

**PERANCANGAN SISTEM PERPIPAAN *STEAMLINE* &
BRINELINE DI LAPANGAN PANAS BUMI LUMUT BALAI
PT. PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGY**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh
PRASETYO HADI PRABOWO
143210100



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2020

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Prasetyo Hadi Prabowo

NPM : 143210100

Program Studi : Teknik Perminyakan

Judul Skripsi : Perancangan Sistem Perpipaan *Steamline & Brineline* Di Lapangan Panas Bumi Lumut Balai PT. Pertamina Geothermal Energy

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Hj. Fitrianti, ST., MT (.....)

Penguji I : Ir. H. Ali Musnal, MT (.....)

Penguji II : Idham Khalid, ST., MT (.....)

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 1 April 2020

Disahkan Oleh:

SEKRETARIS PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN

DOSEN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR

NOVRIANTI, ST., MT

Hj. FITRIANTI, ST., MT

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum di dalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Saya bersedia dicabut gelar dan ijazah yang telah saya peroleh jika ditemukan data atau plagiat dari penulis lain.



Pekanbaru, 1 April 2020



Prasetyo Hadi Prabowo
Prasetyo Hadi Prabowo

NPM 143210100

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh

Nama : Prasetyo Hadi Prabowo
NPM : 143210100
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Skripsi : Perancangan Sistem Perpipaan *Steamline & Brineline* di Lapangan Panas Bumi Lumut Balai PT. Pertamina Geothermal Energy

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Hj. Fitrianti, ST., MT ()
Penguji : Ir. H. Ali Musnal, MT. ()
Penguji : Idham Khalid, ST, MT. ()
Ditetapkan di : Pekanbaru
Tanggal : 1 April 2020

Disahkan oleh:

DEKAN
FAKULTAS TEKNIK

SEKRETARIS PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN

Dr. Eng. Muslim, MT.

Novrianti, ST., MT.

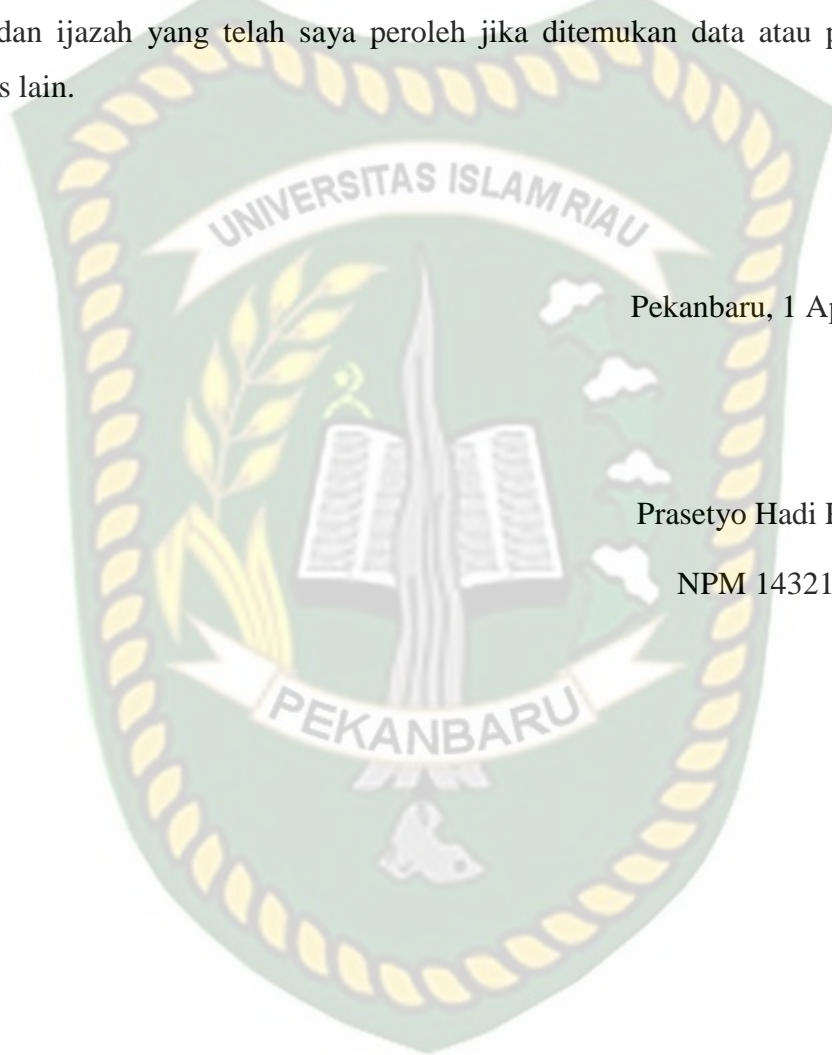
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum di dalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Saya bersedia dicabut gelar dan ijazah yang telah saya peroleh jika ditemukan data atau plagiat dari penulis lain.

Pekanbaru, 1 April 2020

Prasetyo Hadi Prabowo

NPM 143210100



KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Peneliti menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Oleh karena itu peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, papa Surya Efendi, SP dan mama Nensi Sutrisno, dan Adek-adek saya: Muhammad Taufan Wibisono, Muhammad Wahyu Prayudha, dan Muhammad Radhitya Efendi, serta keluarga besar yang memberikan dukungan penuh moril maupun materil sampai penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. H. Ali Musnal, M.T. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, nasihat, dan penyemangat selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan
3. Ibu Hj. Fitrianti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, nasihat, dan penyemangat selama menyusun tugas akhir ini sampai dengan selesai.
4. PT. Marubeni Indonesia yang telah memberikan kesempatan untuk pengambilan data dan bimbingan untuk tugas akhir saya.
5. Azri Hasdi, ST. selaku pembimbing lapangan, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Ketua dan Sekretaris Prodi serta dosen-dosen yang banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan, dan dukungan yang telah diberikan.
7. Teman-teman Teknik Perminyakan angkatan 2014 yang telah memberikan semangat.
8. Istri tercinta Indah Wulandari, SE yang telah memberikan semangat serta dukungan yang tidak ada henti-henti nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dengan baik.

Teriring doa saya, semoga Allah memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, Maret 2020

Penulis



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

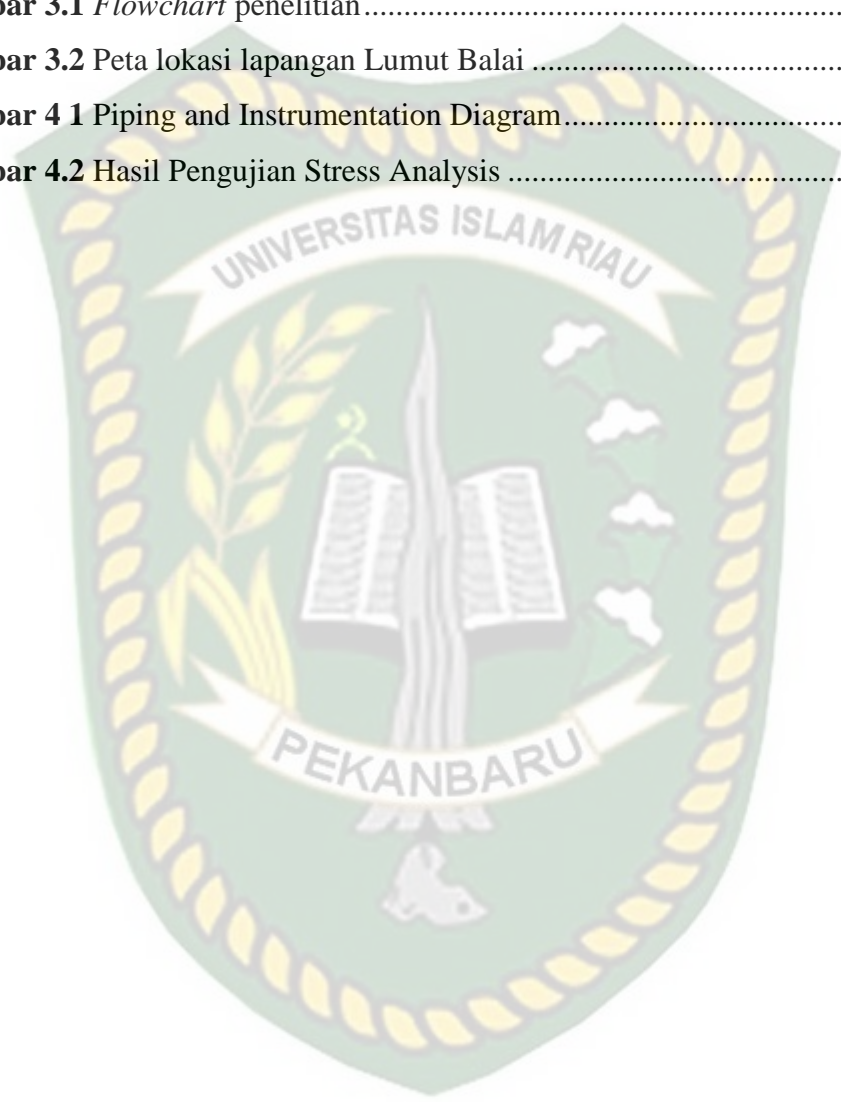
DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR..... | iii |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| DAFTAR SINGKATAN | xi |
| ABSTRAK..... | xiii |
| ABSTRACT..... | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 LATAR BELAKANG | 1 |
| 1.2 TUJUAN PENELITIAN..... | 2 |
| 1.3 BATASAN MASALAH..... | 2 |
| 1.4 MANFAAT PENELITIAN..... | 2 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 3 |
| 2.1 <i>GEOHERMAL ENERGY</i> | 4 |
| 2.2 <i>STEAM LINE</i> | 6 |
| 2.3 <i>BRINE LINE</i> | 7 |
| 2.4 KONDISI DAN KRITERIA PERANCANGAN..... | 7 |
| 2.5 PARAMETER PENENTUAN SISTEM PERPIPAAN..... | 7 |
| 2.5.1 <i>Pipe</i> | 7 |
| 2.5.2 <i>Pipe Support</i> | 8 |
| 2.5.3 <i>Insulation Pipe</i> | 8 |
| 2.5.4 <i>Pressure Drop</i> | 9 |
| 2.5.5 <i>Heat Loss</i> | 9 |
| 2.6 STATE OF THE ART | 10 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 12 |
| 3.1 JENIS PENELITIAN | 12 |
| 3.2 ALUR PENELITIAN..... | 13 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.3 | KARAKTERISTIK LAPANGAN LUMUT BALAI | 14 |
| 3.3.1. | Letak Geografis Lapangan Lumut Balai | 14 |
| 3.3.2. | Data Sumur Pada Lapangan Lumut Balai | 15 |
| 3.3.3 | <i>Steam Turbine</i> | 16 |
| 3.3.4 | Jenis dan Kandungan Fluida | 16 |
| 3.4 | WAKTU DAN TEMPAT PELAKSANAAN TUGAS AKHIR..... | 17 |
| BAB IV | HASIL DAN PEMBAHASAN | 19 |
| 4. 1 | <i>PIPING AND INSTRUMENTATION DIAGRAM (P&ID)</i> | 19 |
| 4. 2 | ANALISIS DATA YANG DIPERLUKAN DALAM MENDESIGN SISTEM PERPIPAAN..... | 21 |
| 4.2.1. | Perhitungan Diameter Pipa <i>Steamline</i> | 21 |
| 4.2.2. | Perhitungan Diameter Pipa <i>Brineline</i> | 21 |
| 4.2.3. | Analisis Material Pipa..... | 22 |
| 4.2.4. | Perhitungan <i>Pipe Support</i> | 22 |
| 4.2.4 | Perhitungan <i>Heat Loss</i> dan Analisis <i>Pipe Insulation</i> | 23 |
| 4.2.5 | Perhitungan <i>Pressure Drop</i> | 23 |
| 4.3 | PENGUJIAN <i>STRESS ANALYSIS</i> | 24 |
| BAB V | KESIMPULAN DAN SARAN..... | 26 |
| 5. 1 | KESIMPULAN..... | 26 |
| 5. 2 | SARAN..... | 26 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 27 |
| | LAMPIRAN | 30 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Skema umum steam line lapangan panas bumi | 6 |
| Gambar 2.2 Insulation Pipe | 9 |
| Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> penelitian | 13 |
| Gambar 3.2 Peta lokasi lapangan Lumut Balai | 15 |
| Gambar 4.1 Piping and Instrumentation Diagram..... | 20 |
| Gambar 4.2 Hasil Pengujian Stress Analysis | 24 |



DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Penggunaan energi secara global (Hasan et al., 2012)..... | 3 |
| Tabel 2.2 Pemanfaatan geothermal dunia antara tahun 1995 – 2005..... | 4 |
| Tabel 3.1 Data sumur Lumut Balai | 16 |
| Tabel 3.2 Kandungan fluida pada lapangan | 17 |
| Tabel 3.3 Jadwal Penelitian..... | 18 |



DAFTAR LAMPIRAN

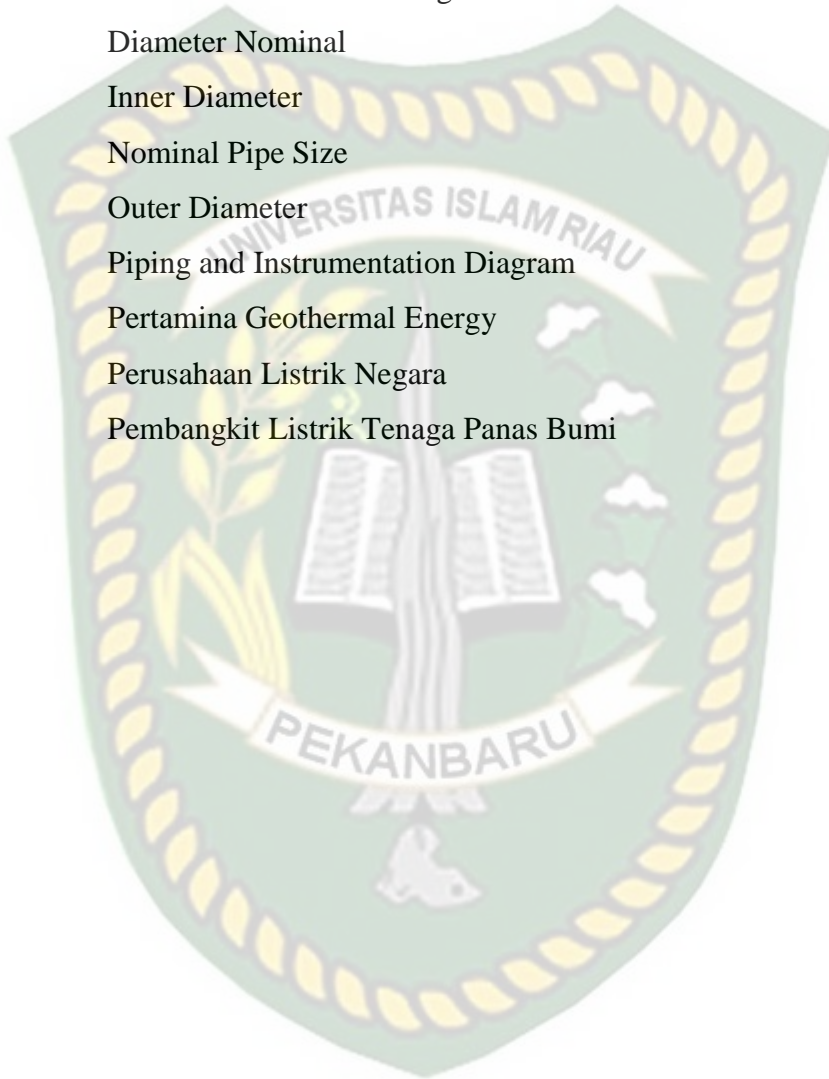
LAMPIRAN I *Stress Analysis Report.*



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SINGKATAN

| | |
|------|--|
| API | American Petroleum Institute |
| ASME | American Society of Mechanical Engineering |
| ASTM | American Standart Testing and Material |
| DN | Diameter Nominal |
| ID | Inner Diameter |
| NPS | Nominal Pipe Size |
| OD | Outer Diameter |
| P&ID | Piping and Instrumentation Diagram |
| PGE | Pertamina Geothermal Energy |
| PLN | Perusahaan Listrik Negara |
| PLTP | Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi |



DAFTAR SIMBOL

| | |
|--------------|---------------------------------|
| d | Diameter pipa |
| ∂T | Perubahan temperatur |
| ∂P | Perubahan tekanan |
| I | Moment Inertia |
| l | Jarak maksimal |
| Q | Laju alir |
| q | Kehilangan panas |
| S_b | Bending stress |
| U | Heat transfer coefficient |
| V | Kecepatan fluida |
| v_g | Saturated steam spesific volume |
| W | Laju alir volumetrik |
| w | Weight |
| x | Kualitas steam |
| ρ | Densitas uap |

PERANCANGAN SISTEM PERPIPAAN *STEAMLINE* & *BRINELINE* DI LAPANGAN PANAS BUMI LUMUT BALAI – PT. PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGY

PRASETYO HADI PRABOWO

143210100

ABSTRAK

Pembangunan fasilitas *geothermal* di Indonesia masih tergolong sedikit, hal tersebut dikarenakan lemahnya pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Padahal Indonesia termasuk memiliki potensi panas bumi yang cukup besar karena Indonesia masuk kedalam zona “*Ring of Fire*” dan hampir 40% dari energi *geothermal* diseluruh dunia, terdapat disekitar kita.

Perancangan desain sistem perpipaan pada proyek pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Lumut Balai ini, akan menghasilkan data berupa *Piping and Instrumentation Diagram* (P&ID). Lalu akan dilakukan uji kelayakan pipa (*stress analysis*) menggunakan software PASS Start-Prof. Semua perancangan dilandasi oleh standar internasional dan nasional sebagaimana yang terjadi di lapangan sehingga desain ini bisa memberikan gambaran umum tentang PLTP tersebut.

Hasil dari pengujian perancangan ini yaitu pembebanan yang paling tinggi terjadi sebesar 745.74 kgf/sq.cm, dibandingkan dengan pembebanan yang diizinkan oleh *international code* ASME B31.1 yaitu sebesar 1179 kgf/sq.cm dengan rasio 63.3 %.

Kata Kunci : ASME B31.1, PLTP, *steamline*, *brineline*, *P&ID*, *stress analysis*, *PASS Start-Prof*

DESIGN OF STEAMLIN AND BRINELINE PIPING SYSTEM IN LUMUT BALAI GEOTHERMAL FIELD - PT. PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGY

PRASETYO HADI PRABOWO

143210100

ABSTRACT

The development of geothermal facilities in Indonesia is relatively quite a bit, due to the weak economic growth. Even though Indonesia is considered to have considerable geothermal potential, because entered the “Ring of Fire” and nearly 40% of geothermal energy worldwide, is all around us.

