5	13,7	2,2	90,0
14.00	145049,5	22,9	13,7	2,2	82,9
15.00	145073,4	23,9	13,8	2,2	80,5
16.00	145105	31,6	14,1	2,2	79,1
17.00	145142,1	37,1	14,5	2,2	78,9
18.00	14175,1	33,0	14,3	2,2	78,7
19.00	145199,5	24,4	14,5	2,2	77,9
20.00	145221,7	22,2	14,5	2,2	77,7
21.00	145238,2	16,5	14,2	2,2	77,5
22.00	145248,5	10,3	14	2,2	77
23.00	145257,8	9,3	14	2,2	77,1
24.00	145263,9	6,1	14,1	2,2	77,8
Total	3479439,4	628,6	336	52,8	1936
Rata2 perjam	26,192	26,192	14,000	2,2	80,675

Sumber : PT. Jabar Energi

2.8.3 Jaringan Eksisting Gas Bumi

Gas Bumi sebelum masuk ke rumah tangga, melalui beberapa tahap jaringan. Gas dari *tapping out* menuju *Metering Regulator Station* (MR/S), kemudian Regulator Sektor (R/S) dan terakhir di Meteran Rumah Tangga (MRT). Tekanan gas di Jaringan Transmisi sangat tinggi, yaitu lebih dari 20 bar. Tekanan tersebut di turunkan agar gas bertekanan rendah dan dapat digunakan untuk rumah tangga dengan aman. Tekanan gas diturunkan di setiap bagian, yaitu bagian MR/S, R/S, dan MRT. Pada bagian MR/S, gas masuk dengan tekanan 17 Bar dan temperatur 26,07 °C. Gas masuk menuju separator kemudian gas di ukur dengan menggunakan turbin meter. Kemudian gas masuk menuju *High Pressure Regulator* dan *Medium Pressure Regulator* untuk di turunkan tekanannya sehingga diperoleh tekanan sebesar 3,7 bar, dan temperatur 20 °C. Gas dari MR/S kemudian menuju R/S untuk di turunkan tekanannya. Tekanan keluaran dari R/S yaitu sebesar 0,1 Bar dan mempunyai temperatur sebesar 24,35 °C. Jaringan gas di Kecamatan Beji ini mempunyai 13 R/S. Setelah dari R/S kemudian gas mengalir menuju ke Meteran Rumah tangga. Tekanan keluaran dari Meteran Rumah Tangga sebesar 0.023 Bar, dan mempunyai suhu 24,35 °C . Dengan tekanan gas ini maka gas bisa digunakan untuk kebutuhan energi rumah tangga dengan aman. Pipa yang digunakan pada jaringan distribusi gas ini ada dua jenis, yaitu berasal dari *carbon steel* dan *polyethylene*. Pipa *carbon steel* digunakan untuk pipa di jaringan MR/S. Sedangkan untuk pipa *polyethylene* digunakan pada pipa di jaringan R/S sampai MRT. Ukuran diameter pipa yang digunakan di jaringan ini adalah 180 mm, 125 mm, 90 mm, dan 20 mm. Pipa dengan ukuran diameter 180 mm dan 125 mm di gunakan pada jaringan pipa di R/S, sedangkan untuk jaringan pipa di meteran rumah tangga menggunakan pipa dengan ukuran diameter 90 mm dan 20 mm.

Berikut ini merupakan gambar eksisting gas untuk rumah tangga yang ada di kelurahan Beji dan Beji Timur, Kecamatan Beji, Depok.



Gambar 2.6 Eksisting Jaringan Distribusi Gas di Kelurahan Beji dan Beji Timur

2.8.4 Komposisi Eksisting Gas Bumi

Data komposisi gas bumi yang digunakan di kelurahan Beji dan Beji Timur, Kecamatan Beji, Depok dapat dilihat pada Tabel 2.10. Berdasarkan komposisi (fraksi), komponen yang mempunyai komposisi paling besar adalah Metana (C_1H_4). Sedangkan untuk komponen yang mempunyai komposisi yang terkecil adalah normal Pentana ($n-C_5H_{12}$).

Tabel 2.10 Komposisi Gas Bumi

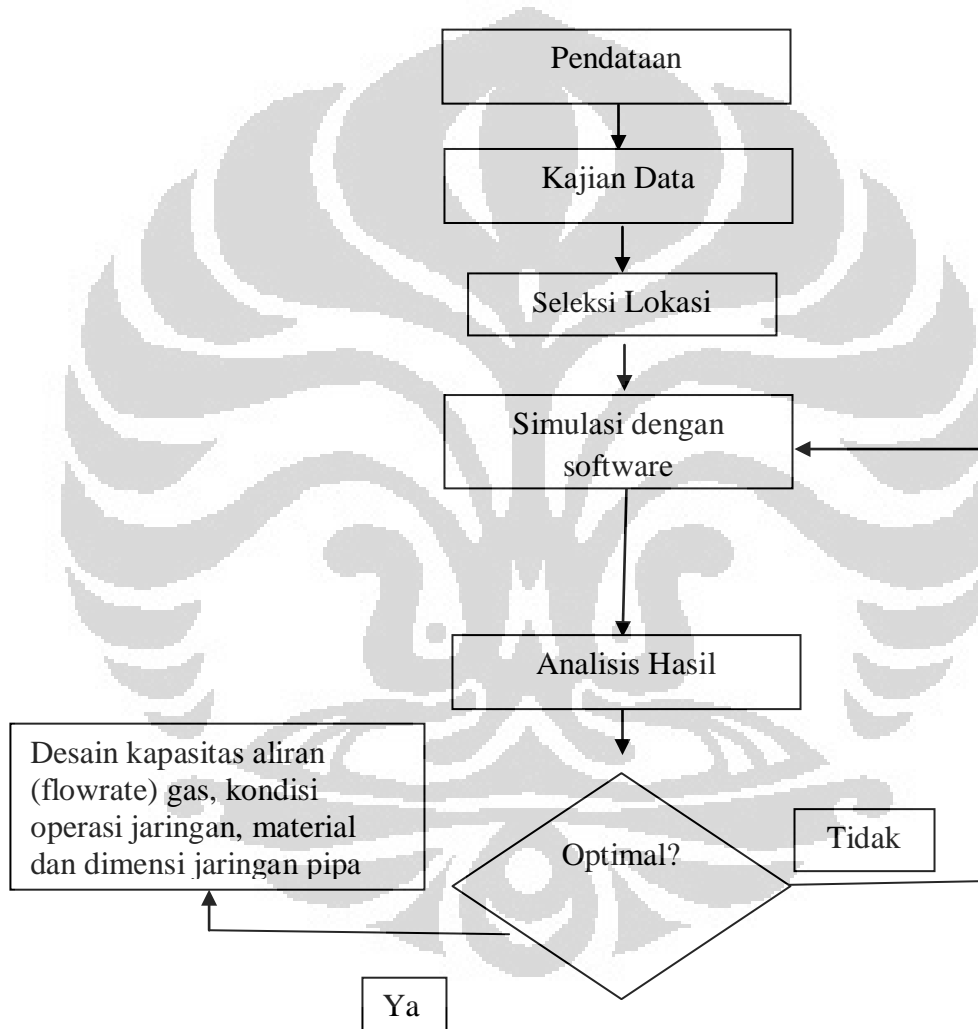
Komponen	Komposisi (Fraksi)
N_2	0,0576
CO_2	0,1138
C_1H_4	0,7712
C_2H_6	0,0268
C_3H_8	0,0176
$n-C_4H_{10}$	0,0038
$i-C_4H_{10}$	0,0038
$n-C_5H_{12}$	0,,0010
$i-C_5H_{12}$	0,0016
C_6H_{14+}	0,0028
Total	1,0000

Sumber : PT. Jabar Energi

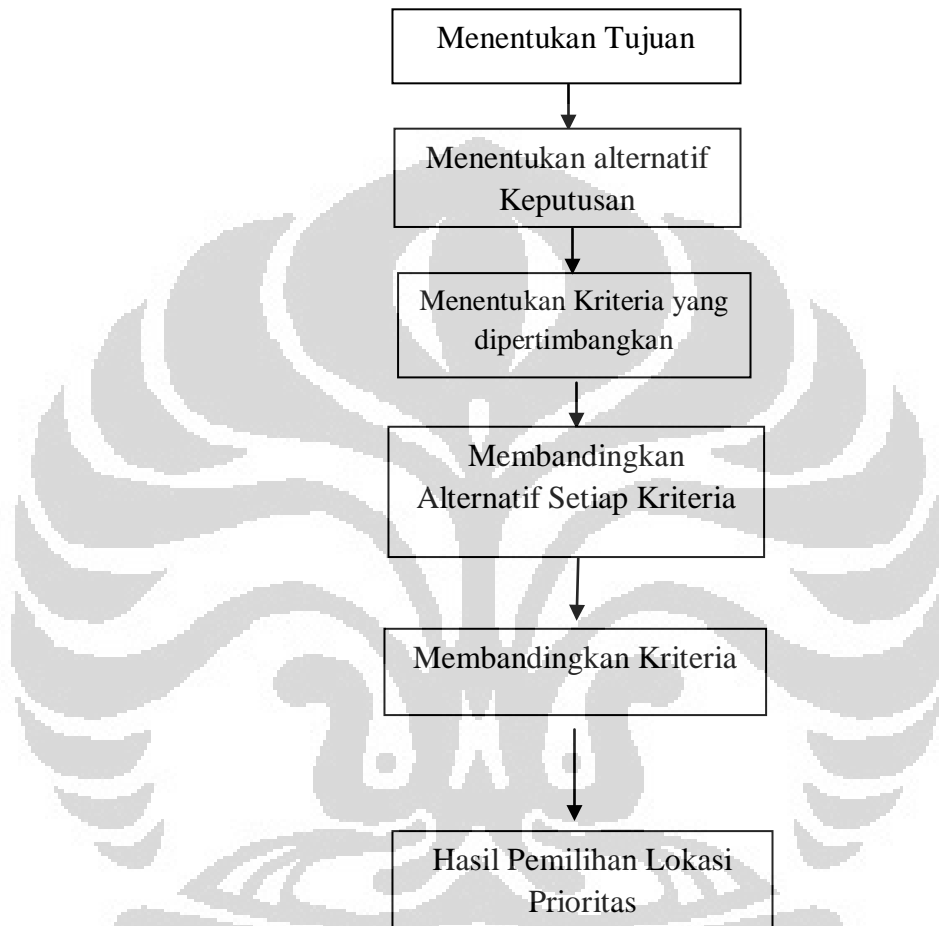
BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Keseluruhan metodologi yang akan diterapkan dalam proses perancangan digambarkan menjadi suatu diagram alir metodologi sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3.1. Diagram alir pemilihan lokasi dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Pemilihan Lokasi

3.2 Pendataan

3.2.1 Jenis Data

Adapun jenis data yang diperlukan untuk membuat simulasi jaringan pipa distribusi gas bumi di Kota Depok antara lain adalah sebagai berikut :

1. Data-data jumlah sumber/potensi pasokan seperti data lokasi, jumlah pasokan, spesifikasi gas bumi dan tekanan gas bumi, kondisi topografi, jarak sumber pasokan ke konsumen serta infrastruktur eksisting.
2. Data-data terkait dengan potensi konsumen seperti jumlah penduduk dan kepadatan penduduk serta sebarannya, jumlah rumah tangga.
3. Data Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Depok
Data ini digunakan untuk memperkirakan perkembangan Kota Depok dimasa mendatang.
4. Data fasilitas kota meliputi jalan, dan jalur pipa distribusi gas yang telah ada.
Data ini digunakan dalam pertimbangan pembuatan jalur pipa distribusi gas. Dalam pembuatan jaringan pipa gas distribusi memperhatikan jaringan yang telah ada.
5. Data tentang piranti lunak *Piping Simulator*.
6. Data standar komposisi gas, nilai kalor bahan bakar.

