

**ANALISA TINGKAT KEBASAHAN UAP (*STEAM*)
DI LAPANGAN PANAS BUMI**

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Sebagai Syarat Penyelesaian Program Diploma IV
Program Studi Teknologi Kimia Industri
Sekolah Tinggi Manajemen Industri



Oleh

FAJRI ARBA (1511001)

RIO ADHITYA HUWAE (15.11.025)

**SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA
JAKARTA**

2015

ABSTRAK

Energi panas bumi adalah salah satu sumber daya alam yang berupa air panas atau uap yang terbentuk melalui pemanasan secara alamiah. Keberadaan energi panas bumi ini ditandai dengan adanya beberapa anomali yang nampak di permukaan bumi, dalam bentuk sumber air panas, lumpur panas, kolam air panas, *steaming ground*, dan lain-lain. Uap yang terdapat dalam *reservoir* dialirkan untuk memutar turbin dengan kecepatan 3000 rpm, untuk menghasilkan energi listrik. Proses ini menghasilkan listrik arus tiga fasa, frekuensi 50 Hz dan tegangan 11,8 kV. Uap yang digunakan untuk memutar turbin memiliki syarat utama yaitu tingkat kebasahan uap harus dibawah 0,1 % syarat ini berdasarkan standar kualitas uap satu fasa (*dominated vapor*) yang ditentukan oleh PT Pertamina Geothermal Energi, syarat ini diadopsi dari New Zealand (Selandia Baru), karena New Zealand (Selandia Baru) merupakan Pembangkit Listrik Energi Panas Bumi (PLTP) terbaik dengan uap satu fasa (*dominated vapor*). Dari hasil pengukuran dilapangan dengan menggunakan kalorimeter *throttling* diperoleh nilai tingkat kebasahan uap, sebelum dan sesudah melewati *scrubber* sebesar (- 0.24 %) dan (- 0.129 %), dan dengan menggunakan kalorimeter *barel* diperoleh nilai tingkat kebasahan uap sebesar (- 1,41 %). Dari hasil pengukuran tingkat kebasahan uap di di wilayah Kamojang, Kab. Bandung masih dibawah 0,1 %, atau uap dalam kondisi *superheated*.

Kata kunci : energi panas bumi, uap, tingkat kebasahan uap, turbin, kalorimeter *throttling*, kalorimeter *barel*, *superheated*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia yang telah diberikan sehingga laporan penelitian ini dapat kami selesaikan dengan baik. Pengerjaan penelitian ini dilakukan oleh dua orang yaitu Fajri Arba dan Rio Adhitya Huwae, keberhasilan penyelesaian laporan ini tidak terlepas dari orang – orang disekitar kami yang telah memberikan bimbingan, bantuan dan dorongan semangat yang diberikan hingga terselesaikannya laporan penelitian ini. Rasa terima kasih saya haturkan kepada :

- Bapak Drs. Achmad Zawawi, MA, MM. selaku Ketua Sekolah Tinggi Manajemen Industri Kemenperin RI.
- Bapak DR. Ir. Gatot Ibnusantosa, DEA selaku Ketua Program Studi Teknologi Kimia Industri STMI, dan selaku dosen pembimbing. Terima kasih atas bimbingan dan masukan dalam penyelesaian laporan penelitian.
- Orang tua yang tidak henti-hentinya memberikan dukungan dan doa sehingga laporan ini dapat diselesaikan dengan baik.
- Bapak Achmad Suvian Imam dan Bapak Hendra Hadriansyah, selaku pembimbing di Laboratorium PT Pertamina Geothermal Energi area Kamojang.
- Seluruh pegawai di Laboratorium PT Pertamina Geothermal Energi area Kamojang.
- Seluruh teman-teman Teknologi Kimia Industri STMI angkatan 2011.
- Semua pihak yang telah membantu penyusunan laporan ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih sangat jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar lebih baik lagi di masa yang akan datang. Akhir kata, penyusun mengharapkan agar semua tugas yang penyusun laksanakan selama ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Jakarta, Juni 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Identifikasi Masalah	4
I.3 Rumusan Masalah.....	4
I.4 Tujuan Penelitian.....	5

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Sistem Panas Bumi.....	6
II.1.1 Sistem Air Panas.....	6
II.1.2 Sistem Uap.....	7
II.2 Uap (Steam).....	7
II.3 Kalorimeter.....	9
II.3.1 Jenis-Jenis Kalorimeter	9
II.3.1.1 Kalorimeter Bomb	9
II.3.1.2 Kalorimeter Sederhana	10
II.3.1.3 Steam Kalorimeter	10
II.3.1.3.1 Kalorimeter Jenis Barel.....	11
II.3.1.3.2 Kalorimeter Jenis Throttling	12
II.3.1.3.3 Kalorimeter Jenis Separating	13
II.3.1.3.4 Kombinasi Kalorimeter Jenis Separating dan Throttling.....	14