Piping system design in the Lumut Balai geothermal power plant development project, will generate data P&ID. Then stress analysis testing will be carried out with PASS Start-Prof software. All design are based on international and national standards as is the case of field and can provide an overview about this geothermal power plant.

The result of this design test are the highest stress occurs at 745.74 kgf/sq.cm, compared to the stress allowed by international code ASME B31.1 which is 1179 kgf/sq.cm with a ratio of 63.3%.

Keywords : ASME B31.1, geothermal, steamline, brineline, P&ID, stress analysis, PASS Start-Prof

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi listrik setiap waktu sudah tidak dapat di kendalikan, keberadaan listrik sebagai rantai energi mencapai titik kritis. Salah satu energi yang saat ini mulai dikembangkan yaitu energi panas bumi untuk dikonversikan ke energi-energi lain, contoh nya energi listrik. Kelebihan dari energi panas bumi ini merupakan salah satu energi yang dapat diperbaharui.

Indonesia tercatat sebagai negara yang memiliki cukup banyak potensi panas bumi dikarenakan Indonesia termasuk di lokasi “The Ring of Fire”. Menurut perhitungan terdapat potensi energi panas bumi sebesar 40% dari total sumber energi panas bumi dunia terletak di Indonesia (Hasan et al., 2012). Hal tersebut menjadi salah satu alasan yang cukup kuat oleh PT. Pertamina Geothermal Energy yang memberi kuasa penuh kepada Marubeni Corporation & Toshiba Power System untuk membangun Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Lumut Balai di daerah Desa Penindaian, Kecamatan Semendo Darat Laut, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan.

Untuk membangun sebuah geothermal power plant, tentu dibutuhkan rangkaian pipa yang akan digunakan untuk mengalirkan fluida. Pipa merupakan sebuah teknologi yang dapat mengalirkan dan mendistribusikan fluida seperti minyak, air, uap air maupun gas ketempat yang jauh dalam jumlah yang tidak terbatas (Wibowo, 2015). Hampir segala jenis industri menggunakan pipa sebagai sarana untuk mengalirkan fluida. Jika pipa mengalami masalah atau pun kerusakan maka akan sangat mengganggu proses apapun yang sedang berjalan. Flowline merupakan komponen yang sangat kritis karena flowline mengalirkan fluida dari outlet sumur ke inlet production (Ratnayake & Markeset, 2010).

Perancangan sistem perpipaan yang dapat dilakukan adalah mendesain sistem *flowline steam & brine* yang menghasilkan suatu proses untuk mendapatkan *steam pressure* dan kapasitas *steam* yang dibutuhkan *turbine* dapat terpenuhi agar sebuah proses konversi energi panas bumi menjadi energi listrik dapat terlaksana secara baik dengan memperhatikan faktor keamanan,

keselamatan, efisiensi dan beberapa faktor yang ditetapkan oleh PT. Pertamina Geothermal Energy selaku pemilik lapangan panas bumi tersebut. Desain sistem perpipaan ini diperkirakan dapat digunakan dalam jangka waktu 30 tahun tanpa ada perbaikan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir dengan judul Perancangan Sistem Perpipaan *Steamline & Brineline* di Lapangan Panas Bumi Lumut Balai – PT. Pertamina Geothermal Energy yaitu sebagai berikut :

1. Menentukan *design Piping and Instrumentation Diagram* (P&ID).
2. Memperhitungkan dan menganalisis data yang diperlukan untuk *design* sistem perpipaan.
3. Melakukan uji *Stress Analysis* yang berguna untuk mengetahui ketahanan sistem perpipaan sesuai dengan standar internasional ASME B.31.1

1.3 Batasan Masalah

Penelitian Tugas Akhir dengan judul “Perancangan Sistem Perpipaan *Steamline & Brineline* di Lapangan Panas Bumi Lumut Balai – PT. Pertamina Geothermal Energy” ini memiliki batasan masalah antara lain sebagai berikut :

1. Penelitian tidak melihat faktor ekonomi dari suatu proyek.
2. Penelitian hanya membahas jalur pipa.
3. Perancangan hanya mengikuti regulasi dari ASME, API, dan Peraturan Pemerintah lainnya.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan adalah mengetahui proses design dan perancangan sebuah pipeline dalam suatu proyek sesuai dengan regulasi yang berlaku, bermanfaat bagi pembaca, peneliti sekarang dan peneliti berikutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Suplai energi pada masa yang akan datang cukup memperhatikan dan dapat membuat masalah yang telah menarik perhatian seluruh negara di dunia. Hal tersebut dikarenakan kesejahteraan manusia *modern* sangat bergantung pada kebutuhan dan kualitas dari sumber daya energi yang digunakan. Konsumsi energi secara global harusnya ikut meningkat seiring dengan meningkatnya populasi manusia di dunia, namun penggunaan energi terbesar merupakan energi yang tidak dapat diperbarui, seperti minyak bumi dan batubara (Hasan et al., 2012).

| Source | 1980 | | 2009 | |
|-------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| | Mtoe | Share (%) | Mtoe | Share (%) |
| Petroleum | 2979.8 | 44.9 | 3882.1 | 34.37 |
| Coal | 1807.9 | 27.3 | 3278.3 | 29.02 |
| Natural gas | 1296.8 | 19.6 | 2653.1 | 23.49 |
| Nuclear | 161 | 2.4 | 610.5 | 5.4 |
| Hydropower | 384.3 | 5.8 | 740.3 | 6.55 |
| Total | 6629.80 | 100 | 11,294.90 | 100 |

Tabel 2 1 Penggunaan energi secara global (Hasan et al., 2012)

Apabila kita mengkonsumsi energi yang tidak dapat diperbarui secara terus menerus maka dikhawatirkan akan merusak apa yang telah Allah SWT berikan kepada kita. Sesuai dengan firman Allah SWT dalam surat Al-A'raf ayat 56 :

“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang – orang yang berbuat baik.”

2.1 Geothermal Energy

Menurut (Ingvar B, 2001), dalam semua skenario yang telah dilakukan, era penggunaan energi yang berasal dari fosil telah berlalu. Sumber daya energi yang dapat diperbaharui diharapkan bisa untuk menggantikan sekitar 30% - 80% dari sumber daya energi yang sudah ada. Penggunaan energi panas bumi untuk memproduksi energi listrik telah dikomersilkan sejak tahun 1913, dan selama empat dekade terakhir telah menghasilkan ratusan MW listrik dan pemanfaatannya meningkat selama hampir lebih dari tiga dekade. Pada tahun 2000, sumber daya alam panas bumi telah diidentifikasi di lebih dari 80 negara, dan lebih dari 20 negara diseluruh dunia memproduksi listrik dari uap panas bumi.

| Country | 1995 (MW _e) | 2000 (MW _e) | Early 2005 (MW _e) | 2000–2005 Increase (MW _e) | Percent increase |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------------|--|------------------|
| Australia | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0 | Unchanged |
| Austria | 0 | 0 | 1.2 | 1.2 | New plant |
| China | 29 | 29 | 28 | -1 | Unchanged |
| Costa Rica ^a | 55 | 143 | 163 | 20 | 14% |
| El Salvador ^b | 105 | 161 | 151 | -10 | -6% |
| Ethiopia | 0 | 7.3 | 7.3 | 0 | Unchanged |
| France ^c | 4.2 | 4.2 | 15 | 10.8 | 250% |
| Germany | 0 | 0 | 0.2 | 0.2 | New plant |
| Guatemala | 0 | 33 | 33 | 0 | Unchanged |
| Iceland ^d | 50 | 170 | 202 | 32 | 19% |
| Indonesia ^e | 310 | 589 | 797 | 208 | 35% |
| Italy ^f | 632 | 785 | 791 | 6 | 1% |
| Japan | 414 | 547 | 535 | -12 | -2% |
| Kenya ^g | 45 | 45 | 129 | 84 | 186% |
| Mexico ^h | 753 | 755 | 953 | 198 | 26% |
| New Zealand | 286 | 437 | 435 | -2 | Unchanged |
| Nicaragua ⁱ | 70 | 70 | 77 | 7 | 11% |
| Papua New Guinea ^j | 0 | 0 | 6 | 6 | New plant |
| Philippines ^k | 1227 | 1909 | 1930 | 21 | 1% |
| Portugal | 5 | 16 | 16 | 0 | Unchanged |
| Russia ^l | 11 | 23 | 79 | 56 | 243% |
| Thailand | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0 | Unchanged |
| Turkey | 20 | 20 | 20 | 0 | Unchanged |
| USA ^m | 2817 | 2228 | 2564 | 336 | 15% |
| Total | 6833 | 7972 | 8933 | 961 | 13% |

Tabel 2 2 Pemanfaatan geothermal dunia antara tahun 1995 – 2005

(Bertani, 2005)

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Bertani, 2005) bahwa meskipun sangat besar potensi sumber daya alam panas bumi di Indonesia, namun pembangunan fasilitas untuk pemanfaatan geothermal tersebut termasuk kecil dari

pada negara lain, hal tersebut dikarenakan lemahnya pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Hal ini juga dapat kita lihat pada tabel dibawah ini yang menunjukkan informasi tentang seberapa besar pemanfaatan lapangan geothermal di Indonesia.