3.2.2 Sumber Data

Data-data tersebut di atas diperoleh selain melalui survei langsung ke lapangan juga diperoleh dari berbagai sumber antara lain BPH Migas, Ditjen Migas, Bappeda Kota Depok, BPS Kota Depok, *stakeholder* seperti PT. Jabar Energi, PT. Pertamina (Persero), PT. PGN, serta perusahaan-perusahaan swasta yang terkait.

3.2.3 Teknik Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu :

- a. Data primer diperoleh dari lapangan dan simulasi dengan menggunakan *piping simulator*.

- b. Data Sekunder, merupakan data yang diperoleh berdasarkan dokumen-dokumen atau peta yang telah ada di instansi pemerintahan serta sumber dari data terdahulu yang berkaitan dengan perancangan jaringan pipa distribusi gas bumi untuk rumah tangga. Data sekunder ini meliputi data kependudukan Kota Depok, peta wilayah Kota Depok, dan data-data lain yang berkaitan.

Analisis dilakukan dengan menolah data-data yang telah diperoleh, baik survey dilapangan, maupun dengan menggunakan simulasi, kemudian disesuaikan dengan data pustaka. Analisis terhadap data primer maupun sekunder meliputi:

- a. Analisis Suplai
Analisis suplai dilakukan untuk mengetahui berapa banyak gas yang tersedia dan besarnya tekanan yang diperlukan untuk rumah tangga.
- b. Analisis Permintaan
Analisis permintaan dilakukan untuk mengetahui berapa besar kebutuhan gas pada wilayah tersebut

3.3 Kajian Data

Kajian Data dalam metodologi ini meliputi analisis dan evaluasi terhadap data-data yang telah diperoleh menjadi suatu hasil kajian yang sesuai dengan maksud dan tujuan dari kegiatan ini. Kajian Data dalam kegiatan ini meliputi seleksi lokasi prioritas.

3.3.1 Seleksi Lokasi

Dalam pengembangan jaringan distribusi gas bumi ini diprioritaskan untuk lokasi yang dianggap paling berpotensi. Penentuan lokasi yang menjadi prioritas pengembangan berdasarkan dengan pertimbangan faktor-faktor potensi. Masing-masing lokasi mempunyai kekuatan dalam potensi pengembangan. Faktor kekuatan atau potensi yang menjadi pertimbangan meliputi:

- Potensi sumber pasokan gas, dimana harus tersedia sumber-sumber gas dalam jumlah yang cukup untuk memasok kebutuhan gas kota pada lokasi pengembangan jaringan pipa.

- Potensi konsumen gas kota pada lokasi potensial terpilih. Hal ini dapat diketahui berdasarkan jumlah dan kepadatan penduduknya.
- Kondisi teknis yang ada pada jalur pipa distribusi gas bumi, seperti perlintasan-perlintasan, kontur rupa bumi di rute jaringan gas bumi.
- Jarak pasokan terhadap sentra konsumen.

Pemilihan lokasi pengembangan jaringan pipa gas bumi bertujuan untuk menentukan lokasi penempatan yang tepat. Pemilihan lokasi didasarkan pada analisis masing-masing alternatif lokasi.

Lokasi prioritas merupakan suatu wilayah kelurahan yang dipilih sebagai obyek lokasi dalam pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi. Kelurahan ini dipilih berdasarkan pertimbangan tertentu. Penentuan lokasi prioritas ini memerlukan adanya Identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh pada pemilihan prioritas lokasi pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi dan membandingkan antara kelurahan satu dengan kelurahan lainnya. Penentuan lokasi prioritas ini menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process (AHP)*.

Dalam pemodelan untuk menentukan lokasi prioritas menggunakan software AHP. Software merupakan software yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah berdasarkan AHP. Terdapat beberapa tahapan dalam penentuan lokasi prioritas dengan software AHP. Tahapan-tahapan tersebut adalah :

1. Menentukan Tujuan

Tujuan yang akan di cari dalam pemodelan ini yaitu : lokasi prioritas.

2. Menentukan Alternatif Keputusan

Terdapat tujuh alternatif dalam pemodelan ini. Alternatif ini merupakan kelurahan yang ada di Kota Depok. Alternatif tersebut adalah Kelurahan Beji, Kukusan, Pondok Cina, Kemiri Muka, Depok, Depok Jaya. Pemilihan alternatif ini berdasakan kedekatan dengan jaringan pipa eksisting yang ada di Depok.

3. Menentukan Kriteria yang ingin dipertimbangkan

Dalam pemodelan ini terdapat tiga kriteria dan dua sub kriteria, kriteria tersebut adalah :

a. Potensi konsumen

Dalam pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi untuk rumah tangga perlu mempertimbangkan potensi konsumen. Pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi diprioritaskan pada lokasi dengan potensi konsumen yang lebih baik daripada lokasi lainnya. Variabel potensi konsumen terdiri dari tiga sub variabel, yaitu sub variabel kepadatan penduduk, jumlah rumah tangga dan jumlah penduduk yang tinggi. Penggunaan sub variabel kepadatan penduduk, jumlah penduduk dan jumlah rumah tangga dalam hal ini bertujuan agar dapat dihasilkan sistem jaringan distribusi gas bumi yang efektif dan efisien, karena berpeluang mempunyai market yang tinggi. Semakin banyak kepadatan penduduk, jumlah rumah tangga dan jumlah penduduk di suatu lokasi, semakin mempunyai nilai lebih dalam prioritas pengembangan jaringan.

b. Jarak sumber pasokan

Dalam penentuan lokasi prioritas pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi untuk rumah tangga perlu mempertimbangkan kriteria jarak sumber pasokan. Jarak sumber pasokan berkaitan dengan kemudahan dalam perancangan jaringan dan keekonomian dalam pengembangan. Pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi diprioritaskan pada lokasi dengan potensi sumber pasokan yang lebih baik daripada lokasi lainnya. Lokasi yang dengan potensi sumber pasokan yang lebih baik yaitu lokasi yang mempunyai jarak yang lebih dekat dari sumber pasokan atau jaringan eksisting.

c. Teknis

Dalam penentuan lokasi prioritas pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi untuk rumah tangga perlu mempertimbangkan kriteria teknis. Setiap lokasi mempunyai tingkat kesulitan teknis yang berbeda-beda. Kriteria teknis ini berupa hambatan-hambatan yang ada

pada saat pembuatan jaringan pipa distribusi gas. Kriteria ini seperti jalur pipa yang melintasi jalan raya, jalur pipa yang melintas rel kereta api, jalur pipa yang melintas sungai, dan lain-lain. Pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi diprioritaskan pada lokasi dengan faktor teknis yang lebih baik daripada lokasi lainnya. Kriteria teknis yang lebih baik yaitu kriteria yang mempunyai sedikit hambatan dalam teknis pembuatan jalur pipa, atau bahkan yang tidak mempunyai hambatan teknis dalam pembuatan jalur pipa.

4. Membandingkan alternatif setiap kriteria

Pada tahap ini, ketujuh alternatif dibandingkan di tiap kriteria.

5. Membandingkan Kriteria

Tahap ini untuk menentukan seberapa penting suatu kriteria dibandingkan dengan kriteria yang lain.

3.4 Simulasi dengan *Software*

Penggambaran Flowsheet sistem perpipaan menggunakan piranti lunak *Piping simulator*. Pada tahap awal simulasi, memasukkan satuan laju alir, memasukkan komposisi gas dan dimasukkan data pipa yang digunakan. Kemudian, jaringan dibuat berdasarkan rute. Variasi yang dilakukan dalam simulasi ini adalah ukuran dan panjang pipa yang digunakan. Langkah berikutnya yaitu menganalisis tekanan akhir yang masuk ke setiap rumah, serta pendistribusian volume gas yang digunakan.

BAB 4 PEMBAHASAN

4.1 Pemilihan Lokasi Prioritas

4.1.1 Perbandingan untuk Lokasi Prioritas

1. Membandingkan alternatif setiap kriteria

Pada tahap ini, ketujuh alternatif dibandingkan di tiap kriteria. Penilaian untuk membandingkan antara alternatif di tiap kriteria ini berdasarkan data yang ada. Alternatif yang lebih penting diberi poin yang lebih besar. Urutan kepentingan dari alternatif yang ada dapat dilihat pada Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3 di bawah ini:

Tabel 4.1 Urutan Kepentingan untuk Kriteria Potensi Konsumen

Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Peringkat kepentingan	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Km ²)	Peringkat kepentingan	Jumlah Rumah Tangga	Peringkat kepentingan
Beji	48.719	1	22.974	1	15.056	1
Tanah Baru	34.918	4	10.031	5	6.151	4
Kukusan	25.782	5	7.849	6	4.817	5
Pondok Cina	15.661	7	6.580	7	3.414	7
Kemirimuka	37.266	3	16.804	3	8.458	3
Depok	22.674	6	11.909	4	11.085	2
Depok Jaya	44.421	2	20.414	2	4.060	6

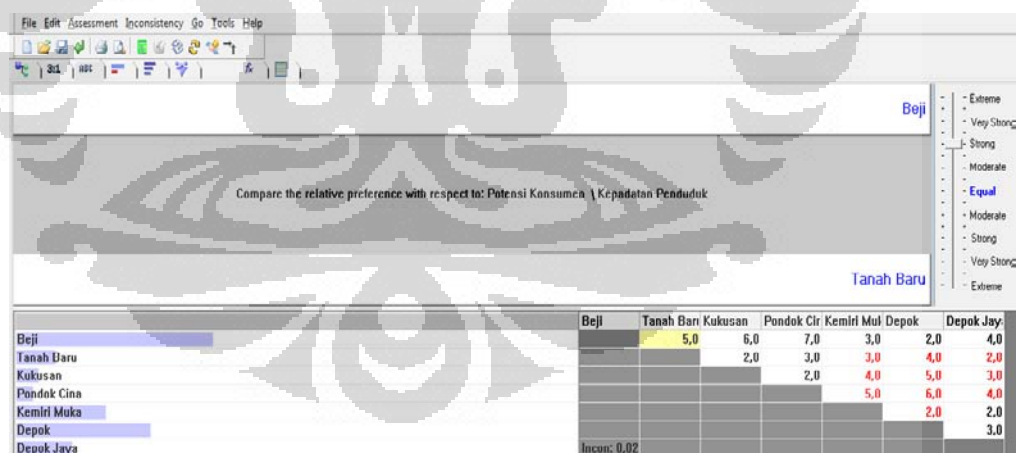
Tabel 4.2 Urutan Kepentingan untuk Kriteria Jarak Sumber Pasokan