II.4 Deskripsi Proses	14
II.4.1 Perpindahan Panas	14

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Lokasi Penelitian.....	17
III.2 Variabel.....	17
III.2.1 Variabel Tetap	17
III.2.2 Variable Berubah	17
III.3 Alat dan Bahan.....	18
III.3.1 Alat.....	18
III.3.1.1 Alat Untuk Menghitung Tingkat Kebasahan Kalorimeter Throttling ...	18
III.3.1.2 Alat Untuk Menghitung Tingkat Kebasahan Kalorimeter Barel.....	18
III.3.2 Bahan.....	18
III.4 Rancangan Pengukuran Tingkat Kebasahan Uap	19
III.4.1 Tahap Preparasi	19
III.4.2 Tahap Penentuan Lokasi	19
III.4.3 Tahap Pengukuran.....	19
III.4.4 Analisa Perhitungan Tingkat Kebasahan	19
III.5 Tahap Pengujian.....	20
III.5.1 Pengukuran dengan Kalorimeter Jenis Throttling.....	20
III.5.2 Pengukuran dengan Kalorimeter Jenis Barel	21

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	22
--	-----------

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan	27
V.2 saran	28
DAFTAR PUSTAKA.....	29

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Pemanfaatan dan Perkembangan Panas Bumi di Berbagai Negara.....	1
Tabel 1.2 Potensi Energi Panas Bumi di Indonesia	4

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Perubahan Fasa Air.....	7
Gambar 2.2 Proses <i>Steam and Water</i> Sistem.....	8
Gambar 2.3 Kalorimeter Bomb.....	9
Gambar 2.4 Kalorimeter Sederhana.....	10
Gambar 2.5 Kalorimeter Jenis Barel.....	11
Gambar 2.6 Kalorimeter Jenis Throttling	12
Gambar 2.7 Kalorimeter Jenis Separating	13
Gambar 2.8 Kombinasi Separating dan Thorttling	14
Gambar 3.1 Proses Pengukuran dengan Kalorimeter Jenis Throttling	20
Gambar 3.2 Proses Pengukuran dengan Kalorimeter Jenis Barel.....	21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A *Steam Table*

Lampiran B Pengukuran dan Perhitungan

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Energi panas bumi, adalah energi panas yang tersimpan dalam batuan di bawah permukaan bumi dan fluida yang terkandung didalamnya. Energi panas bumi telah dimanfaatkan untuk pembangkit listrik di Italy sejak tahun 1913 dan di New Zealand sejak tahun 1958. Pemanfaatan energi panas bumi untuk sektor non-listrik (*direct use*) telah berlangsung di Iceland sekitar 70 tahun. Meningkatnya kebutuhan energi serta meningkatnya harga minyak, khususnya pada tahun 1973 dan 1979, telah memacu negara-negara lain, termasuk Amerika Serikat, untuk mengurangi ketergantungan mereka pada minyak dengan cara memanfaatkan energi panas bumi. Saat ini energi panas bumi telah dimanfaatkan untuk pembangkit listrik di 24 Negara, termasuk Indonesia. Disamping itu fluida panas bumi juga dimanfaatkan untuk sektor non-listrik di 72 negara, antara lain untuk pemanasan ruangan, pemanasan air, pemanasan rumah kaca, pengeringan hasil produk pertanian, pemanasan tanah, pengeringan kayu, kertas dll.

Pemanfaatan dan Perkembangan Panas Bumi di berbagai Negara				
Negara	1976 (MW)	1980 (MW)	1985 (MW)	2000 (MW)
Amerika Serikat	522	908	3.500	30.000
Italia	421	455	800	-
Filipina	-	443	1.726	4.000
Jepang	68	218	6.900	48.000
Selandia Baru	192	203	282	352
Meksiko	78,5	218	1.000	10.000
Islandia	2,5	64	150	500
Rusia	3	5,7	-	-
Turki	0,5	0,5	400	1.000
China	1	3	50	200
Indonesia	-	2,3	32,3	3.500
Argentina	-	-	20	-
Kanada	-	-	10	-
Spanyol	-	-	25	200
Jumlah	1.288,5	2.520,5	14.895,3	97.752

Tabel I.1 Pemanfaatan dan perkembangan panas bumi di berbagai Negara

Di Indonesia usaha pencarian sumber energi panas bumi pertama kali dilakukan di daerah Kawah Kamojang pada tahun 1918. Pada tahun 1926 hingga tahun 1929 lima sumur eksplorasi dibor dimana sampai saat ini salah satu dari sumur tersebut, yaitu sumur KMJ-3 masih memproduksi uap panas kering atau *dry steam*. Pecahnya perang dunia dan perang kemerdekaan Indonesia mungkin merupakan salah satu alasan dihentikannya kegiatan eksplorasi di daerah tersebut.