| Island | Number of locations | Energy potential (MWe) | | | | | Total | Installed (MW) |
|--------------------|---------------------|------------------------|--------------|----------|----------|--------|--------|----------------|
| | | Resources | | Reserves | | | | |
| | | Speculative | Hypothetical | Possible | Probable | Proven | | |
| Sumatra | 93 | 3183 | 2469 | 6790 | 15 | 380 | 12,837 | 122 |
| Java | 71 | 1672 | 1826 | 3786 | 658 | 1815 | 9757 | 1204 |
| Bali-Nusa Tenggara | 33 | 427 | 417 | 1013 | 0 | 15 | 1872 | 12.5 |
| Kalimantan | 12 | 145 | 0 | 0 | 0 | 0 | 145 | 0 |
| Sulawesi | 70 | 1330 | 221 | 1374 | 150 | 78 | 3153 | 80 |
| Maluku | 30 | 545 | 76 | 450 | 0 | 0 | 1071 | 0 |
| Papua | 3 | 75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 | 0 |
| | | 7377 | 5009 | 13,413 | 823 | 2288 | | |
| Total | 312 | | 12,386 | 28,910 | | 16,524 | 28,910 | 1438.5 |

Tabel 2.3 Lapangan geothermal Indonesia tahun 2013 (S. Darma, 2016)

Terdapat beberapa jenis reservoir panas bumi menurut (Edward et al., 1982), antara lain sebagai berikut :

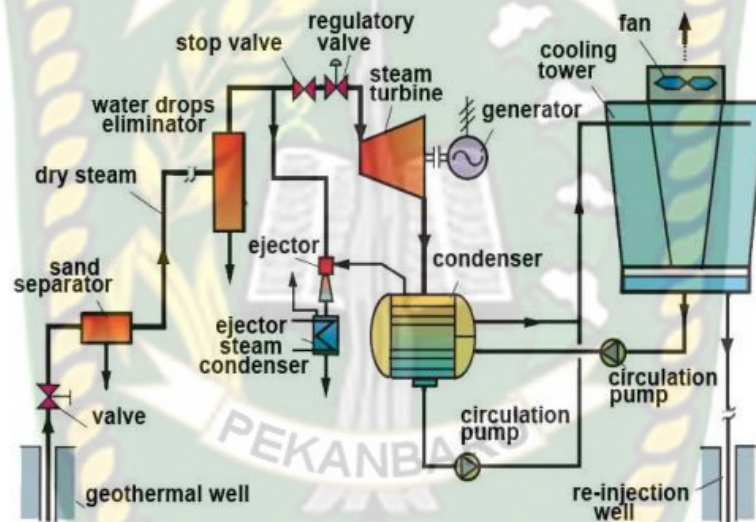
- a. **Reservoir Hydrothermal**, yaitu reservoir yang mengandung beberapa jenis fluida seperti uap, air, atau campuran nya, tergantung dari temperature dan tekanan nya.
- b. **Reservoir Bertekanan Tinggi**, yaitu reservoir yang memiliki lapisan *impermeable* sehingga fluida bertekanan terjebak didalam lapisan tersebut.
- c. **Hot Dry Rock**, yaitu reservoir yang hanya memiliki batuan panas dan tidak ada fluida. Sehingga diperlukan injeksi air kedalam reservoir agar berubah menjadi uap.

Berdasarkan (Geothermal Communities, 2010) konversi energi panas bumi direpresentasikan dengan cara mengubah energi panas menjadi energi listrik dan memiliki 4 sistem yang berbeda, antara lain sebagai berikut :

- a. **Dry Steam Plant**, merupakan sistem yang memungkinkan langsung memproduksi steam menuju turbin tanpa adanya pemisahan 2 fasa fluida. Sistem ini telah digunakan hampir 100 tahun.

- b. **Flash Power Plant**, yaitu sistem yang menggunakan pemisah antara fluida uap dan air, sehingga uap yang masuk ke turbin merupakan uap kering.
- c. **Binary Geothermal Plant**, merupakan sistem yang beroperasi pada uap yang memiliki temperatur dan titik didih rendah. Sehingga setelah uap masuk ke turbin, tidak ada lagi emisi yang dikeluarkan ke udara.
- d. **Combine Cycle**, merupakan sistem kombinasi antara *Flash System* dan *Binary System*.

2.2 Steam Line



Gambar 2.1 Skema umum *steam line* lapangan panas bumi
(Geothermal Communities, 2010)

Pada lapangan panas bumi Lumut Balai ini menggunakan sistem *Dry Steam Plant* yang tidak memerlukan pemisah antara fluida uap dan air sebelum memasuki turbin. Secara garis besar, steam line merupakan komponen jalur dan jaringan pipa yang mengalirkan fluida steam gabungan dari beberapa unsur yang berbeda seperti pH, temperature, dan konsentrasi kandungan steam dari bermacam-macam sumur dan dialirkan menuju ke sistem pembangkit. Sehingga pipa steam line pada lapangan panas bumi dituntut dan didesain cukup fleksibel untuk menahan beban operasional (Niftiani et al., 2017).

2.3 *Brine Line*

Brine atau yang disebut juga air garam merupakan fluida yang memiliki kadar larutan garam dan ikut terproduksi, biasanya berada didalam celah-celah formasi produksi. Brine merupakan larutan cair yang mengandung sodium bicarbonate, sodium chloride, dan kandungan kimia lainnya yang membuat fluida ini tidak layak di konsumsi oleh makhluk hidup atau digunakan untuk tujuan irigasi. Sehingga brine ini adalah limbah hasil produksi *steam* yang jumlahnya cukup banyak yang akan dibuang atau di injeksikan kembali melalui sumur re-injection. Langkah yang paling bijaksana adalah melakukan injeksi kembali brine kedalam formasi menggunakan injection well yang memiliki kedalaman sekitar 200 ft atau lebih (Macero et al., 1997). Dari hal tersebut, jalur pipa brine untuk menginjeksikan kembali fluida brine sangat dibutuhkan untuk menjaga lingkungan disekitar lapangan.

2.4 **Kondisi dan Kriteria Perancangan**

Untuk proyek lumut balai 1 ini, standar perancangan perpipaannya menggunakan *international code* ASME B.31.1 (Power Piping). *Code* ini diaplikasikan untuk tipikal piping didalam *electric power station* di industrial *geothermal heating system*. *Power Plant System* ini harus didesain untuk mengatasi semua kondisi tekanan, suhu, dan pembebanan yang terjadi (ASME, 2018).

2.5 **Parameter Penentuan Sistem Perpipaan**

Sistem perpipaan pada umumnya memiliki beberapa komponen pendukung, antara lain sebagai berikut :

2.5.1 *Pipe*

Pipa atau *pipe* adalah komponen yang sangat penting dalam perpipaan karena berfungsi sebagai tempat mengalirnya fluida. Untuk melaksanakan tugasnya, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan pipa seperti inner diameter (ID), outer diameter (OD), ketebalan pipa, serta jenis material yang digunakan. Ukuran pipa diharuskan cukup memadai untuk mengalirkan fluida pada kecepatan dan tekanan tertentu. Laju alir juga perlu dijaga di bawah batas

laju alir maksimum, hal tersebut dikarenakan untuk menghindari masalah yang timbul pada pipa seperti, getaran, erosi, water hammer, ataupun kebisingan. Jenis material untuk perpipaan juga harus diperhatikan agar memenuhi syarat saat pemilihan pipa sesuai dengan aplikasi di lapangan nya (Ardiansyah, 2008).

Dalam pemilihan ukuran pipa terdapat 2 standar baku internasional yang digunakan yaitu, DN (Diameter Nominal) yang menunjukkan ukuran pipa dalam mm, NPS (Nominal Pipe Size) yang menunjukkan ukuran pipa dalam inch. Untuk persamaan ketebalan pipa menggunakan standar petunjuk Sch (Schedule) yang menggunakan standar ASME atau ASTM dalam satuan inch, namun untuk penggunaan jenis material Stainless Steel (SUS) ditambahkan huruf s diakhir angka schedule. Schedule pipa dapat dikategorikan menjadi schedule 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 160, schedule standar (STD), dan seterusnya schedule extra strong (XS), schedule double extra strong (XXS), dan schedule special. Sedangkan Thickness menunjukkan ketebalan pipa yang menggunakan standar API dalam satuan mm. Semakin besar nilai schedule, maka semakin tebal pipa tersebut. Dan jika pipa berasal dari material Stainless Steel, maka diakhir angka schedule akan diberi huruf s untuk membedakan material yang sedang digunakan.