Kelurahan	Peringkat Kepentingan
Beji	2
Tanah Baru	7
Kukusan	5
Pondok Cina	6
Kemirimuka	1
Depok	4
Depok Jaya	3

Tabel 4.3 Urutan Kepentingan untuk Kriteria Teknis

Kelurahan	Perlintasan	Peringkat Kepentingan
Beji	Tidak ada	1
Tanah Baru	Tidak ada	1
Kukusan	Ada, (pipa transmisi)	2
Pondok Cina	Ada, (pipa transmisi dan Rel Kereta Api)	4
Kemirimuka	Ada, (Rel Kereta Api)	3
Depok	Ada, (rel Kereta Api)	1
Depok Jaya	Tidak ada	1

Tabel di atas adalah dasar dalam pemberian poin. Alternatif dengan urutan kepentingan pertama merupakan alternatif yang lebih penting. Sebagai contoh yaitu alternatif kelurahan Beji untuk kriteria potensi konsumen, mempunyai urutan kepentingan 1, sedangkan alternatif kelurahan Pondok cina mempunyai urutan kepentingan 7. Hal ini menunjukkan bahwa Kelurahan Beji diberi poin 7 yang berarti alternatif kelurahan Beji 7 kali lebih penting dibandingkan dengan Kelurahan pondok cina. Contoh pemberian poin pada perbandingan alternatif dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut:

**Gambar 4.1** Contoh Perbandingan antara Alternatif dengan Kriteria

Gambar 4.1 merupakan salah satu contoh tampilan dalam membandingkan antara alternatif dengan kriteria berdasarkan subjektif. Sebagai contoh yaitu alternatif kelurahan Beji dengan Kelurahan Tanah Baru. Kriteria yang dijadikan perbandingan ini adalah Kepadatan penduduk. Gambar di atas menunjukkan bahwa antara alternatif Beji

dengan Tanah baru di beri poin 5. Pemberian poin untuk kriteria kepadatan penduduk ini berdasarkan besarnya jumlah kepadatan penduduk. Hal ini menunjukkan untuk kriteria kepadatan penduduk, kelurahan Beji lebih baik dibandingkan kelurahan Tanah baru, karena kepadatan penduduk di kelurahan Beji lebih banyak dibandingkan tanah baru. Nilai *inconsistency* yang di tunjukkan gambar di atas adalah 0,02. Hal ini menunjukkan bahwa hasil penilaian konsisten, karena nilai *inconsistency* kurang dari 0,1.

2. Membandingkan Kriteria

Tahap ini untuk menentukan seberapa penting suatu kriteria dibandingkan dengan kriteria yang lain. Kriteria yang dibandingkan yaitu, Jarak sumber pasokan, potensi konsumen, perijinan. Perbandingan ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah :

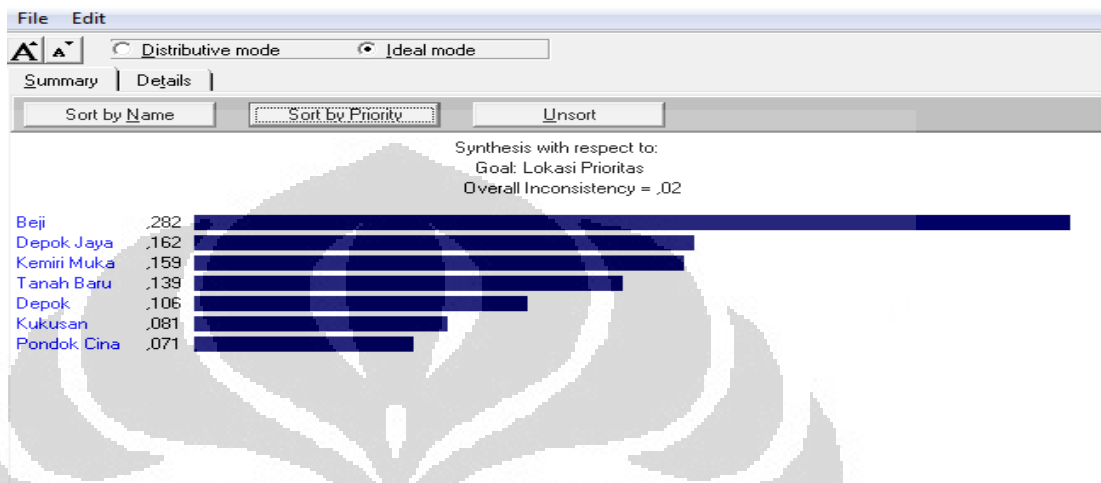


Gambar 4.2 Perbandingan Kriteria dengan Kriteria

Gambar di atas merupakan tampilan perbandingan antara kriteria satu dengan kriteria yang lainnya. Sebagai contoh yaitu antara kriteria jarak sumber pasokan dengan potensi konsumen. Kriteria potensi konsumen mempunyai poin yang lebih dibandingkan dengan jarak sumber pasokan. Nilai *inconsistency* yang di tunjukkan gambar di atas adalah 0,02. Hal ini menunjukkan bahwa hasil penilaian konsisten, karena nilai *inconsistency* kurang dari 0,1.

4.1.2 Hasil Perhitungan Lokasi Prioritas

Sintesis akan mengkalkulasi bobot kriteria dengan skor alternatif (kelurahan) di tiap kriteria. Hasil akhir perbandingan yang didapat dari model ditunjukkan pada Gambar 4.3, yaitu :



Gambar 4.3 Hasil Perhitungan Software AHP

Berdasarkan Gambar 4.3, hasil pemodelan menunjukkan bahwa 2 (dua) kandidat kelurahan prioritas dengan nilai akhir tertinggi adalah Kelurahan Beji, dan Depok Jaya, sehingga dapat ditentukan bahwa kedua kelurahan tersebut merupakan kelurahan prioritas dalam pengembangan jaringan pipa distribusi di Kota Depok.

4.2 Desain Jaringan Pipa Distribusi Gas Bumi

4.2.1 Rute Jaringan Pipa Eksisting

Rute Jaringan pipa Eksisting merupakan rute pipa jaringan yang sudah ada. Rute pipa ini berada di dua kelurahan, yaitu di kelurahan Beji Timur, dan di sebagian kelurahan Beji. Rute jaringan pipa distribusi berawal dari Tapping Out 07 Stasiun Kompresor Gas (SKG) milik PT. PERTAGAS di Tegal Gede, Cikarang, Bekasi menuju MR/S Beji Timur. Peta jaringan pipa distribusi gas bumi dapat dilihat pada lampiran, gambar rute jaringan pipa distribusi gas eksisting dapat dilihat pada Gambar 4.4 di bawah ini:

Tabel 4.4 Rute Jaringan Pipa Eksisting

No	Jalur Pipa	Rute Jaringan
1	Kelurahan Beji Timur	<ul style="list-style-type: none"> • Looping pipa 180 mm dari : Jl. Pembangunan- Jl. M. Ridwan Rais, Jl. Baiturrohimi-Jl Garuda Raya. • Pipa 90 mm dan 63 mm berada di dalam loop 180 mm. • terdapat 4 sektor
2	Kelurahan Beji	<ul style="list-style-type: none"> • Looping pipa 180 mm dari: Jl.Bambon Raya-Jl.Sempu Raya, Jl.Nangka-Jl.H. Asmawi, Jl.Rawa maya-Jl.H.Iming, Jl. Muslih-Jl. Kembang Beji, Jl. Datuk Kuningan-Jl.Boni Raya • Looping pipa 125 mm: Jl. Carita-Jl.Kabe • 90 mm dan 63 mm berada didalam loop 180 mm • terdapat 9 sektor

Pipa yang digunakan pada jaringan eksisting ada tiga macam, yaitu pipa dengan ukuran diameter 63 mm, 90 mm, 125 mm, dan 180 mm. Panjang pipa yang digunakan pada jaringan eksisting dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Panjang Pipa Jaringan Eksisting

No.	Diameter Pipa	Panjang Pipa (m)
1	63	5.900
2	90	845
3	125	23.620
4	180	50.006



Gambar 4.4 Rute Jaringan Pipa Eksisting

4.2.2 Rute Jaringan Pipa Pengembangan

Rute jaringan pengembangan merupakan rute desain pengembangan jaringan pipa. Rute pipa ini berada di dua kelurahan, yaitu di kelurahan Beji, dan di sebagian kelurahan Depok Jaya. Berdasarkan hasil survei lokasi, dari tiga sistem yang umum dipakai dalam merencanakan jaringan distribusi pipa gas bumi yang sesuai dengan kondisi wilayah di kedua kelurahan adalah menggunakan sistem Loop. Sistem loop yang besar akan diposisikan dari pipa pengembangan menuju Regulator Sektor (R/S). Sedangkan untuk loop yang kecil untuk sebaran distribusi dari R/S menuju perumahan. perpipaan tertutup (loop) adalah sistim yang percabangannya melingkar membentuk sel-sel (loop). Keuntungan sistim ini, jika terjadi kerusakan pada salah satu cabang, maka pasok air tetap dapat diperoleh dari cabang yang lain.

Dalam perencanaan ini akan terbagi menjadi 9 R/S. Rute jaringan ini dapat dilihat pada Gambar 4.5. Disain perpipaan untuk jaringan pipa distribusi utama (loop besar) tersebut diatas menggunakan material pipa polyethylene (PE), sedangkan untuk desain untuk satu R/S direncanakan maksimal akan melayani untuk 400 rumah. Berikut ini data hasil survey banyaknya rumah perkiraan calon pelanggan yaitu :

Tabel 4.6 Jumlah Rumah

No	Nama R/S	Asumsi Perkiraan Pelanggan
1	RS 1	395
2	RS 2	330
3	RS 3	310
4	RS 4	397
5	RS 5	388
6	RS 6	380
7	RS 7	322
8	RS 8	300
9	RS 9	295
	Total	3117



Gambar 4.5 Gambar Rute Jaringan Pipa Pengembangan

4.3 Simulasi Jaringan Pipa Distribusi Gas Bumi

4.3.1 Data Spesifikasi Gas

Data spesifikasi gas sangat penting dalam simulasi jaringan pipa distribusi gas. Data ini terdiri dari komposisi gas bumi, Kapasitas aliran gas, Tekanan, dan Temperatur.