Kegiatan eksplorasi panas bumi di Indonesia baru dilakukan secara luas pada tahun 1972. Direktorat Vulkanologi dan Pertamina, dengan bantuan Pemerintah Perancis dan New Zealand melakukan survey pendahuluan di seluruh wilayah Indonesia. Dari hasil survey dilaporkan bahwa di Indonesia terdapat 217 prospek panas bumi, yaitu di sepanjang jalur vulkanik mulai dari bagian Barat Sumatera, terus ke Pulau Jawa, Bali, Nusatenggara dan kemudian membelok ke arah utara melalui Maluku dan Sulawesi. Survey yang dilakukan selanjutnya telah berhasil menemukan beberapa daerah prospek baru sehingga jumlahnya meningkat menjadi 256 prospek, yaitu 84 prospek di Sumatera, 76 prospek di Jawa, 51 prospek di Sulawesi, 21 prospek di Nusatenggara, 3 prospek di Irian, 15 prospek di Maluku dan 5 prospek di Kalimantan. Sistem panas bumi di Indonesia umumnya merupakan sistem hidrothermal yang mempunyai temperatur tinggi ($> 225^{\circ}\text{C}$), hanya beberapa diantaranya yang mempunyai temperatur sedang ($150^{\circ}\text{C} - 225^{\circ}\text{C}$).

Terjadinya sumber energi panas bumi di Indonesia serta karakteristiknya dijelaskan oleh Budihardi (1998) sebagai berikut. Ada tiga lempengan yang berinteraksi di Indonesia, yaitu lempeng Pasifik, lempeng India-Australia dan lempeng Eurasia. Tumbukan yang terjadi antara ketiga lempeng tektonik tersebut telah memberikan peranan yang sangat penting bagi terbentuknya sumber energi panas bumi di Indonesia. Tumbukan antara lempeng India-Australia di sebelah selatan dan lempeng Eurasia di sebelah utara menghasilkan zona penunjaman (subduksi) di kedalaman 160 - 210 km di bawah Pulau Jawa- Nusatenggara dan di kedalaman sekitar 100 km di bawah Pulau Sumatera.

Hal ini menyebabkan proses magmatisasi di bawah Pulau Sumatera lebih dangkal dibandingkan dengan di bawah Pulau Jawa atau Nusatenggara. Karena perbedaan kedalaman jenis magma yang dihasilkannya berbeda. Pada kedalaman yang lebih besar jenis magma yang dihasilkan akan lebih bersifat basa dan lebih cair dengan kandungan gas magmatik yang lebih tinggi sehingga menghasilkan erupsi gunung api yang lebih kuat yang pada akhirnya akan menghasilkan endapan vulkanik yang lebih tebal dan terhampar luas. Oleh karena itu, *reservoir* panas bumi di Pulau Jawa umumnya lebih dalam dan menempati batuan vulkanik,

sedangkan *reservoir* panas bumi di Sumatera terdapat di dalam batuan sedimen dan ditemukan pada kedalaman yang lebih dangkal.

Sistim panas bumi di Pulau Sumatera umumnya berkaitan dengan kegiatan gunung api andesitisriolitis yang disebabkan oleh sumber magma yang bersifat lebih asam dan lebih kental, sedangkan di Pulau Jawa, Nusatenggara dan Sulawesi umumnya berasosiasi dengan kegiatan vulkanik bersifat andesitis-basaltis dengan sumber magma yang lebih cair. Karakteristik geologi untuk daerah panas bumi pada bagian ujung utara Pulau Sulawesi memperlihatkan kesamaan karakteristik dengan di Pulau Jawa.