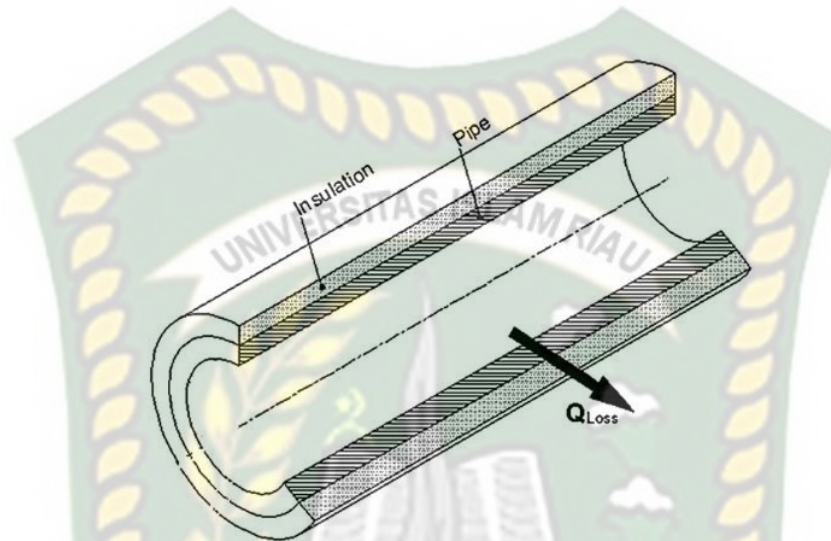
2.5.2 Pipe Support

Pipe Support merupakan sebuah pondasi yang digunakan untuk menahan beban yang diterima pipa pada saat fluida mengalir maupun beban dari pipa itu sendiri. Pondasi tersebut dasarnya adalah beton dan penyangganya merupakan sebuah besi yang mampu menahan beban dari jalur pipa yang akan didesain. Penyangga pipa ini harus mampu mentoleransi antara kekuatan menahan beban, kekuatan menahan lentur, serta kekuatan menahan ekspansi termal dari jalur pipa tersebut. (Koorey et al., 2000)

2.5.3 Insulation Pipe

Pada sebuah proyek, sangat diutamakan untuk melakukan *energy saving*, sebisa mungkin energi yang ada tidak dibuang secara percuma. Fungsi dari *insulation pipe* adalah untuk menjaga kestabilan suhu uap agar sifat kimia dari steam tidak berubah menjadi cair / tidak terjadi penguapan, serta juga untuk mengurangi radiasi suara yang ditimbulkan oleh getaran aliran didalam pipa. Hal

tersebut dikarenakan energi panas dapat berpindah melalui dinding pipa, selain itu penggunaan insulasi pada pipa juga berguna untuk faktor *safety* terhadap manusia (Keebaş et al., 2011).



Gambar 2.2 Insulation Pipe (Keebaş et al., 2011)

2.5.4 Pressure Drop

Steam memiliki tekanan yang cukup untuk mengalir didalam pipa, tekanan tersebut yang harus dijaga agar tidak menurun dan tidak membutuhkan pompa untuk mengalirkannya. Dikarenakan tekanan tersebut sangat penting untuk menggerakkan turbin. Apabila tekanan yang diterima turbin rendah, akan menurunkan produksi daya listrik oleh generator.

2.5.5 Heat Loss

Menurut (Tien & Rohani, 1974) fluida khususnya uap yang memiliki temperatur tinggi seharusnya juga memiliki tekanan yang tinggi. Sehingga hubungan tekanan dan temperatur adalah berbanding lurus. Kehilangan panas yang berlebih akan mengakibatkan penurunan tekanan yang signifikan dan hal tersebut sangat tidak diharapkan.

2.6 State Of The Art

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Ardiansyah, 2008) dengan judul Perancangan Sistem Perpipaan Transmisi Gas dari Muara Bekasi ke Muara Tawar Melalui Jalur Lepas Pantai. Disimpulkan bahwa proses perancangan sistem perpipaan dimulai dengan pengumpulan data teknis serta mengolah dan mendesain data tersebut menggunakan software Google Earth untuk melihat citra satelit lokasi ataupun jalur dari sistem transmisi gas melalui jalur offshore. Penelitian tersebut didasari oleh permintaan akan suplai gas untuk berbagai macam keperluan di daerah Sumatera Selatan. Penelitian ini juga membahas tentang keekonomisan suatu proyek serta menggunakan DnV 2000 sebagai standar ataupun regulasi dalam hal mendesain dan merancang sistem perpipaan di dasar laut.

Sedangkan berdasarkan penelitian (Halim, 2014) dengan judul Desain Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) 3MW Sistem *Direct-Steam Plants* Pada Sumur Produksi Kamojang - 68. Pada penelitian ini dilakukan perancangan desain sebuah pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) yang dimulai dari pengumpulan data produksi, penentuan *process flow diagram*, penentuan *piping & instrumentation diagram* dan penentuan dimensi peralatan. Perancangan desain PLTP ini menggunakan aplikasi CADWorx dan CAESAR II 4.20 serta merujuk kepada *standart code* ASME B.31.1 tentang *power piping*. Hasil dari penelitian ini adalah uap panas bumi pada sumur produksi Kamojang – 68 termasuk kedalam tipe uap kering sehingga dapat dilakukan model konversi energi yang sesuai yaitu *direct steam*.

Penelitian yang dilakukan (Bisht & Jahan, 2014) menjelaskan bahwa *software* CAESAR II merupakan *software* yang dirancang untuk memudahkan kita menghitung *stress analysis* pada sebuah desain perpipaan. *Stress analysis* merupakan pengujian ketahanan pipa menerima beban yang diberikan oleh fluida dalam keadaan terus menerus sehingga akan mempengaruhi bagaimana pipa tersebut di desain dan bagaimana material dasar dari pipa tersebut dipilih (Kannappan, 1986).

Dalam hal pemilihan material insulasi pada pipa, penelitian yang dilakukan oleh (Anand et al., 2012) membandingkan material antara *mineral*

wool, *cement*, dan *cotton wool*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan *mineral wool* memiliki harga yang tinggi namun dengan kualitas terbaik, disusul dengan *cotton wool*, dan terakhir *cement*. Penggunaan material insulasi dari *cement* tidak direkomendasikan karena dapat merusak lingkungan sekitar dan nilai *heat loss* lebih besar dari material lainnya.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

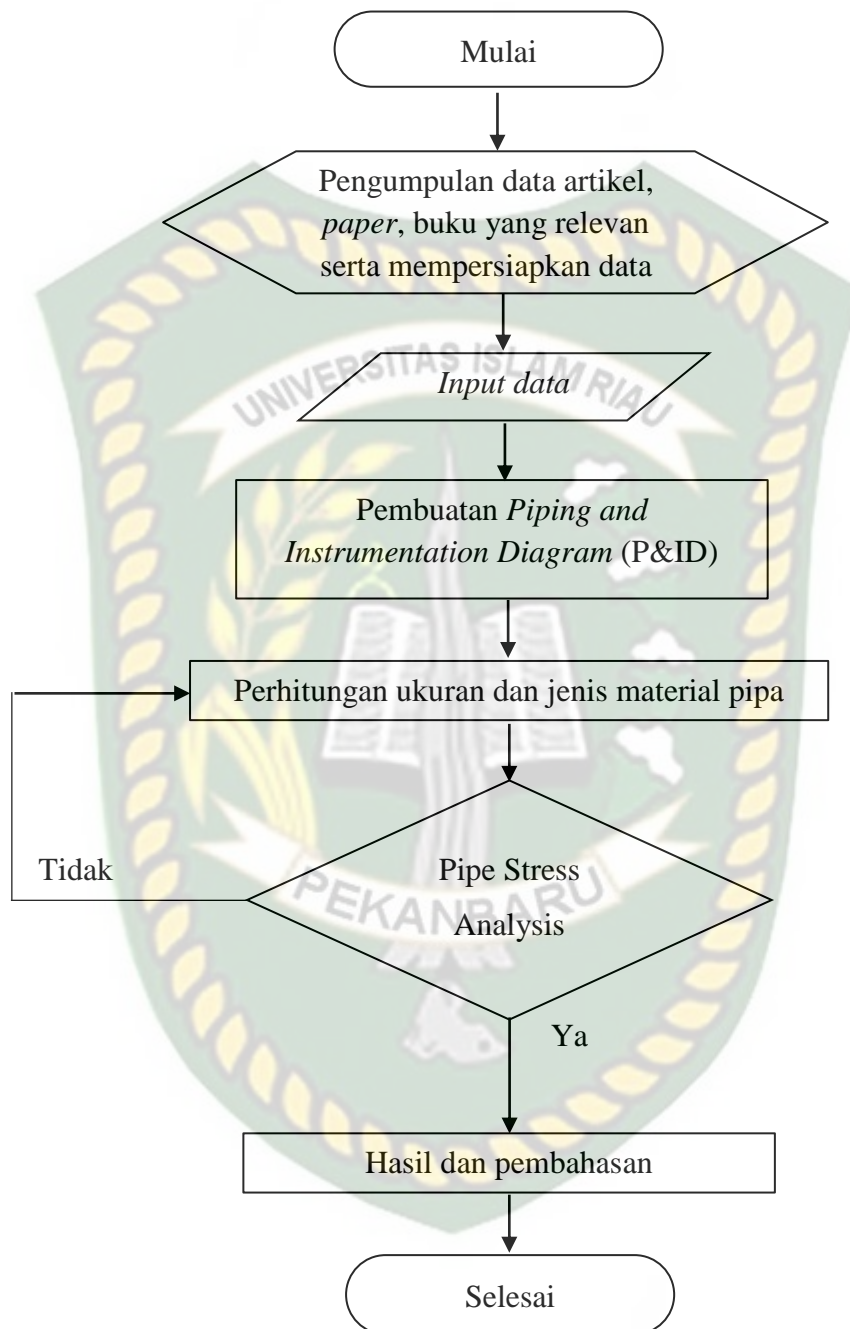
Penelitian Tugas Akhir ini berjudul “Perancangan Sistem Perpipaan *Steamline & Brineline* di Lapangan Panas Bumi Lumut Balai – PT. Pertamina Geothermal Energy”. Penelitian ini dilakukan menggunakan *software* Microsoft Visio dan PASS Start-Prof. Data yang digunakan adalah data primer yang didapat dari sumber yang terpercaya.