4.3.1.2 Komposisi Gas Bumi

Dalam melakukan simulasi untuk studi kasus di Kota Depok perlu diketahui terlebih dahulu komposisi gas yang akan dialirkan melalui jaringan pipa distribusi gas, karena hal tersebut merupakan hal pertama yang harus dilakukan sebelum melakukan simulasi jaringan pipa distribusi gas bumi. Komposisi yang digunakan untuk pengembangan jaringan ini yaitu komposisi gas yang digunakan pada jaringan eksisting. Komposisi gas yang digunakan untuk pengembangan jaringan dapat di lihat pada Tabel 4.7 berikut :

Tabel 4.7 Komposisi Gas

Komponen	Komposisi (Fraksi)
N ₂	0,0576
CO ₂	0,1138
C ₁ H ₄	0,7712
C ₂ H ₆	0,0268
C ₃ H ₈	0,0176
n-C ₄ H ₁₀	0,0038
i-C ₄ H ₁₀	0,0038
n-C ₅ H ₁₂	0,0010
i-C ₅ H ₁₂	0,0016
C ₆ H ₁₄₊	0,0028
Total	1,0000

4.3.1.4 Kapasitas Aliran Gas

Kapasitas aliran gas disesuaikan dengan kebutuhan gas. Berdasarkan informasi dari BPH migas tingkat pemakaian gas bumi rata-rata per rumah tangga adalah berkisar 18 m³/bulan. Berdasarkan survei lapangan yang dilakukan, jumlah Rumah Tangga yang akan menjadi target sebagai pemakai gas bumi adalah sebanyak 3000 Rumah Tangga. Dengan asumsi bahwa tingkat permintaan per rumah tangga adalah sebesar 18 m³/bulan, maka total kebutuhan gas yang harus disuplai dari Lapangan :

Jumlah Rumah Tangga	= 3117 buah
<i>Demand</i> per rumah tangga	= 18 m ³ /bulan
Total <i>demand</i>	= 3117 x 18 = 56.106 m ³ /bulan
	= (56.106 /30) x (35.32) /1.000.000
	= 0,0660 MMSCFD

4.3.1.5 Laju Aliran Gas untuk Beban Puncak

Laju alir yang digunakan untuk desain pipa distribusi gas bumi berdasarkan beban puncak, bukan berdasarkan *demand*. *Demand* adalah volume gas yang dibutuhkan oleh konsumen dalam suatu perioda tertentu, misalnya kebutuhan gas dalam sehari, tanpa mempedulikan apakah dalam sehari tersebut gas dialirkan secara terus menerus atau hanya dialirkan pada jam-jam tertentu saja. Dalam hal ini yang lebih tepat yang digunakan untuk desain adalah jumlah pengaliran pada jam-jam tertentu tersebut, dan bukan berdasarkan pada *demand*. Namun pada kenyataannya besar pengaliran gas pada jam-jam pemakaian tersebut tidak menentu, kadang volume gas yang di butuhkan rendah, kadang tinggi, sehingga dasar yang digunakan untuk desain tentunya adalah besarnya aliran pada saat pemakaian tinggi atau disebut sebagai beban puncak.

Perhitungan untuk menentukan besarnya beban puncak, diasumsikan bahwa peralatan gas pada masing-masing rumah tangga digunakan secara serentak dalam waktu yang bersamaan dan selang waktu tertentu, misalnya lama penggunaan masing-masing peralatan dalam satu hari adalah 8 jam. Dimana asumsi yang digunakan adalah jumlah jam pemakaian memasak dalam 1 hari adalah 4 jam.

- Total Demand Gas RT per bulan = 56.106 m³/bulan
- Total Demnad Gas RT per tahun = 673.272 m³/tahun
- 1 Tahun = 365 hari

Sehingga didapatkan beban desain puncak untuk rumah tangga pada jaringan pengembangan adalah:

Beban Disain Puncak Per Rumah Tangga

$$= \frac{673.272}{(365) \times (4) \times (3117)} = 0,1479 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Berdasarkan perhitungan beban puncak yang telah didapatkan maka untuk desain flow mengikuti asumsi beban puncak ini didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Total Demand Gas RT per bulan} = 332.024,5 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

$$\text{Total demand} = (332.024,5 / 30) \times (35,32) / 1.000.000$$

$$= 0,3909 \text{ MMSCFD}$$

4.3.2 Perhitungan Dimensi Pipa

Perhitungan dimensi pipa yang akan digunakan pada pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi ini menggunakan perangkat lunak simulator sistem perpipaan. Dalam melakukan simulasi jaringan pipa distribusi gas bumi ini, dimensi pipa yang dipilih adalah dimensi yang optimal. Dimensi optimal adalah dimensi pipa pada saat hasil simulasi menunjukkan bahwa dimensi pipa mempunyai kecepatan gas di bawah atau kurang dari batas kecepatan maksimum (*gas velocity*), dan kehilangan tekanan (*pressure drop*) yang kurang dari batasan *pressure drop* maksimum yang diperbolehkan. Dalam desain pipa secara umum, diambil batasan kecepatan gas maksimum sebesar 60 fps. Kecepatan gas dalam pipa tidak boleh melebihi kecepatan maksimum yang direkomendasikan. Hal ini bertujuan untuk meminimalisasi efek kebisingan dan memudahkan penginjeksian inhibitor korosi. Sedangkan untuk kehilangan tekanan dalam sistem jaringan pipa distribusi gas bumi diambil batasan yang ditunjukkan pada Tabel 4.8. Pembatasan besarnya kehilangan tekanan gas bumi dalam pipa bertujuan untuk sasaran pendistribusian pada semua titik suplai ke konsumen. Tekanan pada titik suplai harus sampai pada titik konsumen.

Tabel 4.8 *Pressure drop* yang diperbolehkan Dalam Pipa

No.	Tekanan Operasi (psi)	Pressure Drop yang diperbolehkan (psi/km)
1	0 – 34,5	0,001-0,110
2	34,5 – 137,9	1,6-3,9
3	>137,9	P/34,5(P= Tekanan Operasi)

4.3.2.1 Simulasi Aliran Gas dari Pipa Pengembangan ke RS dengan Simulator Pipa

Simulasi aliran gas ini dilakukan pada kondisi operasi dengan laju alir gas yang berbeda-beda, yaitu dengan laju alir 0,0660, 0,3909, dan 0,9300 MMSCFD (1 - 0,07 MMSCFD), 0,07 MMSCFD adalah laju yang telah di gunakan pada jaringan eksisting. Pada pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi ini terdapat 9 R/S. Berikut ini merupakan hasil simulasi untuk menentukan dimensi pipa yang digunakan pada pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi di kota Depok :

A. Kondisi Operasi dengan Laju Alir Gas 0,0660 MMSCFD

Laju Alir gas Keluaran M/RS : 0,0660 MMSCFD

P keluaran Pipa pengembangan : 2,2 barg

Setelah melakukan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak simulator sistem perpipaan, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.9 Hasil Simulasi Pipa PE 63 pada Q_{out} 0,0660 MMSCFD

Nama R/S	Jarak (Km)	P1 (barg)	P2 (barg)	ΔP /Jarak (barg/Km)	v (ft/s)
RS 1	0,434	2,2	2,19	0,023	1,2
RS 2	1,147	2,2	2,18	0,017	1,2
RS 3	1,588	2,2	2,18	0,012	1,2
RS 4	1,768	2,2	2,18	0,011	1,2
RS 5	2,452	2,2	2,18	0,008	1,2
RS 6	2,202	2,2	2,18	0,009	1,2
RS 7	1,551	2,2	2,18	0,012	1,2
RS 8	1,120	2,2	2,18	0,017	1,2
RS 9	0,176	2,2	2,19	0,023	1,2

Berdasarkan Tabel 4.9 di atas, maka Pipa PE 63 dapat digunakan karena ΔP /Jarak di masing-masing R/S berada diantara 0,001 dan 0,110 barg/Km dan tekanan gas masuk pada R/S masih di atas 100 mbarg.

Tabel 4.10 Hasil Simulasi Pipa PE 90 pada Q_{out} 0,0660 MMSCFD

Nama R/S	Jarak (Km)	P1 (barg)	P2 (barg)	$\Delta P/Jarak$ (barg/Km)	v (ft/s)
RS 1	0,434	2,2	2,18	0,0461	0,6
RS 2	1,147	2,2	2,17	0,0262	0,6
RS 3	1,588	2,2	2,16	0,0252	0,6
RS 4	1,768	2,2	2,16	0,0226	0,6
RS 5	2,452	2,2	2,16	0,0163	0,6
RS 6	2,202	2,2	2,16	0,0182	0,6
RS 7	1,551	2,2	2,17	0,0193	0,6
RS 8	1,120	2,2	2,17	0,0268	0,6
RS 9	0,176	2,2	2,19	0,0568	0,6

Berdasarkan Tabel 4.10 di atas, maka Pipa PE 90 dapat digunakan karena karena $\Delta P/Jarak$ di masing-masing R/S berada diantara 0,001 dan 0,110 barg/Km dan tekanan gas masuk pada R/S masih di atas 100 mbarg.

Tabel 4.11 Hasil Simulasi Pipa PE 125 pada Q_{out} 0,0660 MMSCFD

Nama R/S	Jarak (Km)	P1 (barg)	P2 (barg)	$\Delta P/Jarak$ (barg/Km)	v (ft/s)
RS 1	0,434	2,2	2,20	0	0,3
RS 2	1,147	2,2	2,19	0,0087	0,3
RS 3	1,588	2,2	2,19	0,0063	0,3
RS 4	1,768	2,2	2,19	0,0057	0,3
RS 5	2,452	2,2	2,19	0,0041	0,3
RS 6	2,202	2,2	2,19	0,0045	0,3
RS 7	1,551	2,2	2,19	0,0064	0,3
RS 8	1,120	2,2	2,20	0	0,3
RS 9	0,176	2,2	2,20	0	0,3

Berdasarkan Tabel 4.11 di atas, maka Pipa PE 125 tidak optimal digunakan karena karena $\Delta P/Jarak$ di RS 1, RS 8, RS 9 sebesar 0 ,atau kurang dari 0,001.

Tabel 4.12 Hasil Simulasi Pipa PE 180 pada Q_{out} 0,0660 MMSCFD

Nama R/S	Jarak (Km)	P1 (barg)	P2 (barg)	ΔP /Jarak (barg/Km)	v (ft/s)
RS 1	0,434	2,2	2,20	0	0,2
RS 2	1,147	2,2	2,20	0	0,2
RS 3	1,588	2,2	2,20	0	0,2
RS 4	1,768	2,2	2,20	0	0,2
RS 5	2,452	2,2	2,20	0	0,2
RS 6	2,202	2,2	2,20	0	0,2
RS 7	1,551	2,2	2,20	0	0,2
RS 8	1,120	2,2	2,20	0	0,2
RS 9	0,176	2,2	2,20	0	0,2

Berdasarkan Tabel 4.12 di atas, maka Pipa PE 180 tidak optimal digunakan karena ΔP /Jarak pada masing-masing RS sebesar 0, kurang dari 0,001 barg/km.