Akibat dari sistim penunjangan yang berbeda, tekanan atau kompresi yang dihasilkan oleh tumbukan miring (*oblique*) antara lempeng India-Australia dan lempeng Eurasia menghasilkan sesar regional yang memanjang sepanjang Pulau Sumatera yang merupakan sarana bagi kemunculan sumber-sumber panas bumi yang berkaitan dengan gunung-gunung api muda. Lebih lanjut dapat disimpulkan bahwa sistim panas bumi di Pulau Sumatera umumnya lebih dikontrol oleh sistim patahan regional yang terkait dengan sistim sesar Sumatera, sedangkan di Jawa sampai Sulawesi, sistim panas buminya lebih dikontrol oleh sistim pensesaran yang bersifat lokal dan oleh sistim depresi kaldera yang terbentuk karena pemindahan masa batuan bawah permukaan pada saat letusan gunung api yang intensif dan ekstensif. *Reservoir* panas bumi di Sumatera umumnya menempati batuan sedimen yang telah mengalami beberapa kali deformasi tektonik atau pensesaran setidak-tidaknya sejak Tersier sampai Resen. Hal ini menyebabkan terbentuknya porositas atau permeabilitas sekunder pada batuan sedimen yang dominan yang pada akhirnya menghasilkan permeabilitas reservoir panas bumi yang besar, lebih besar dibandingkan dengan permeabilitas reservoir pada lapangan-lapangan panas bumi di Pulau Jawa ataupun di Sulawesi.

Potensi Energi Panas Bumi di Indonesia	
Daerah Sumber Energi Panas Bumi	Potensi Energi Panas Bumi (MW)
Sumatera	9.562
Jawa	5.331
Sulawesi	1.300
Nusa Tenggara	200
Maluku	100
Jumlah Keseluruhan	16.658

Tabel I.2 Potensi energi panas bumi di Indonesia

I.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian diatas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah menentukan tingkat kebasahan uap dengan alat kalorimeter *throttling* dan kalorimeter *barrel* serta membuat perbandingannya, karena tingkat kebasahan ini merupakan syarat utama uap untuk masuk kedalam turbin.

I.3 Rumusan Masalah

Terdapat beberapa rumusan masalah dalam penelitian ini :

1. Bagaimakah cara mengukur tingkat kebasahan uap dengan menggunakan alat kalorimeter *throttling*
2. Bagaimakah cara mengukur tingkat kebasahan uap dengan menggunakan alat kalotimeter *barrel*.
3. Membandingkan tingkat kebasahan uap sebelum dan sesudah uap memasuki *scrubber*

I.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini di lakukan dengan tujuan :

1. Mengetahui tentang tingkat kebasahan, dan prinsip *iso enthalpy* dalam hukum termodinamika.
2. Membuat analisa perbandingan hasil tingkat kebasahan uap dengan dua jenis kalorimeter yang berbeda, yaitu jenis *throttling* dan jenis *barel*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

I.1 Panas Bumi

Panas bumi adalah salah satu sumber daya alam yang berupa air panas atau uap yang terbentuk melalui pemanasan secara alamiah. Beberapa hal yang diperhatikan dalam pemilihan teknologi penggunaan energi panas bumi untuk dikonversikan menjadi energi listrik antara lain : suhu, kualitas uap, tekanan, dan kandungan kimia yang ada dalam uap/aor panas. Keberadaan energi panas bumi ini ditandai dengan adanya beberapa anomali yang nampak di permukaan bumi, dalam bentuk sumber air panas, lumpur panas, kolam air panas, steaming ground, dan lain-lain. Energi panas bumi yang dimiliki uap/air pada dasarnya berasal dari magma yang ada dalam reservoir. Magma yang mempunyai suhu lebih dari 1200 °C ini, mengalirkan energi panasnya secara konduksi pada lapisan batuan yang *impermeable* (tidak dapat mengalirkan air) berupa *bedrock*. Diatas *bedrock* terdapat lapisan batuan *permeable* yang berfungsi sebagai lapisan akifer, yang berasal dari air hujan yang masuk dalam batuan *permeable*, mengambil energi panas dari *bedrock* baik secara konveksi maupun secara konduksi, sehingga tidak terjadi proses pemanasan/penguapan dan pembentukan fluida panas bumi (Akbar, Nikmatul 1987. Pengantar Geothermal).

I.1.1 Sistem Air Panas

Kandungan kimia seperti SiO_2 , Cl^- , B^- , Na^+ yang terdapat dalam air panas, umumnya relatif tinggi bila dibandingkan unsur yang sama yang terkandung dalam air dingin (air tanah). Ion Cl^- adalah ion yang biasa digunakan untuk membedakan sistem air panas dari sistem uap. Jika ion Cl^- yang terkandung dalam suatu mata air panas terdapat dalam jumlah yang relatif besar, maka sistem panas bumi pada reservoirnya adalah air panas, karena Cl^- adalah ion yang mudah larut dalam air panas. Air tanah (air dingin) yang terpanasi oleh uap panas (steam heated water) akan membentuk sistem air panas dan komposisi kimia air panas akan dicirikan oleh unsur Cl^- dan SO_4^{2-} akan menunjukkan jumlah yang relatif hampir sama besarnya rasio $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ relatif kecil (Akbar, Nikmatul 1987. Pengantar Geothermal).