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan dilapangan Lumut Balai dan data diambil dari PT. Marubeni Indonesia. Metode yang digunakan adalah kombinasi studi lapangan (*Case Studi*) dan simulasi. Adapun data yang diperoleh merupakan data primer dan data sekunder. Data tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Data Sumur, berupa data *ambient temperature, steam temperature, well head pressure, enthalpy, density steam, steam flow, steam velocity, water flow*, dan *steam quality*.
2. Data Wawancara, berupa tutorial dalam mendesain sistem perpipaan dan pengujian *stress analysis*.
3. Data *Software*, berupa data dan cara instalasi *software* PASS-Start Prof

3.2 ALUR PENELITIAN



Gambar 3.1 *Flowchart* penelitian

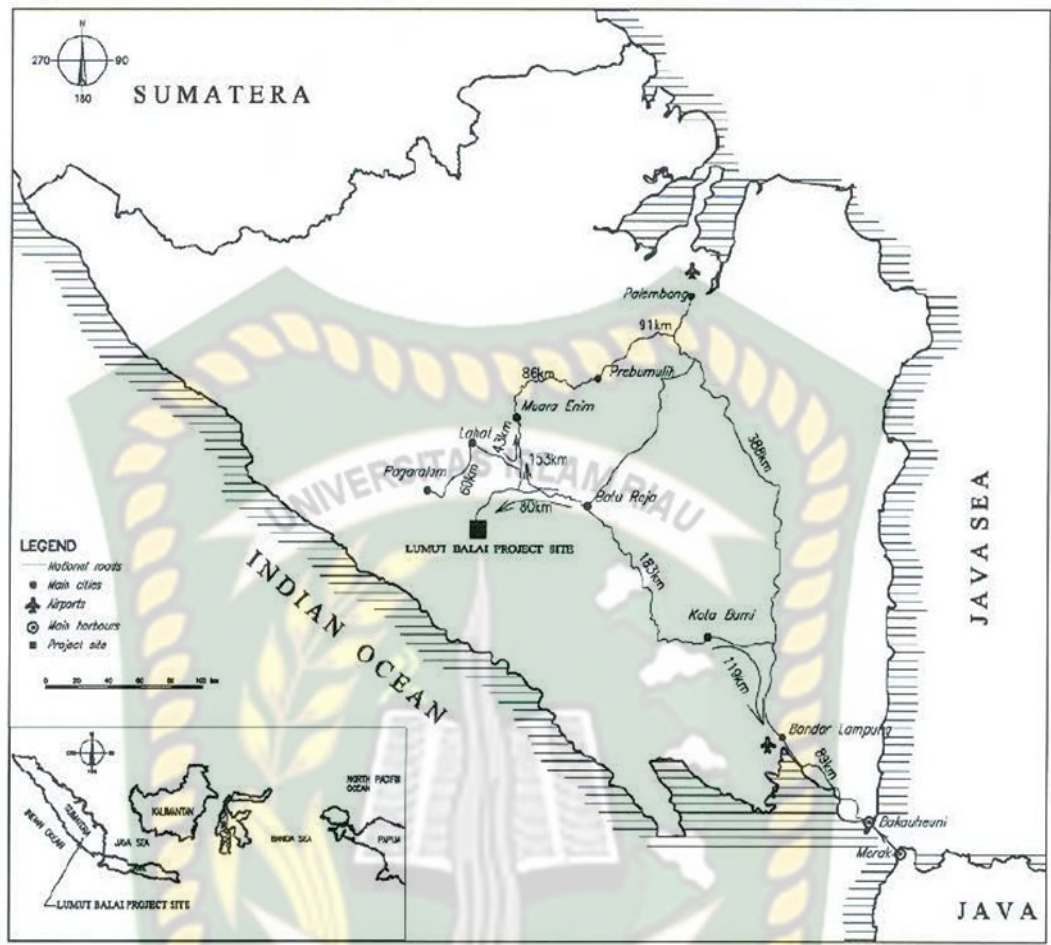
3.3 Karakteristik Lapangan Lumut Balai

3.3.1. Letak Geografis Lapangan Lumut Balai

Menurut website resmi (www.muaraenim.go.id, 2019) secara geografis kabupaten Muara Enim terletak di posisi antara 4° - 6° Lintang Selatan dan 104° - 106° Bujur Timur. Serta memiliki luas wilayah sekitar $7.383,9 \text{ km}^2$ yang terletak ditengah – tengah wilayah Provinsi Sumatera Selatan, dengan batas – batas wilayah yaitu : sebelah Utara adalah Kota Palembang, sebelah Timur adalah Kabupaten Ogan Ilir, sebelah Selatan adalah Provinsi Bengkulu, dan sebelah Barat adalah Kabupaten Musi Rawas.

Lapangan Lumut Balai terletak di Kelurahan Penindaian, Kecamatan Semende Darat Laut, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan (sekitar 292 km dari kota Palembang). Lapangan panas bumi ini memiliki koordinat : UTM 342 km E dan 9532 km N – 9545 km N. Terletak disekitar gunung Balai, gunung Lumut, gunung Pagut. Ketinggian rata – rata lapangan panas bumi ini sekitar kurang lebih 1100 meter diatas permukaan laut (mdpl).

Berdasarkan data dari (PGE, 2014) pembangkit listrik tenaga panas bumi yang akan dibangun diprediksi dapat menghasilkan daya listrik melalui generator sebesar 55 MW yang akan dijual ke perusahaan listrik negara (PLN) dan di distribusikan ke konsumen.



Gambar 3.2 Peta lokasi lapangan Lumut Balai

3.3.2. Data Sumur Pada Lapangan Lumut Balai

Menurut data yang didapatkan dari (PGE, 2014) sumur-sumur panas bumi pada lapangan Lumut Balai memiliki kriteria sebagai berikut :

| Parameter | Nilai | Satuan |
|---------------------|-------------|-------------------|
| Steam Temperature | 245° | Celsius |
| Ambient Temperature | 25° | Celsius |
| Well Head Pressure | 7 | Bar |
| Enthalpy Steam | 1040 – 1060 | kJ/kg |
| Density Steam | 3.667 | kg/m ³ |
| Steam Flow | 25 | t/h |

| | | |
|----------------|------|-----|
| Steam Velocity | 30 | m/s |
| Steam Quality | 0.23 | |
| Water Flow | 315 | t/h |

Tabel 3.1 Data sumur Lumut Balai

Penelitian yang dilakukan oleh (Hamdani et al., 2020) menjelaskan bahwa *reservoir* lapangan Lumut Balai ini telah diklasifikasi sebagai *volcanic hydrothermal system*, yaitu sistem *reservoir* yang mengandung uap, air, atau campuran antara uap dan air tergantung kepada nilai tekanan dan temperatur nya. Air yang terdapat pada *reservoir* ini merupakan air yang berasal dari permukaan, lalu melewati rekahan-rekahan ke batuan *permeable* dan dipanaskan oleh sumber panas melalui cara konduksi.

Pada lapangan ini, dua sumur telah dilakukan pengeboran sejak tahun 2007 dan diharapkan akan menghasilkan 75 MW pada area *reservoir* sebesar ± 70 km². Maka dari itu, PGE berencana membangun 4x55MW *geothermal field* yang dimulai pada tahun 2012 (Surya Darma et al., 2010)

3.3.3 Steam Turbine

Berdasarkan data yang didapat melalui penelitian yang dilakukan oleh (Sulistiyardi, 2010) menjelaskan bahwa turbin yang digunakan pada lapangan ini menggunakan *single cylinder, double-flow, horizontal shaft*, dan *condensing unit*. Serta pada rotor diaplikasikan *sealant* yang berfungsi untuk mencegah adanya erosi dan korosi. Minimal tekanan yang diterima turbin adalah sebesar 5.5 bar dan laju alir uap yang mampu diterima oleh turbin lebih dari 115.9 kg/s.

3.3.4 Jenis dan Kandungan Fluida

Kandungan fluida yang terdapat pada *steam* dan air di lapangan panas bumi Lumut Balai, dapat dilihat pada tabel berikut ini : (PGE, 2014)

| | | <i>Liquid Phase</i> | <i>Steam Condensate</i> |
|------------------|-------|---------------------|-------------------------|
| pH at 25°C | | 6.7 | 5.5 |
| Li | mg/kg | 22.8 | 0.39 |
| Na | mg/kg | 5854 | 42 |
| K | mg/kg | 1038 | 7.07 |
| Ca | mg/kg | 598 | 4.55 |
| Mg | mg/kg | 0.354 | 0.1 |
| HCO ₃ | mg/kg | 9.52 | 9.23 |
| SO ₄ | mg/kg | 32.1 | 5 |
| Cl | mg/kg | 11180 | 74.5 |
| F | mg/kg | 2.18 | 0.1 |
| B | mg/kg | 27.6 | 1.7 |
| SiO ₂ | mg/kg | 642 | 5.05 |
| As | mg/kg | 14.6 | 0.095 |
| Fe | mg/kg | 0.055 | 0.028 |
| NH ₃ | mg/kg | 0.33 | 2.87 |
| H ₂ S | mg/kg | 0.045 | 13.2 |

Tabel 3 2 Kandungan fluida pada lapangan Lumut Balai

3.4 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Tugas Akhir

Data yang diperoleh oleh penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini diperoleh dari PT. Marubeni Indonesia di lapangan Lumut Balai milik PT. Pertamina Geothermal Energy. Tempat penelitian dilakukan di Universitas Islam Riau.

| Kegiatan dan Waktu Pelaksanaan | Bulan I | | | | Bulan II | | | |
|---------------------------------|---------|---|---|---|----------|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Studi Literatur | | | | | | | | |
| Seminar Proposal | | | | | | | | |
| Riset Lapangan dan Wawancara | | | | | | | | |
| Pengumpulan dan Pengolahan Data | | | | | | | | |
| Penyusunan TA | | | | | | | | |
| Presentasi TA | | | | | | | | |