Berdasarkan hasil simulasi variasi diameter pipa dengan diameter 63, 90, 125, dan 180 mm pada laju alir keluaran 0,0660 MMSCFD, maka jenis pipa yang dipilih (paling optimal) adalah Pipa PE 63 karena tekanan gas masuk RS pada tiap perumahan di atas 100 mbarg dan velocity gas nya masih lebih tinggi dibandingkan pipa berdiameter yang lebih besar.

B. Kondisi Operasi dengan Laju Alir Gas 0,3909 MMSCFD

- Laju Alir gas Keluaran MR/S : 0,3909 MMSCFD
- P keluaran Pipa pengembangan : 2,2 barg

Setelah melakukan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak simulator sistem perpipaan, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.13 Hasil Simulasi Pipa PE 63 pada Q_{out} 0,3909 MMSCFD

Nama R/S	Jarak (Km)	P1 (barg)	P2 (barg)	ΔP /Jarak (barg/Km)	v (ft/s)
RS 1	0,434	2,2	1,98	0,5069	7,8
RS 2	1,147	2,2	1,75	0,3923	8,5
RS 3	1,588	2,2	1,68	0,3275	8,7
RS 4	1,768	2,2	1,66	0,3054	8,7
RS 5	2,452	2,2	1,66	0,2202	8,8
RS 6	2,202	2,2	1,67	0,2407	8,7
RS 7	1,551	2,2	1,72	0,3095	8,6
RS 8	1,120	2,2	1,80	0,3571	8,3
RS 9	0,176	2,2	2,11	0,5114	7,5

Berdasarkan Tabel 4.13 di atas, tekanan masuk pada setiap R/S masih di atas 100 mbar. Pipa PE 63 tidak optimal digunakan karena $\Delta P/\text{Jarak}$ pada masing-masing RS lebih besar dari 0,110 barg/km.

Tabel 4.14 Hasil Simulasi Pipa PE 90 pada Q_{out} 0,3909 MMSCFD

Nama R/S	Jarak (Km)	P1 (barg)	P2 (barg)	$\Delta P/\text{Jarak}$ (barg/Km)	v (ft/s)
RS 1	0,434	2,2	2,16	0,0922	3,6
RS 2	1,147	2,2	2,12	0,0697	3,6
RS 3	1,588	2,2	2,11	0,0567	3,7
RS 4	1,768	2,2	2,11	0,0509	3,7
RS 5	2,452	2,2	2,10	0,0408	3,7
RS 6	2,202	2,2	2,11	0,0409	3,6
RS 7	1,551	2,2	2,12	0,0516	3,6
RS 8	1,120	2,2	2,13	0,0625	3,6
RS 9	0,176	2,2	2,20	0	0,2

Berdasarkan Tabel 4.14 di atas, maka Pipa PE 90 tidak optimal digunakan karena $\Delta P/\text{Jarak}$ pada RS 9 sebesar 0, kurang dari 0,001.

Tabel 4.15 Hasil Simulasi Pipa PE 125 pada Q_{out} 0,3909 MMSCFD

Nama R/S	Jarak (Km)	P1 (barg)	P2 (barg)	$\Delta P/\text{Jarak}$ (barg/Km)	v (ft/s)
RS 1	0,434	2,2	2,18	0,0461	1,9
RS 2	1,147	2,2	2,17	0,0262	1,9
RS 3	1,588	2,2	2,16	0,0252	1,9
RS 4	1,768	2,2	2,16	0,0226	1,9
RS 5	2,452	2,2	2,16	0,0163	1,9
RS 6	2,202	2,2	2,16	0,0182	1,9
RS 7	1,551	2,2	2,17	0,0193	1,9
RS 8	1,120	2,2	2,17	0,0268	1,9
RS 9	0,176	2,2	2,19	0,0568	1,9

Berdasarkan Tabel 4.15 di atas, maka Pipa PE 125 dapat digunakan karena $\Delta P/\text{Jarak}$ pada masing-masing R/S diantara 0,001 dan 0,110.

Tabel 4.16 Hasil Simulasi Pipa PE 180 pada Q_{out} 0,3909 MMSCFD

Nama R/S	Jarak (Km)	P1 (barg)	P2 (barg)	$\Delta P/Jarak$ (barg/Km)	v (ft/s)
RS 1	0,434	2,2	2,20	0	0,9
RS 2	1,147	2,2	2,20	0	0,9
RS 3	1,588	2,2	2,19	0,0063	0,9
RS 4	1,768	2,2	2,19	0,0057	0,9
RS 5	2,452	2,2	2,19	0,0041	0,9
RS 6	2,202	2,2	2,19	0,0045	0,9
RS 7	1,551	2,2	2,19	0,0064	0,9
RS 8	1,120	2,2	2,20	0	0,9
RS 9	0,176	2,2	2,20	0	0,9

Berdasarkan Tabel 4.16 di atas, maka Pipa PE 180 tidak optimal digunakan karena $\Delta P/Jarak$ pada RS 1, RS 2, RS 8, RS 9 sebesar 0 (kurang dari 0,001 barg/km).

Berdasarkan hasil simulasi variasi diameter pipa dengan diameter 63, 90, 125, dan 180 mm pada Laju alir keluaran 0,3909 MMSCFD, maka jenis pipa yang dipilih (paling optimal) adalah Pipa PE 125 karena tekanan gas masuk RS pada tiap perumahan di atas 100 mbarg dan $\Delta P/Jarak$ pada masing-masing RS diantara 0,001 dan 0,110 barg/km.

C. Kondisi Operasi

Laju Alir gas Keluaran MR/S : 0,9300 MMSCFD

P keluaran Pipa pengembangan : 2,2 barg

Tabel 4.17 Hasil Simulasi Pipa PE 63 pada laju alir 0,9300 MMSCFD

Nama R/S	Jarak (Km)	P1 (barg)	P2 (barg)	$\Delta P/Jarak$ (barg/Km)	v (ft/s)
RS 1	0,434	2,2	1,39	1,8664	25,0
RS 2	1,147	2,2	0,38	1,5867	43,0
RS 3	1,588	2,2	0,03	1,3665	57,9
RS 4	1,768	2,2	0,00	1,2443	21,9
RS 5	2,452	2,2	0,00	0,8972	21,9
RS 6	2,202	2,2	0,00	0,9991	33,9
RS 7	1,551	2,2	0,13	1,3346	52,7
RS 8	1,120	2,2	0,54	1,4821	38,8
RS 9	0,176	2,2	1,86	1,9318	20,9

Berdasarkan Tabel 4.17 di atas, maka Pipa PE 63 tidak dapat digunakan karena pressure drop yang terjadi pada sebagian besar di titik R/S perumahan sangat besar sehingga tekanan gas masuk pada RS sangat kecil (di bawah 100 mbarg) dan bahkan di perumahan yang jaraknya jauh dari titik pipa pengembangan, tekanan masuk gas nya 0 barg.

Tabel 4.18 Hasil Simulasi Pipa PE 90 pada laju alir 0,9300 MMSCFD

Nama R/S	Jarak (Km)	P1 (barg)	P2 (barg)	$\Delta P/\text{Jarak}$ (barg/Km)	v (ft/s)
RS 1	0,434	2,2	1,99	0,4839	9,8
RS 2	1,147	2,2	1,76	0,3836	10,6
RS 3	1,588	2,2	1,68	0,3275	10,9
RS 4	1,768	2,2	1,66	0,3054	10,9
RS 5	2,452	2,2	1,66	0,2202	10,9
RS 6	2,202	2,2	1,67	0,2407	10,9
RS 7	1,551	2,2	1,72	0,3095	10,7
RS 8	1,120	2,2	1,80	0,3571	10,4
RS 9	0,176	2,2	2,11	0,5114	9,4

Berdasarkan Tabel 4.18 di atas, maka Pipa PE 90 tidak optimal digunakan karena $\Delta P/\text{Jarak}$ pada masing-masing RS lebih besar dari 0,110 barg/km.

Tabel 4.19 Hasil Simulasi Pipa PE 125 pada laju alir 0,9300 MMSCFD

Nama R/S	Jarak (Km)	P1 (barg)	P2 (barg)	$\Delta P/\text{Jarak}$ (barg/Km)	v (ft/s)
RS 1	0,434	2,2	2,16	0,0922	4,8
RS 2	1,147	2,2	2,12	0,0697	4,8
RS 3	1,588	2,2	2,10	0,0630	4,9
RS 4	1,768	2,2	2,10	0,0566	4,9
RS 5	2,452	2,2	2,09	0,0449	4,9
RS 6	2,202	2,2	2,10	0,0454	4,9
RS 7	1,551	2,2	2,11	0,058	4,8
RS 8	1,120	2,2	2,13	0,0625	4,8
RS 9	0,176	2,2	2,18	0,1036	4,8

Berdasarkan Tabel 4.19 di atas, maka Pipa PE 125 dapat digunakan karena $\Delta P/\text{Jarak}$ pada masing-masing RS diantara 0,001 dan 0,110 barg/km. Tekanan gas masuk pada RS masih di atas 100 mbarg.

Tabel 4.20 Hasil Simulasi Pipa PE 180 pada Laju Alir 0,9300 MMSCFD

Nama R/S	Jarak (Km)	P1 (barg)	P2 (barg)	$\Delta P/\text{Jarak}$ (barg/Km)	v (ft/s)
RS 1	0,434	2,2	2,19	0,023	2,3
RS 2	1,147	2,2	2,19	0,0087	2,3
RS 3	1,588	2,2	2,18	0,0126	2,3
RS 4	1,768	2,2	2,18	0,0113	2,3
RS 5	2,452	2,2	2,18	0,0082	2,3
RS 6	2,202	2,2	2,18	0,0091	2,3
RS 7	1,551	2,2	2,19	0,0064	2,3
RS 8	1,120	2,2	2,19	0,0089	2,3
RS 9	0,176	2,2	2,20	0	2,3

Berdasarkan Tabel 4.20 di atas, maka Pipa PE 180 tidak optimal digunakan karena dan $\Delta P/\text{Jarak}$ pada RS 9 sebesar 0 (kurang dari 0,001 barg/km).

Berdasarkan hasil simulasi variasi diameter pipa dengan diameter 63, 90, 125, dan 180 mm pada Laju alir keluaran tapping 1 mmscf/d, Pipa PE 125 paling optimal digunakan dalam Pengembangan Jaringan Gas Bumi Untuk Rumah Tangga di Kota Depok, karena mempunyai $\Delta P/\text{Jarak}$ diantara 0,001 dan 0,110 barg/km.