I.1.2 Sistem Uap

Jika dalam reservoir panas bumi terkandung sistem uap, maka penampakan panas bumi dipermukaan dicirikan dengan adanya fumarola, kubangan lumpur panas tanah/batuan panas. Karena sifatnya asam, maka disekitar penampakan panas bumi tersebut banyak ditemukan batuan ubahan. Dari komposisi air panas atau uap yang muncul dipermukaan, dicirikan oleh kandungan kimia seperti SO_4^{2-} , gas H_2 , H_2S , O_2 , CO_2 dan unsur-unsur volatile. Kadang-kadang sistem uap tidak muncul ke permukaan sebagai fumarola atau kandungan lumpur panas, karena selama perjalanannya ke permukaan terhalang oleh air tanah dangkal. Air tanah dangkal ini akan terpanasi oleh uap panas yang berada di bawahnya, sehingga akhirnya muncul dipermukaan sebagai mata air panas (Akbar, Nikmatul 1987. Pengantar Geothermal).

II.2 Lapangan Panas Bumi Kamojang

Lapangan panas bumi Kamojang berada dalam wilayah Kabupaten Garut, Jawa Barat. Lapangan ini berjarak ± 17 km Barat laut Garut atau ± 42 km Tenggara Bandung, dan berada pada ketinggian 1640 – 1750 m diatas permukaan laut. Secara geografis, lapangan Kamojang terletak pada posisi $107^{\circ}37,5' - 107^{\circ}48'$ BT dan $7^{\circ}5,5' - 7^{\circ}16,5'$ LS. Lapangan Kamojang mencakup suatu kumpulan kenampakan gejala panas bumi di permukaan, berupa fumarol serta kubangan lumpur panas. Beberapa diantaranya adalah Danau Pangkalan, Kawah Manuk, Kawah Berecek dan Kawah Leutak. Interpretasi Landsat menunjukkan lapangan Kamojang berada dalam suatu depresi berdiameter ± 5 km. Lapangan panas bumi Kamojang merupakan sistem dominasi uap yang cenderung kehabisan air, oleh karena itu perlu dilakukan reinjeksi berdasarkan kondisi reservoir. Pada masa produksi terjadi perubahan tekanan, temperatur dan fasa fluida panas bumi. (Sudarman, S. , Hochstein, M.P., 1983. *Geophysical structure of the Kamojang geothermal field (Java). Proceeding of the 5th New Zealand geothermal workshop. New Zealand*)

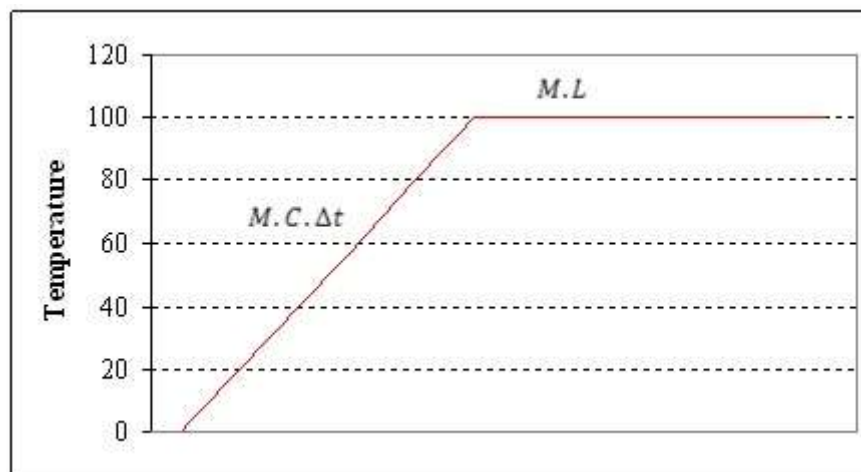
II.3 Kebasahan Uap Panas Bumi

Tingkat kebasahan uap maksimal yang dapat masuk ke turbin adalah 0.1 %, kebasahan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya vibrasi, erosi dan pembentukan kerak pada turbin.