Tabel 3 3 Jadwal Penelitian

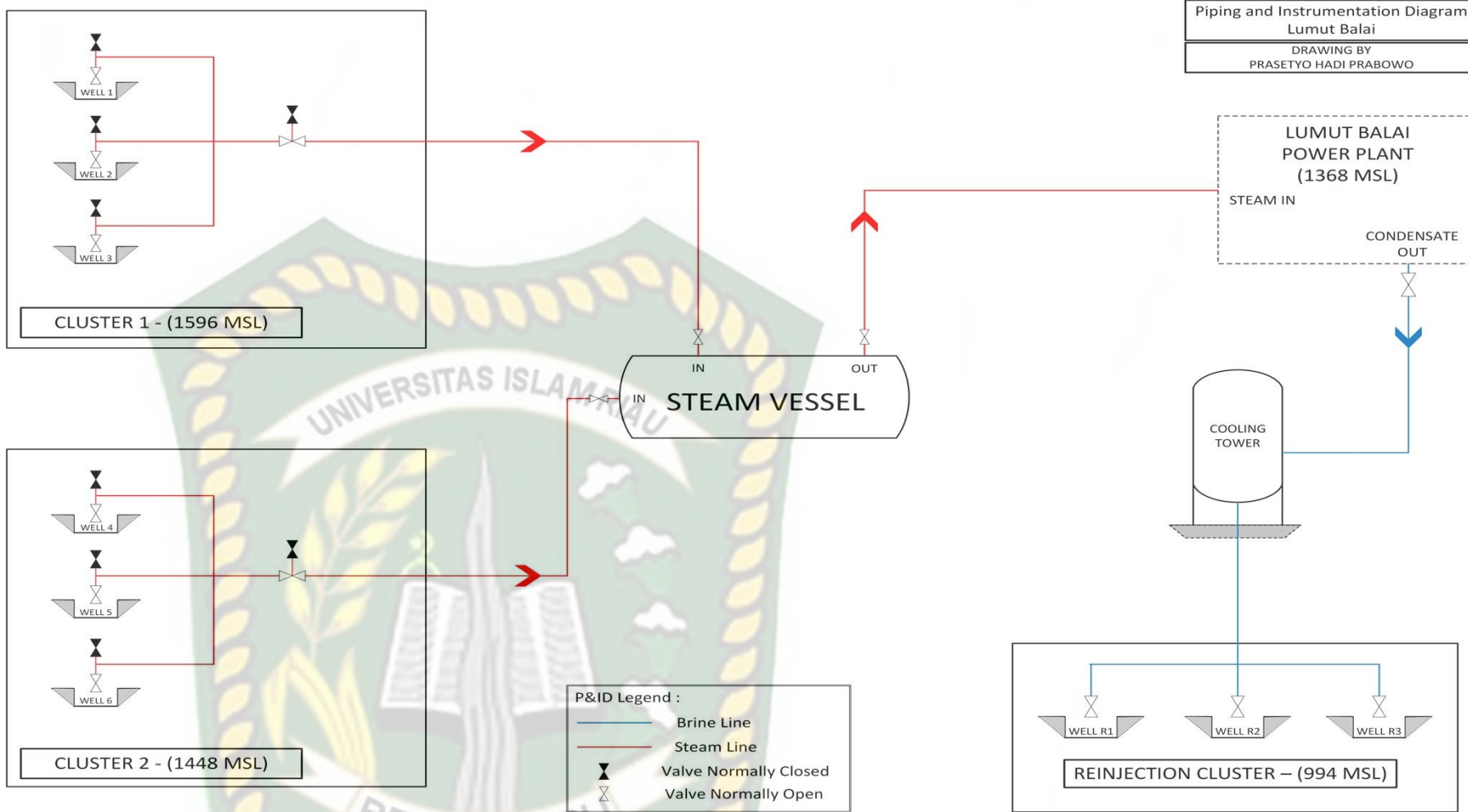
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 *Piping and Instrumentation Diagram (P&ID)*

Piping and Instrumentation Diagram (P&ID) merupakan sebuah standar yang digunakan untuk desain yang proper dalam hal *process industries*. Informasi yang diberikan oleh data P&ID selanjutnya dapat digunakan sebagai acuan untuk membuat data *isometric drawing*, *cause and effect diagrams*, *plot plan*, dan lain sebagainya (Toghraei, 2014). Pada penelitian ini, telah dirancang P&ID menggunakan aplikasi komputer Microsoft Visio yang dapat dilihat dibawah ini :





Gambar 4 1 Piping and Instrumentation Diagram

4.2 Analisis Data Yang Diperlukan Dalam Mendesign Sistem Perpipaan

4.2.1. Perhitungan Diameter Pipa Steamline

Perhitungan diameter pipa dilakukan untuk menentukan sebesar apa pipa yang sebaiknya digunakan dalam sistem perpipaan tersebut. Untuk menghitung diameter dalam pipa (*inner diameter*), digunakanlah persamaan sebagai berikut : (Whitesides, 2012)

$$d = 1.75 \sqrt{\frac{Wv_g x}{V}} \quad (1)$$

$$d = 1.75 \sqrt{\frac{55115,6 \times 4.37 \times 0.23}{98.42}}$$

$$d = 41.52 \text{ inch} = 1054.6 \text{ mm}$$

Keterangan :

d = diameter pipe, inch

W = weight flow rate, lb/hr (25 ton/hr = 55115.6 lb/hr)

v_g = saturated steam specific volume, ft^3/lb ($0.273 \text{ m}^3/kg = 4.73 \text{ ft}^3/lb$)

x = steam quality, decimal fraction (0.23)

V = velocity, ft/s or ft/min (30 m/s = 98.42 ft/s)

Sehingga pipa yang dipakai adalah pipa dengan diameter 1016 mm atau 40 inch (DN 1000). Dikarenakan pipa tersebut yang tersedia dipasaran dan mendekati dengan diameter yang didapat dari perhitungan diatas.

4.2.2. Perhitungan Diameter Pipa Brineline

Untuk perhitungan pipa yang digunakan sebagai *brineline* atau pipa yang hanya mengalirkan air, dapat menggunakan rumus yang sebagai berikut : (Whitesides, 2012)

$$d = 0.25 \sqrt{Q} \quad (2)$$

$$d = 0.25 \sqrt{1386.9}$$

$$d = 9.31 \text{ inch} = 236.5 \text{ mm}$$

Keterangan :

$d = \text{inner diameter, inch}$

$Q = \text{flow rate, gal/min (315 ton/hr = 1386.9 gal/min)}$

Sehingga pipa yang dipakai adalah pipa dengan diameter 254 mm atau 10 inch (DN 250). Dikarenakan pipa tersebut yang tersedia dipasaran dan mendekati dengan diameter yang didapat dari perhitungan diatas.

4.2.3. Analisis Material Pipa

Permintaan dari (PGE, 2014) menyatakan bahwa penggunaan material telah ditentukan yaitu pipa API 5L Grade B dengan *schedule XS (Xtra Strong)* yang memiliki ketebalan sekitar 12,7 mm. Permintaan tersebut sudah sesuai dengan (ASME, 2018), bahwa material yang sangat cocok untuk mengalirkan fluida yang bertekanan dan temperatur tinggi adalah material baja karbon atau *carbon steel*. Serta untuk penggunaan pipa yang dialiri fluida bertekanan dan temperature tinggi umumnya menggunakan *schedule XS (Xtra Strong)*.

4.2.4. Perhitungan Pipe Support

Untuk menghitung jarak antar satu penyangga dengan penyangga lainnya menggunakan rumus berikut : (PGE, 2014)

$$S_b = \frac{0.625 w l^2 D_o}{I} \quad (3)$$

$$l = \left(\frac{S_b I}{0.625 w D_o} \right)^{1/2}$$

$$l = \left(\frac{601.125 \times 225934.96}{0.625 \times 295.8 \times 1016} \right)^{1/2}$$

$$l = 26.9 \text{ m}$$

Keterangan :

l = jarak maksimal, m

S_b = max bending stress, Mpa (601.125 Mpa)

D_o = outside diameter of pipe, mm (1016 mm)

w = total weight of pipe, kg/m (295.8 kg/m)

I = moment inertia of pipe, cm^4 (225934.96 cm^4)

4.2.4 Perhitungan Heat Loss dan Analisis Pipe Insulation

Untuk menghitung kehilangan panas dari setiap 1 m^2 pipa, digunakanlah persamaan *Fourier's Law*, yaitu sebagai berikut : (Keebaş et al., 2011)

$$q = UA\Delta T \quad (4)$$

Keterangan :

q = heat loss, W

U = heat transfer coefficient, $W/m^2 \cdot ^\circ K$

A = area of pipe, m

ΔT = temperature difference, $^\circ K$

Setelah nilai kehilangan panas didapatkan, selanjutnya permintaan dari (PGE, 2014) untuk penggunaan material insulasi adalah *rockwool*. Sehingga nilai kehilangan panas antara tidak menggunakan insulasi dan menggunakan insulasi dapat dilihat di tabel berikut ini :

| Insulation | Insulation Thickness (m) | Heat Loss (Kw) |
|--------------------|--------------------------|----------------|
| Tidak ada Insulasi | - | 12.25 |
| Rockwool | 0.05 | 0.474 |
| Rockwool | 0.1 | 0.074 |