Berdasarkan hasil simulasi dengan memvariasikan 4 ukuran diameter pipa PE yang berbeda (63, 90, 125 dan 180 mm) disimpulkan bahwa,

- Untuk Laju alir keluaran 0,0660 MMSCFD, pipa yang digunakan Pipa PE 63
- Untuk Laju alir keluaran 0,3909 MMSCFD, pipa yang digunakan Pipa PE 125
- Untuk Laju alir 0,9300 MMSCFD, pipa yang digunakan Pipa PE 125

Dari kondisi 3 Laju aliran gas yang berbeda, Pipa PE 125 SDR 11 yang paling optimal digunakan dalam pengembangan jaringan pipa gas bumi di Kota Depok, karena gas dapat mengalir ke setiap R/S Perumahan dan tekanan gas masuk RS di setiap perumahan di atas 100 mbarg.

4.3.2.2 Simulasi Aliran Gas dari RS ke Perumahan

Dalam simulasi pipa dari RS ke masing-masing Perumahan dilakukan dalam 3 variasi laju alir yaitu 0,0660, 0.3909 MMSCFD, dan 0,9300 MMSCFD yang

dibagikan ke 9 R/S yang ada di setiap Perumahan yang akan dialiri pipa gas tersebut.

A. Laju Alir 1 (0,0660 MMSCFD)

Tekanan Gas Keluaran MRS : 0,1 barg

Tabel 4. 21 Tabel Hasil Simulasi RS ke Perumahan dengan Q= 0,0660 MMSCFD

Nama R/S	Jarak (Km)	Ukuran Pipa	P2 (barg)	P2 (barg)	velocity (ft/s)
RS 1	0,504	PE 63	0,1	0,0942	16,2
		PE 75	0,1	0,0977	2,5
		PE 90	0,1	0,0991	0,6
RS 2	0,497	PE 63	0,1	0,0999	3,6
		PE 75	0,1	0,0100	2,5
		PE 90	0,1	0,0100	1,7
RS 3	0,261	PE 63	0,1	0,0953	3,6
		PE 75	0,1	0,0982	2,5
		PE 90	0,1	0,0993	1,7
RS 4	0,681	PE 63	0,1	0,0889	3,6
		PE 75	0,1	0,0960	2,5
		PE 90	0,1	0,0984	1,7
RS 5	0,507	PE 63	0,1	0,0963	3,6
		PE 75	0,1	0,0985	2,5
		PE 90	0,1	0,0994	1,7
RS 6	0,379	PE 63	0,1	0,0962	3,6
		PE 75	0,1	0,0985	2,5
		PE 90	0,1	0,0994	1,7
RS 7	0,584	PE 63	0,1	0,0913	3,6
		PE 75	0,1	0,0968	2,5
		PE 90	0,1	0,0987	1,7
RS 8	0,379	PE 63	0,1	0,0960	3,6
		PE 75	0,1	0,0984	2,5
		PE 90	0,1	0,0994	1,7
RS 9	0,331	PE 63	0,1	0,0969	3,6
		PE 75	0,1	0,0988	2,5
		PE 90	0,1	0,0995	1,7

Berdasarkan Tabel 4.21 hasil simulasi pipa jaringan gas bumi pada masing-masing RS di setiap perumahan dengan variasi pipa PE 63, 75 dan 90 terlihat bahwa pipa PE 63, 75 dan 90 bisa digunakan untuk jaringan gas dengan laju alir

0,0660 MMSCFD.

B. Laju Alir 2 (0.3909 MMSCFD)

Tekanan Gas Keluaran MRS : 0,1 barg

Tabel 4. 22 Tabel Hasil Simulasi RS ke Perumahan dengan Q= 0,3909 MMSCFD

Nama R/S	Jarak (km)	Ukuran Pipa	P2 (barg)	P2 (barg)	velocity (ft/s)
RS 1	0,504	PE 63	0,1	0,0657	21,8
		PE 75	0,1	0,0864	15,0
		PE 90	0,1	0,0946	10,4
RS 2	0,497	PE 63	0,1	0,0982	21,2
		PE 75	0,1	0,0992	14,8
		PE 90	0,1	0,0997	10,3
RS 3	0,261	PE 63	0,1	0,0722	21,7
		PE 75	0,1	0,0890	15,0
		PE 90	0,1	0,0957	10,4
RS 4	0,681	PE 63	0,1	0,0762	21,4
		PE 75	0,1	0,0851	15,1
		PE 90	0,1	0,0907	10,4
RS 5	0,507	PE 63	0,1	0,0779	21,6
		PE 75	0,1	0,0912	14,9
		PE 90	0,1	0,0965	10,3
RS 6	0,379	PE 63	0,1	0,0774	21,6
		PE 75	0,1	0,0911	14,9
		PE 90	0,1	0,0964	10,3
RS 7	0,584	PE 63	0,1	0,0809	21,3
		PE 75	0,1	0,0894	15,1
		PE 90	0,1	0,0925	10,4
RS 8	0,379	PE 63	0,1	0,0765	21,6
		PE 75	0,1	0,0907	14,9
		PE 90	0,1	0,0963	10,3
RS 9	0,331	PE 63	0,1	0,0813	21,5
		PE 75	0,1	0,0926	14,9
		PE 90	0,1	0,0971	10,3

Berdasarkan Tabel 4.22 hasil simulasi pipa jaringan gas bumi pada masing-masing RS di setiap perumahan dengan variasi pipa PE 63, 75, dan 90 terlihat bahwa pipa PE 63, 75 dan PE 90 bisa digunakan untuk pembuatan jaringan gas dengan laju alir 0,3909 MMSCFD.

C. Laju Alir 3 (0.9300 MMSCFD)

Input :

Tekanan Gas Keluaran MRS : 0,1 barg

Laju Alir Gas (Q) : 0,9300 MMSCFD berasal dari 1
MMSCFD- 0,07(eksisting)

Temperatur : 25°C

Dicari :

P Masuk ke Perumahan ? Velocity (ft/s)?

Berdasarkan Tabel 4.23 dibawah, hasil simulasi pipa jaringan gas bumi pada masing-masing RS di setiap perumahan dengan variasi pipa PE 63, 75, dan 90 terlihat bahwa pipa PE 90 bisa digunakan untuk pembuatan jaringan gas dengan laju alir 0,9300 MMSCFD.

Berdasarkan hasil simulasi dengan variasi laju alir dan variasi diameter pipa, maka Untuk laju alir gas 0,0660 MMSCFD pipa gas yang cocok digunakan pada laju alir ini di setiap Perumahan adalah pipa PE 63, karena tekanan dan kecepatan akhir bila menggunakan pipa ini masih masuk kedalam standar yang telah ditentukan dan pipa ini umum dipasaran. Sedangkan, untuk laju alir gas 0,3909 dan 0,9300 MMSCFD, pipa yang dapat digunakan adalah pipa PE 90, karena masih dapat mengalirkan gas ke Perumahan dengan tekanan dan kecepatan yang masih masuk ke dalam standar yang telah ditentukan.

Tabel 4. 23 Tabel Hasil Simulasi RS ke Perumahan dengan $Q= 0,9300$ MMSCFD

Nama R/S	Jarak (Km)	Ukuran Pipa	P2 (barg)	P2 (barg)	velocity (ft/s)
RS 1	0,504	PE 63	0,1	0,0117	58,8
		PE 75	0,1	0,0650	39,1
		PE 90	0,1	0,0861	26,7
RS 2	0,497	PE 63	0,1	0,0908	54,6
		PE 75	0,1	0,0961	38
		PE 90	0,1	0,0983	26,4
RS 3	0,261	PE 63	0,1	0,0670	55,8
		PE 75	0,1	0,0718	38,9
		PE 90	0,1	0,0888	26,6
RS 4	0,681	PE 63	0,1	0,0175	58,5
		PE 75	0,1	0,0390	40,1
		PE 90	0,1	0,0760	27,0
RS 5	0,507	PE 63	0,1	0,0653	55,9
		PE 75	0,1	0,0772	38,7
		PE 90	0,1	0,0909	26,6
RS 6	0,379	PE 63	0,1	0,0723	55,5
		PE 75	0,1	0,0769	38,7
		PE 90	0,1	0,0908	26,6
RS 7	0,584	PE 63	0,1	0,0430	57,1
		PE 75	0,1	0,0510	39,7
		PE 90	0,1	0,0807	26,8
RS 8	0,379	PE 63	0,1	0,0683	55,7
		PE 75	0,1	0,0760	38,7
		PE 90	0,1	0,0905	26,6
RS 9	0,331	PE 63	0,1	0,0517	56,6
		PE 75	0,1	0,0809	38,6
		PE 90	0,1	0,0924	26,6

4.3.2.2 Panjang Pipa

Dimensi panjang pipa yang akan digunakan dalam pengembangan jaringan pipa distribusi gas bumi untuk kondisi operasi dengan laju alir 0,0660 MMSCFD dapat dilihat pada Tabel 4.24, sedangkan untuk kondisi laju alir 0,3909 dan 0,9300 MMSCFD pada Tabel 4.25. Berdasarkan tabel dapat dilihat untuk jalur pipa pengembangan menuju looping R/S pipa yang digunakan sepanjang 5.745,74 m. Total keseluruhan panjang pipa pada jalur pengembangan adalah 30.453,16.

Tabel 4.24 Panjang Pipa untuk Laju Alir 0,0660 MMSCFD

No	Nama Jalur Pipa	Panjang Pipa (m) MDPE 80 SDR 11 63 mm
1	Pipa pengembangan-Looping R/S (9 Looping R/S)	5.745,74
2	Looping RS 1	3.685,08
3	Looping RS 2	2.361,86
4	Looping RS 3	2.371,00
5	Looping RS 4	3.255,45
6	Looping RS 5	2.452,00
7	Looping RS 6	2.646,00
8	Looping RS 7	3.319,91
9	Looping RS 8	2.265,50
10	Looping RS 9	2.350,62
	Total	30.453,16

Tabel 4.25 Panjang Pipa untuk Laju Alir 0,3909 dan 0,9300

No	Nama Jalur Pipa	Panjang Pipa (m) MDPE 80 SDR 11 90 mm	Panjang Pipa (m) MDPE 80 SDR 11 125 mm
1	Pipa pengembangan-Looping R/S (9 Looping R/S)		5.745,74
2	Looping RS 1	3.685,08	
3	Looping RS 2	2.361,86	
4	Looping RS 3	2.371,00	
5	Looping RS 4	3.255,45	
6	Looping RS 5	2.452,00	
7	Looping RS 6	2.646,00	
8	Looping RS 7	3.319,91	
9	Looping RS 8	2.265,50	
10	Looping RS 9	2.350,62	
	Total	24.707,42	5.745,74

4.3.2.2 Perlintasan dengan Utilitas lain

Perlintasan (crossing) dengan utilitas lain terdiri dari:

1. Perlintasan dengan Infrastruktur

Pada perlintasan dengan infrastruktur seperti jalan raya, jalan keluar masuk rumah/gedung dan sungai, pelaksanaan atau cara melakukan perlintasan adalah cara open cut atau/ dan cara pengeboran dengan mesin bor. Pemilihan cara pelaksanaan adalah berdasarkan ijin dan alasan teknis yang diberikan/ dikeluarkan oleh instansi yang berwenang dan atau swasta/ pemilik lahan yang akan dilakukan penggalian untuk pemasangan pipa gas.