II.2 Uap (*Steam*)

Steam adalah bahasa Inggris dari uap air, yaitu fase gas dari air yang terbentuk ketika air mendidih. Untuk mengubah air dari fase *liquid* (cair) menjadi fase gas (steam) diperlukan energi panas untuk menaikkan temperature air yang biasa disebut sebagai *sensible heat*. Pada tekanan atmosphere titik didih air adalah 100 °C (212 °F) sedangkan apabila tekanan pada sistem dinaikan maka energi panas yang diperlukan juga ikut naik.

Pada saat perubahan fase cair menjadi steam, temperature air tidak akan naik meskipun dengan penambahan panas, penambahan panas digunakan untuk merubah fase air dari cair ke gas.



Gambar 2.1 Grafik perubahan fase air

Dari gambar grafik perubahan fase air diatas bisa dilihat bahwa untuk energi kalor yang diperlukan untuk mengubah fase air dari cair ke gas adalah (Akbar, Nikmatul 1987. Pengantar Geothermal).:

$$Q_{Total} = Q_1 + Q_2$$

$$Q_{Total} = M.C.\Delta t + M.L$$

keterangan :

Q_1 = Energi kalor yang digunakan untuk memanaskan air hingga titik didih

Q_2 = Energi kalor yang digunakan untuk merubah fase air dari cair ke gas

M = Massa (Kg)

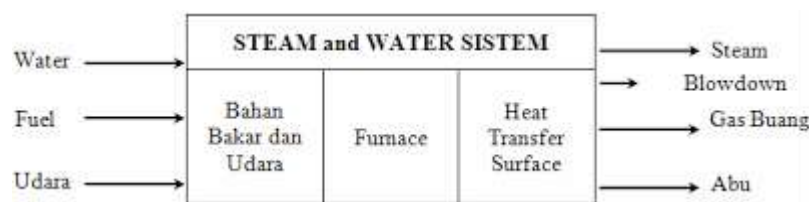
C = Kalor Jenis (J/KgC) (banyak kalor untuk menaikkan suhu 1 kg zat sebesar 1⁰C)

ΔT = Perubahan Suhu (C)

L = Kalor Laten (J/Kg) (banyak kalor untuk merubah wujud suatu zat)

Steam yang dipanaskan sampai pada temperature jenuhnya disebut *dry saturated steam*. Sedangkan steam yang belum dipanaskan sampai temperature jenuhnya disebut *wet steam*. Presentase air dalam *wet steam* disebut sebagai % moisture. Sehingga untuk mendapatkan kualitas uap (*steam*) dari *wet steam* adalah:

$$\text{kualitas wet steam} = 100\% - \% \text{moisture}$$



Gambar 2.2 Proses *steam and water* sistem

Pada gambar diatas dapat dilihat proses dari terbentuknya steam. Campuran bahan bakar (*fuel*) dan udara terjadi pembakaran pada ruang pembakar, sehingga terjadi perpindahan panas menuju air. Berdasarkan uraian diatas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah menentukan tingkat kebasahan dengan alat kalorimeter *throttling* dan kalorimeter *barrel* serta membuat perbandingannya, karena tingkat kebasahan ini merupakan syarat utama uap untuk masuk ke dalam turbin.

II.3 Prinsip *Iso-Entropy* Dalam Termodinamika

Sebuah katup tidak menghasilkan kerja, alat ekspansi adiabatik yang perubahan energi kinetik dan potensial diabaikan. Dalam proses ini entalpi (ΔH) konstan, tetapi secara analisa, sebenarnya terjadi perubahan energi dalam (ΔU) dan energi alirannya ($P v$), karena terjadi perubahan tekanan dan temperatur.

$$Q - W_x = m \times \Delta \left[h + \frac{V^2}{2} + g Z \right]$$

Keterangan;

- $\Delta g Z$ (energi potensial) = 0

Karena ketinggian masuk dan keluar sama

- $\Delta V^2/2$ (energi kinetik) = dapat diabaikan.

Karena, terjadi perubahan kecepatan yang cukup besar, tetapi karena sistemnya kecil dan massanya kecil, karena itu perubahan energi kinetiknya kecil.