4.2.5 Perhitungan Pressure Drop

Untuk menghitung kehilangan tekanan setiap 1 km dari panjang pipa, menggunakan persamaan berikut (Toolbox, 2008) :

$$dP = 0.6753 \times 10^6 q^2 l \left(\frac{(1+91,4)/d}{\rho d^5} \right) \quad (5)$$

$$dP = 0.6753 \times 10^6 \times 25000^2 \times 1000 \times \left(\frac{(1 + 91,4)/1003.3}{3.667 \times 1003.3^5} \right)$$

$$dP = 123.5 \text{ Pa} = 0.00123 \text{ bar}$$

Keterangan :

dP = pressure drop, Pa

q = steam flow rate, kg/hr

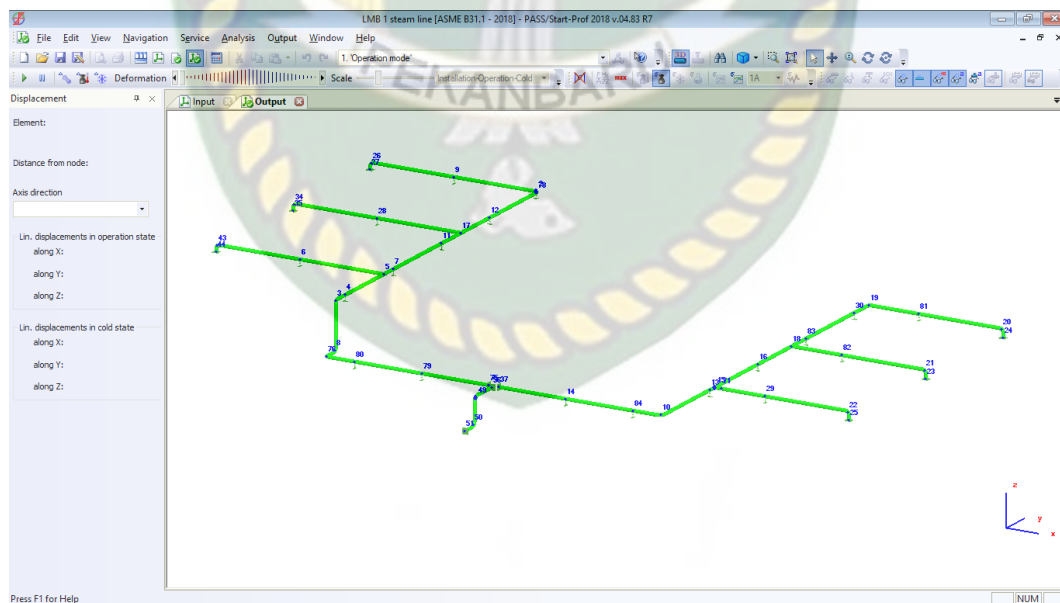
l = length of pipe, m

d = inside diameter of pipe, mm

ρ = density of steam, kg/m³

4.3 Pengujian Stress Analysis

Dalam mendesain sebuah sistem perpipaan, tentu dibutuhkan pembuktian agar desain tersebut tahan terhadap beberapa beban yang kemungkinan terjadi dilapangan. Untuk itu, dilakukan uji dengan menggunakan software PASS-Start Prof yang dirancang khusus untuk mengetahui hasil desain dari beberapa skenario yang telah diatur sedemikian rupa. Sehingga sistem perpipaan yang telah didesain tersebut dapat menahan beban dan untuk mencegah kegagalan sesuai dengan batas yang diperbolehkan oleh standar internasional (Bisht & Jahan, 2014). Untuk hasil dari pengujian dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 4 2 Hasil Pengujian Stress Analysis

Pada gambar diatas, semua pipa yang telah diuji memperlihatkan hasil berwarna hijau yang berarti semua pipa tidak ada masalah. Untuk perincian setiap nilai pembebanan yang terjadi di seluruh sistem perpipaan, dapat dilihat pada halaman lampiran.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Data *design* P&ID dapat dilihat pada sub bab 4.1
2. Berdasarkan perhitungan dan analisis data, didapatkan nilai diameter pipa *steamline* 1016 mm (DN 10000), sedangkan *brineline* menggunakan pipa dengan diameter 254 mm (DN 250), material pipa yang digunakan adalah *carbon steel* API 5L grade B dengan ketebalan XS yaitu 12.7 mm, jarak antar *support pipe* untuk menahan beban yang diterima pipa adalah tidak lebih dari 26.9 m, penggunaan material insulasi pada pipa adalah *rockwool* dengan ketebalan 0.1 m untuk menghindari kehilangan panas, serta nilai *pressure drop* adalah sebesar 0.00123 bar setiap 1 km sehingga dianggap tidak berpengaruh.
3. Berdasarkan hasil pengujian *stress analysis* terhadap desain yang dibuat (sub bab 4.4), menunjukkan hasil berwarna hijau yang dapat disimpulkan bahwa jika semua pipa dapat menahan beban yang diberikan dan diprediksi tidak ada masalah dalam 30 tahun ke depan.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dibuat. Saran yang dapat diberikan kepada peneliti selanjutnya adalah dengan melakukan uji *hydrotest* dan membuat *alignment sheet* pada perancangan ini, sehingga bisa benar-benar di aplikasikan dilapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anand, S., Bansal, N. K., Park, S. R., & Tyagi, S. K. (2012). Comparative study of different insulating materials for reducing the heat losses in steam pipes: A technical study. *International Journal of Sustainable Energy*, 31(2), 133–141. <https://doi.org/10.1080/1478646X.2010.547582>
- Ardiansyah. (2008). *Perancangan sistem perpipaan transmisi gas dari muara bekasi ke muara tawar melalui jalur lepas pantai*.
- ASME. (2018). *B31.1 - Power Piping* (Rev. of AS, Vol. 2018).
- Bertani, R. (2005). World geothermal power generation in the period 2001-2005. *Geothermics*, 34(6), 651–690. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2005.09.005>
- Bisht, S., & Jahan, F. (2014). *An Overview on Pipe Design using caesar II*. 5(2), 114–118.
- Darma, S. (2016). Indonesia: Vast geothermal potential, modest but growing exploitation. In *Geothermal Power Generation: Developments and Innovation*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100337-4.00021-8>
- Darma, Surya, Poernomo, A., Pramono, A., Brahmantio, E. A., Kamah, Y., Suhermanto, G., & Energy, P. G. (2010). The Role of Pertamina Geothermal Energy (PGE) in Completing Geothermal Power Plants Achieving 10,000 MW in Indonesia. *Proceedings World Geothermal Congress 2010 Bali, Indonesia, 25-30 April 2010*, 22, 25–30.
- Edward, L. M., Chilingar, G. V., Rieke, H. H., & Fertl, W. H. (1982). *Handbook of Geothermal Energy*.
- Geothermal Communities. (2010). *Geothermal Systems and Technologies*. 1–35.
- Halim, D. A. (2014). *DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI (PLTP) 3 MW SISTEM DIRECT-STEAM PLANTS PADA SUMUR PRODUKSI KAMOJANG-68*.
- Hamdani, M. R., Pratama, H. B., & Sutopo. (2020). Updating the Conceptual Model of Lumut Balai Geothermal Field, South Sumatera, Indonesia Using

- Numerical Simulation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 417(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/417/1/012023>
- Hasan, M. H., Mahlia, T. M. I., & Nur, H. (2012). A review on energy scenario and sustainable energy in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 2316–2328. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.12.007>
- Ingvar B, F. (2001). Geothermal energy for the benefit of the people. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5(3), 299–312. [https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(01\)00002-8](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(01)00002-8)
- Keebaş, A., Ali Alkan, M., & Bayhan, M. (2011). Thermo-economic analysis of pipe insulation for district heating piping systems. *Applied Thermal Engineering*, 31(17–18), 3929–3937. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2011.07.042>
- Koorey, K., Drilling, C., Zealand, N., & Words, K. (2000). Determination of the Optimal Pipe Support Spans for Geothermal Pipelines. *Proceedings World Geothermal Congress 2000*, 4, 1361–1364.
- Macero, E., John, H., & Oaks, F. (1997). United States Patent (19). *Data, Related U S Application Services, Aquatech*, 19.
- Niftiani, F. A., Husodo, A. W., & Amrullah, N. (2017). *DEMISTER (Studi Kasus : Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi)*. 2581, 767–772.
- PGE. (2014a). *Geothermal FCRS and Power Plant Project Employer's Requirements Volume 1 - General: Vol. I*.
- PGE. (2014b). *Geothermal FCRS and Power Plant Project Employer's Requirements Volume 2 - General Technical Requirement (Vol. 2)*.
- PGE. (2014c). *Geothermal FCRS and Power Plant Project Employer's Requirements Volume 3 - General Technical Spesification (Vol. 3)*.
- Sulistiyardi, H. B. (2010). *Basic Design of Lumut Balai 2 × 55 Mw Geothermal Power Plant , Indonesia*. 29.
- Tien, C. L., & Rohani, A. R. (1974). Analysis of the effects of vapor pressure drop on heat pipe performance. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 17(1), 61–67. [https://doi.org/10.1016/0017-9310\(74\)90038-6](https://doi.org/10.1016/0017-9310(74)90038-6)
- Toolbox, E. (2008). *Steam Pipe - Online Pressure drop Calculator*. c, 1–8. <https://www.engineeringtoolbox.com/steam-pressure-drop-calculator->

d_1093.html

Whitesides, R. (2012). *Selecting the Optimum Pipe Size*. 270.
<https://pdfs.semanticscholar.org/96a3/86175f606cb62de1b40467ae0c4d1e970f7d.pdf>

Wibowo, F. (2015). *Kajian Resiko Pipa Gas Transmisi Pt Pertamina Studi Kasus Simpang Km32-Palembang*. 3(1), 726–733.