2. Perlintasan dengan Jalan Raya

Perlintasan dibawah jalan raya dengan cara membuat konstruksi khusus atau dengan cara pengeboran yang harus dilakukan dengan *mechanical auger*, atau alat lain yang disetujui, sehingga lalulintas tidak terganggu. Pelaksanaan

pengeboran dengan cara manual tidak diijinkan. Kedalaman pipa dibawah permukaan jalan raya adalah minimal 2500 mm dihitung dari permukaan jalan raya sampai permukaan atas pipa. Ruang kerja untuk pekerjaan ini harus diperhatikan untuk pemasangan mesin bor dan sebagainya. Dalam pelaksanaan pengeboran ini, harus digunakan pipa selubung (*casing pipe*). Bila dalam pengeboran terjadinya adanya rongga diantara lubang bor dengan pipa, maka rongga tersebut harus di isi dengan adukan semen pasir 1 : 3 dan disemprotkan kedalam rongga tersebut, sehingga rongga tersebut terjamin penuh.

3. Perlintasan dengan Jalan Masuk atau Keluar Gedung

Perlintasan dengan jalan keluar masuk rumah penduduk, kantor, pabrik, rumah sakit, kompleks perumahan, rumah ibadat, dan bangunan umum lainnya, dapat dilakukan dengan *system open cut*.

4. Perlintasan dengan Sungai

Ada cara khusus untuk melaksanakan perlintasan dengan sungai, yaitu dengan jembatan atau melalui dasar sungai dengan menggunakan sinker.

Bila pipa gas diseberangkan lewat atas tanah, maka digunakan jembatan, yang umumnya menggunakan konstruksi baja dan untuk pengamanan digunakan safety guard pada kedua ujung jembatan.

Bila pipa gas diseberangkan lewat dasar sungai, maka digunakan system pemberat (sinker), dimana fungsi sinker adalah untuk menahan pipa gas, agar tidak terangkat dan bergeser dari posisi pemasangan, karena adanya buoyancy (tekanan air keatas). Biasanya sinker ini terbuat dari beton bertulang, dimana dimensinya diperhitungkan untuk melawan gaya buoyancy yang ada.

Data perlintasan (Crossing) pada jaringan pengembangan dapat dilihat pada Tabel 4.26 berikut:

Tabel 4.26 Data Crossing Jaringan Pipa Pengembangan

No	Nama Jalur Pipa	Jenis <i>Crossing</i>	Jumlah <i>Crossing</i>
1	Pipa pengembangan-Looping R/S (9 Looping R/S)	Jalan	31
		Jembatan	1
2	Looping RS 1	Jalan	24
		Jembatan	0
3	Looping RS 2	Jalan	19
		Jembatan	0
4	Looping RS 3	Jalan	18
		Jembatan	0
5	Looping RS 4	Jalan	26
		Jembatan	0
6	Looping RS 5	Jalan	17
		Jembatan	0
7	Looping RS 6	Jalan	30
		Jembatan	0
8	Looping RS 7	Jalan	20
		Jembatan	0
9	Looping RS 8	Jalan	12
		Jembatan	0
10	Looping RS 9	Jalan	13
		Jembatan	0
	Total		211

BAB 5 KESIMPULAN

Dari hasil simulasi proses untuk jaringan pipa distribusi gas bumi ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Lokasi prioritas yang terpilih untuk dibangun jaringan pipa distribusi gas adalah Kelurahan Beji, dan Kelurahan Depok Jaya.
2. Dimensi pipa distribusi optimal yang didapatkan dari hasil simulasi dengan menggunakan perangkat lunak simulator sistem perpipaan adalah :

- Pipa yang digunakan untuk pengembangan jaringan dari titik pengembangan menuju R/S yaitu:

Tabel 5.1 Kesimpulan Dimensi Pipa untuk Pipa Pengembangan Menuju R/S

Laju Alir Gas (MMSCFD)	Diameter Pipa (mm)
0,0660	63
0,3909	125
0,9300	125

- Pipa yang digunakan untuk pengembangan jaringan dari titik R/S menuju perumahan yaitu:

Tabel 5.2 Kesimpulan Dimensi Pipa untuk R/S Menuju Perumahan

Laju Alir Gas (MMSCFD)	Diameter Pipa (mm)
0,0660	63
0,3909	90
0,9300	90

3. Analisis teknis dalam pengembangan jaringan gas bumi ditunjukkan pada Tabel 5.3 yaitu :

Tabel 5.3 Kesimpulan Data Crossing Jaringan Pipa Pengembangan

No	Nama Jalur Pipa	Jenis <i>Crossing</i>	Jumlah <i>Crossing</i>
1	Pipa pengembangan-Looping R/S (9 Looping R/S)	Jalan	31
		Jembatan	1
2	Looping RS 1	Jalan	24
		Jembatan	0
3	Looping RS 2	Jalan	19
		Jembatan	0
4	Looping RS 3	Jalan	18
		Jembatan	0
5	Looping RS 4	Jalan	26
		Jembatan	0
6	Looping RS 5	Jalan	17
		Jembatan	0
7	Looping RS 6	Jalan	30
		Jembatan	0
8	Looping RS 7	Jalan	20
		Jembatan	0
9	Looping RS 8	Jalan	12
		Jembatan	0
10	Looping RS 9	Jalan	13
		Jembatan	0
	Total		211

DAFTAR ACUAN

- Antaki, George A. 2003. *Piping and Pipeline Engineering*. Aiken, South Carolina, U.S.A.
- ASME. 1995. ASME B.31-8. 1995 Edition : *Gas Transmission and Distribution Piping System*. USA : ASME
- CEERD. 1999. *Coal and Natural Gas Competition in APEC Economies*. Center for Energy-Environment Research & Development. Asian Institute of Technology. Bangkok, August.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). <http://www.esdm.go.id/>
- Flite software ltd.2000. *Piping system Fluid Flow v2.1 simulation Software User Manual*. Flite Software Ltd, Netherland
- Herberg, Mikkal. 2011. *Natural Gas in Asia: History and Prospects*. Pacific Energy Summit : Jakarta.
- Hermandinata. 2009. “*Simulasi Proses Untuk Pipa Jaringan Distribusi Gas Bumi*”, Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok.
<http://www.pertamina.com/download/mediapertamina/2011/mpno16180411.pdf>
http://www.need.org/needpdf/infobook_activities/SecInfo/NGasS.pdf
- Ibrahim, Hassan. 2000. *Natural Gas Pipeline Development in Souththeast Asia*. Asia Pacific Energy Research Centre Institute of Energy Economics, Japan Shuwa-Kamiyacho Building, 4-3-13 Toranomom Minato-ku, Tokyo 105 Japan.
- Kidnay, Arthur J dan William R. Parish. 2006. *Fundamentals of Natural Gas Processing*. CRC Press.
- Nevers, de Noel.1991. *Fluid Mechanics for Chemical Engineers Second Edition*.Singapore : McGraw-Hill,Inc.
- Perusahaan Gas Negara (PGN). <http://www.pgn.co.id/>
- Raswari. 1987. *Perencanaan dan Penggambaran Sistem Perpipaian*. UI-Press : Jakarta.

- S.M. Folga. 2007. *Natural Gas Pipeline Technology Overview*. U.S Department of Energy.
- SAATY. T., 1993. *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin, Proses Hirarki Analitik untuk Pengambilan Keputusan dalam Situasi yang Kompleks*. Pustaka Binama Pressindo.
- Timmerhaus, et al.1991. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering* 4th ed. Mc Graw-Hill, Singapore.
- Yanwarizal. 2007. “*Perancangan Sistem Perpipaan Distribusi Gas Kota di Perumahan Dengan Studi Kasus di Pesona Kayangan Estat Depok*”, Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok.