- $\Delta Q = 0$

Karena tidak ada kalor yang masuk dan keluar

- $\Delta W_{\text{net}} = 0$

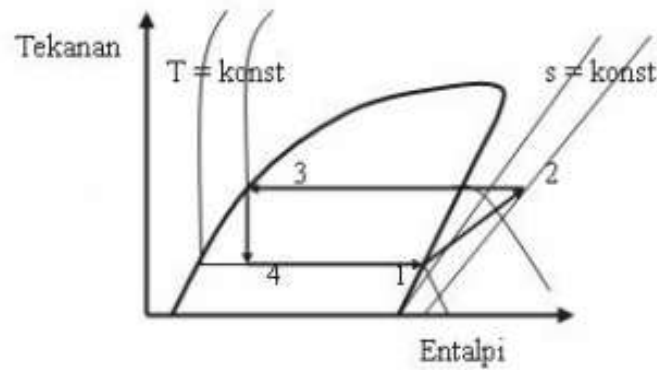
Karena tidak ada kerja yang dilakukan oleh dan terhadap sistem.

$$H_1 = H_2$$

$$\text{Entalpi} = U + PV$$

Jadi, proses *throttling* merupakan proses dengan entalpi tetap, akan tetapi di dalamnya terjadi perubahan energi dalam dan energi aliran karena perubahan tekanan dan temperatur. Selain itu, sebenarnya terdapat pula perubahan energi kinetik, tapi nilainya kecil dibandingkan dengan perubahan energi dalam dan energi alirannya.

Diagram tekanan-entalpi yang menjelaskan proses terjadi prinsip *iso-entaphy* pada siklus kompresi uap bisa dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Diagram Tekanan-Entalpi Pada Proses Refrigerasi Siklus Kompresi Uap

Pada proses 1-2, kompresor menaikkan tekanan uap. Kenaikan tekanan ini diikuti dengan kenaikan temperatur uap. Pada tingkat keadaan 2, uap berada pada kondisi uap panas. Pada proses 2-3, uap memasuki kondenser dan mendapatkan pendinginan dari kondenser. Pendinginan ini terjadi akibat pertukaran panas antara uap dengan fluida luar (misalnya udara lingkungan ataupun air pendingin).

Uap keluar dari kondenser pada tingkat keadaan 3 dalam kondisi cair jenuh, atau bisa juga pada kondisi cair dingin. Uap kemudian memasuki katup ekspansi. Katup ekspansi ini pada prinsipnya, berupa penyempitan daerah aliran yang berakibat pada penurunan tekanan fluida secara drastis. Idealnya, refrigerant melalui katup ekspansi (proses 3-4) secara *iso-entaphy* (*Is-entaphy*). Pada tingkat keadaan 4, uap berada dalam kondisi campuran cair dan uap.

II.4 Kalorimeter

Kalorimeter dibutuhkan untuk menentukan tingkat kebasahan uap dan *enthalpy discharge*. Kalorimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor yang terlibat dalam suatu perubahan atau reaksi kimia.

II.4.1 Jenis-jenis Kalorimeter

II.4.1.1 Kalorimeter *Bomb*



Gambar 2.4 Kalorimeter *Bomb*

Merupakan kalorimeter yang khusus digunakan untuk menentukan kalor dari reaksi-reaksi pembakaran. Kalorimeter ini terdiri dari sebuah *bomb* (tempat berlangsungnya reaksi pembakaran, terbuat dari bahan *stainless steel* dan diisi dengan gas oksigen pada tekanan tinggi) dan sejumlah air yang dibatasi dengan wadah yang kedap panas. Reaksi pembakaran yang terjadi di dalam bom, akan menghasilkan kalor dan diserap oleh air dan bomb. Oleh karena tidak ada kalor yang terbuang ke lingkungan.

II.4.1.2 Kalorimeter Sederhana



Gambar 2.5 Kalorimeter Sederhana

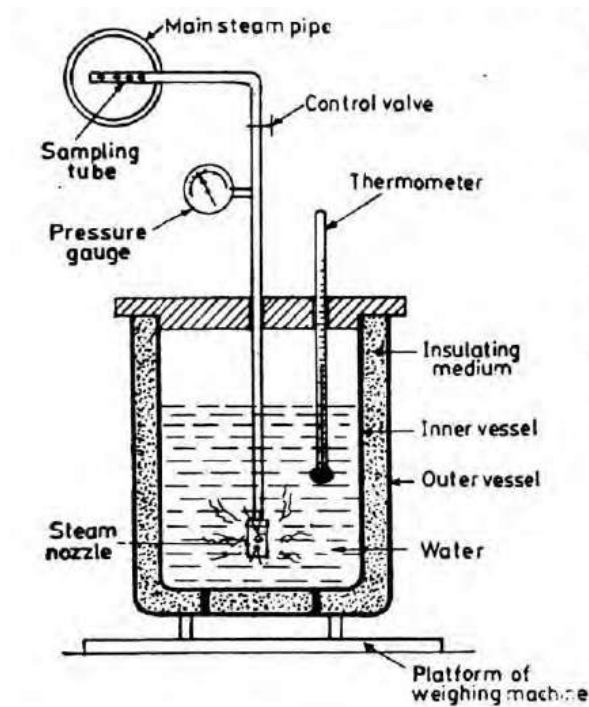
Pengukuran kalor reaksi; selain kalor reaksi pembakaran dapat dilakukan dengan menggunakan kalorimeter pada tekanan tetap yaitu dengan kalorimeter sederhana yang dibuat dari gelas stirofoam. Kalorimeter ini biasanya dipakai untuk mengukur kalor reaksi yang reaksinya berlangsung dalam fase larutan (misalnya reaksi netralisasi asam – basa / netralisasi, pelarutan dan pengendapan). Pada kalorimeter ini, kalor reaksi = jumlah kalor yang diserap / dilepaskan larutan sedangkan kalor yang diserap oleh gelas dan lingkungan; diabaikan.