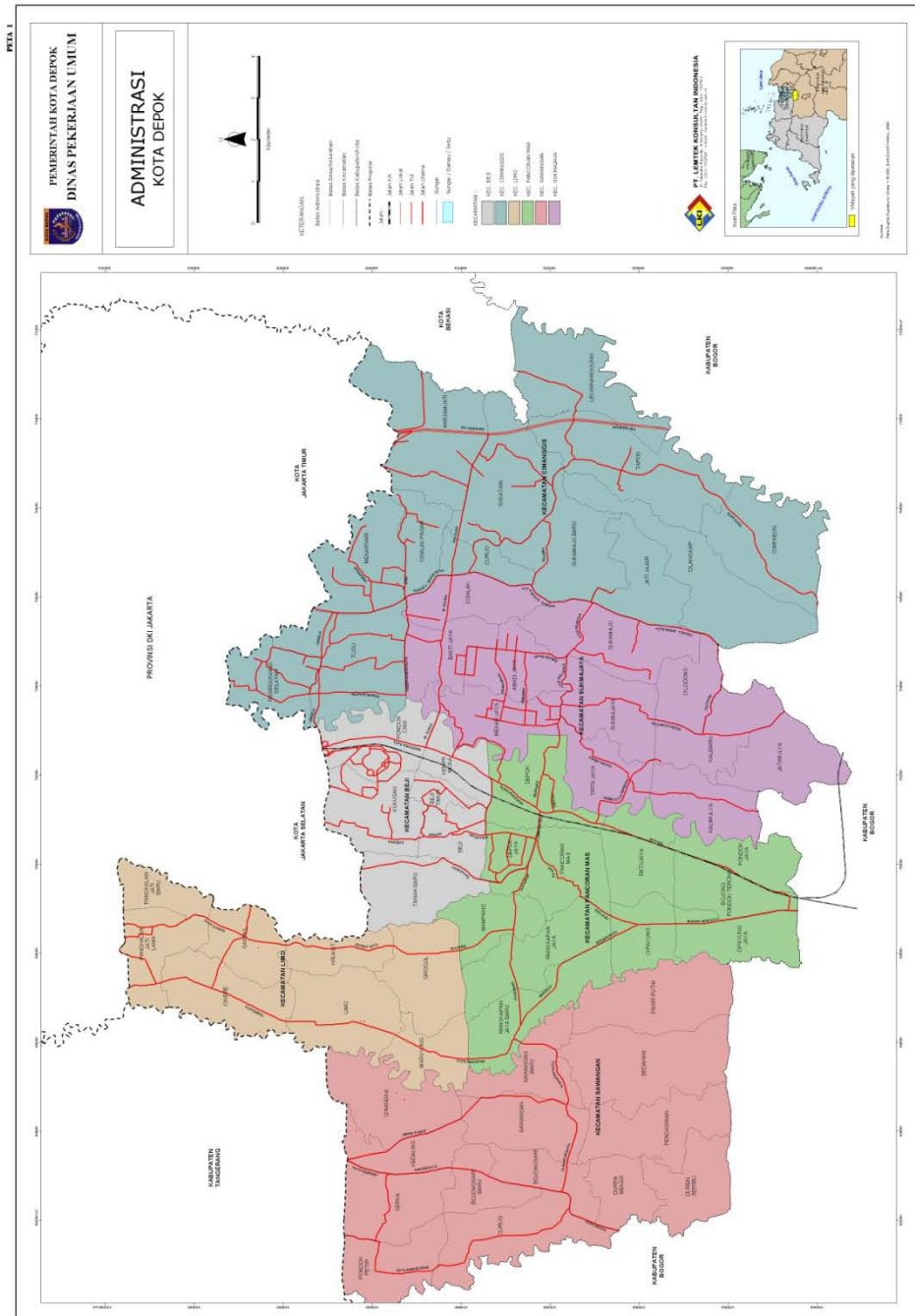
LAMPIRAN

A. Peta

A.1 Peta Administrasi Kota Depok

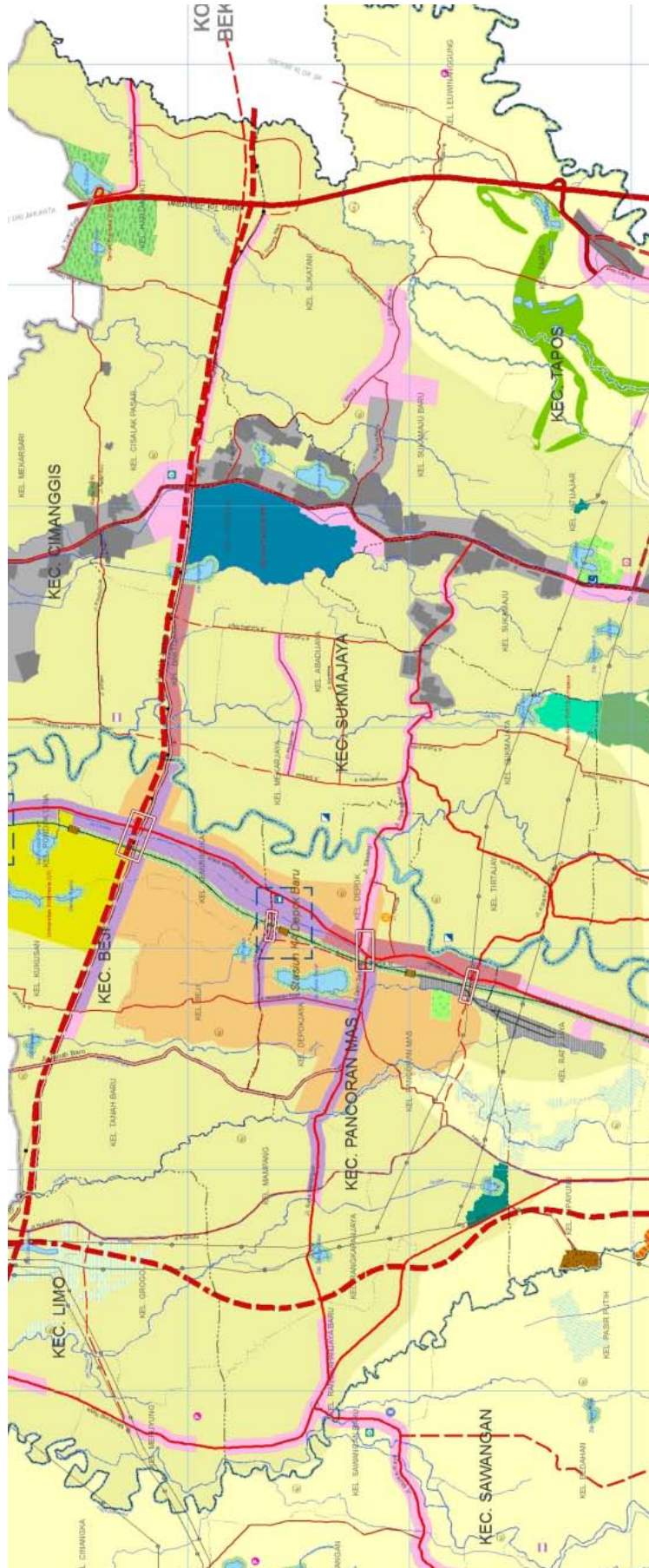
A.2 Peta Jaringan Pipa Eksisting

A.3 Peta Lokasi Potensi Pengembangan

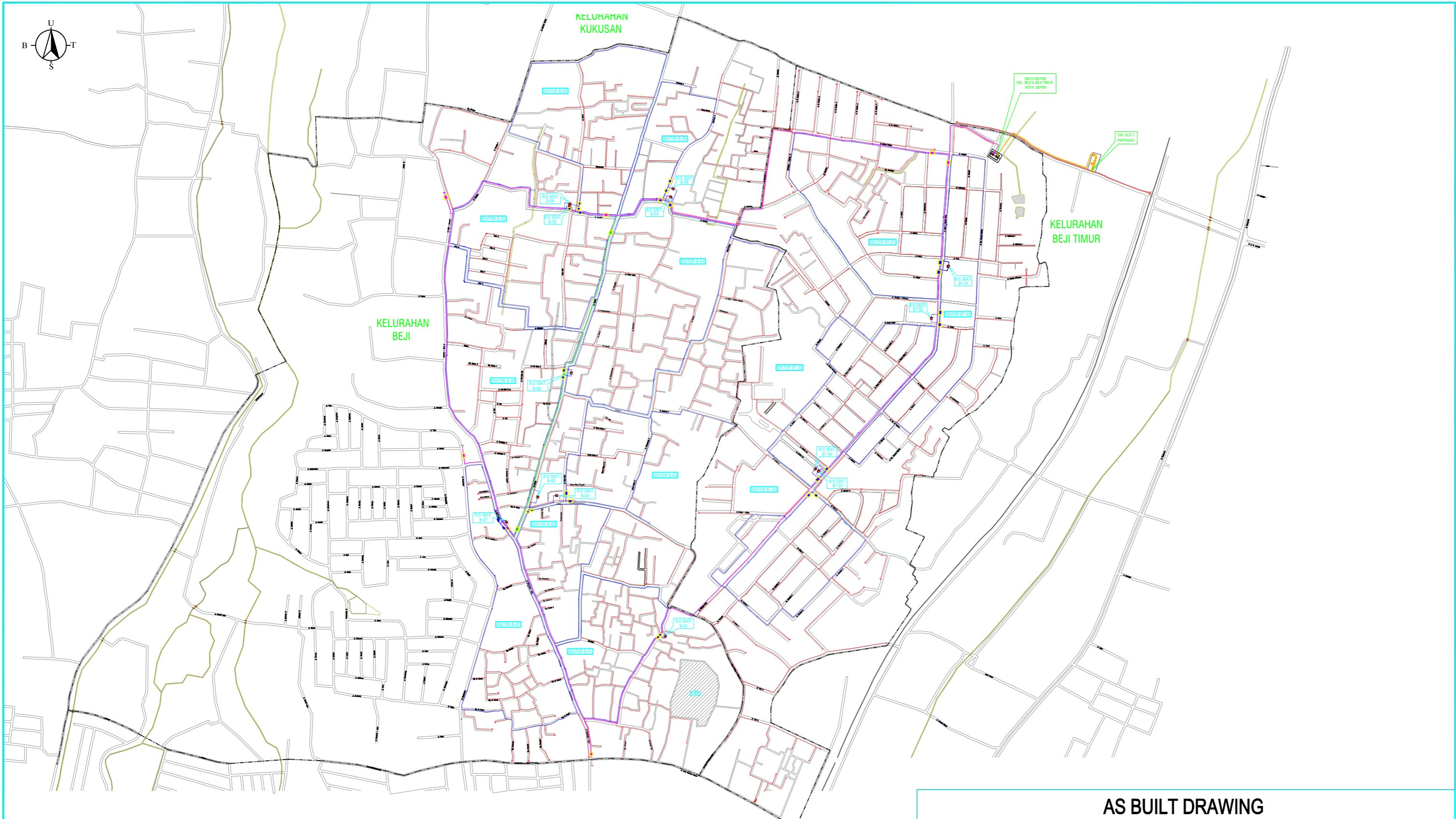
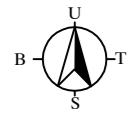


A.1 Peta Administrasi Kota Depok

PETA JARINGAN EKSISTING

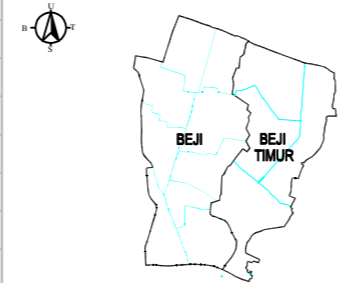


A.3 Peta Lokasi Potensi Pengembangan



REVISI	TANGGAL	URAIAN	DIGAMBAR	DIPERIKSA	DIPERIKSA KONSULTAN	DISETUJUI

KEY PLAN :



KETERANGAN :

- RENCANA PIPA Ø180 mm
- RENCANA PIPA Ø 125 mm
- RENCANA PIPA Ø 90 mm
- RENCANA PIPA Ø 63 mm
- BATAS SEKTOR
- BATAS KELURAHAN
- METER REGULATOR SEKTOR

Pengembangan jaringan..., Novio Valentino, FT UI, 2012

AS BUILT DRAWING

PT. KELSRI
EPC Company
GENERAL CONTRACTOR

PT DELLASONTA MOULDING INTERNATIONAL
Konsultan Pengawasan

DITJEN MIGAS

DIGAMBAR :	JABATAN	N A M A	PARAF	TANGGAL	DIGAMBAR :	JABATAN	N A M A	PARAF	TANGGAL	DIGAMBAR :	JABATAN	N A M A	PARAF	TANGGAL
	DFT	Yoel		05/10/2010										
DIPERIKSA :	FE	Agus G		05/10/2010	DIPERIKSA :					DIPERIKSA :				
DISETUJUI :	CE	Acop R		05/10/2010	DISETUJUI :					DISETUJUI :				

PLOT PLANT
PEKERJAAN PEMBANGUNAN JARINGAN GAS BUMI UNTUK RUMAH TANGGA DI DEPOK
KELURAHAN BEJI DAN BEJI TIMUR KOTA DEPOK

PEKERJAAN PEMBANGUNAN JARINGAN GAS BUMI UNTUK RUMAH TANGGA DI DEPOK

NO GAMBAR : DP-D-12-PP-001-D

REVISI	UKURAN	SKALA
	A3	VERTICAL : 1 : 8.000 HORIZONTAL : 1 : 8.000