II.4.1.3 Steam kalorimeter

Banyak dari penggerak utama uap disediakan dengan uap super panas (*superheated steam*). Entalpi (total panas) seperti uap mudah di tentukan kapan saja apabila tekanan dan suhu dapat kita ketahui. Namun, ada banyak kasus dimana uap jenuh atau uap basah tidak sesuai dengan kenyataannya, oleh karena itu kami di sini akan memberikan informasi tentang kualitas uap atau entalpi uap.

Untuk membantu dalam penentuan kualitas (*dryness fraction*) or (*wetness fraction*), berbagai jenis kalorimeter telah di sediakan. Berikut ini adalah macam-macam dari alat kalorimeter yang dapat kita gunakan dalam perhitungan tingkat kebasahan dalam *steam geothermal* (Element Of Heat Engines Vol.1).

II.4.1.3.1 Kalorimeter Jenis *Barrel*



Gambar 2.6 Kalorimeter Jenis *Barrel*

Kalorimeter jenis ini berbentuk bejana silinder terbuat dari bahan isolator panas dan berisi air pendingin yang bersuhu $< 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ bervolume 41,8 liter. Massa uap dan air dari sumur dialirkan ke dalam kalorimeter melalui *top valve* selama jangka waktu tertentu, sehingga terjadi pencampuran uap dan air dingin di dalam kalorimeter. Pertambahan volume/massa dan naiknya suhu didalam kalorimeter menentukan besarnya massa dan kandungan panas uap yang dipindahkan ke dalam kalorimeter (Element Of Heat Engines Vol.1).

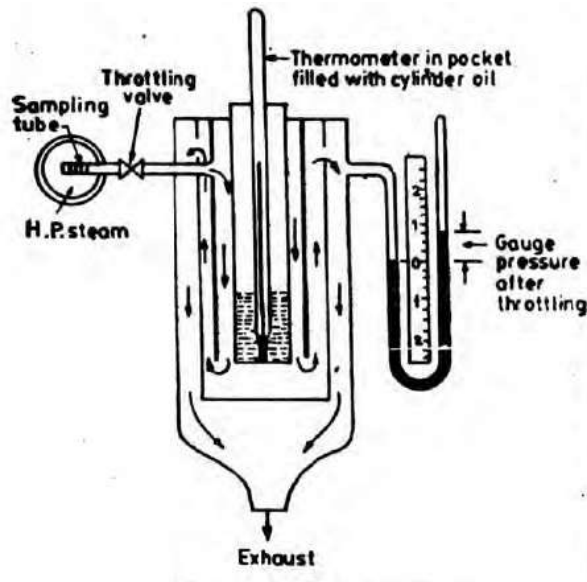
$$\text{Fraksi Uap} = \frac{h_o - h_f}{h_{fg}} \times 100\%$$

$$\text{Tingkat Kebasahan} = 100\% - \text{Fraksi Uap}$$

Keterangan:

- h_o = entalphi discharge
- h_f = entalphi air akhir (dilihat pada steam table)
- h_{fg} = $h_g - h_f$

II.4.1.3.2 Kalorimeter Jenis *Throttling*



Gambar 2.7 Kalorimeter Jenis *Throttling*

Kalorimeter jenis *throttling* yaitu peralatan pemasukkan uap ke dalam tabung melalui orifice sehingga tekanan turun hingga sedikit diatas tekanan atmosfer (aliran terbuka). Ini menyebabkan uap menjadi superheat (panas lanjut), melalui pengukuran tekanan dan temperatur uap keluaran ini, maka fraksi kekeringan uap dapat dihitung karena uap meninggalkan tabung separating kandungan air tidak dapat dipisahkan seluruhnya (Element Of Heat Engines Vol.1).

$$m = \frac{(H - h) - K x (T - t)}{L} x 100 \%$$

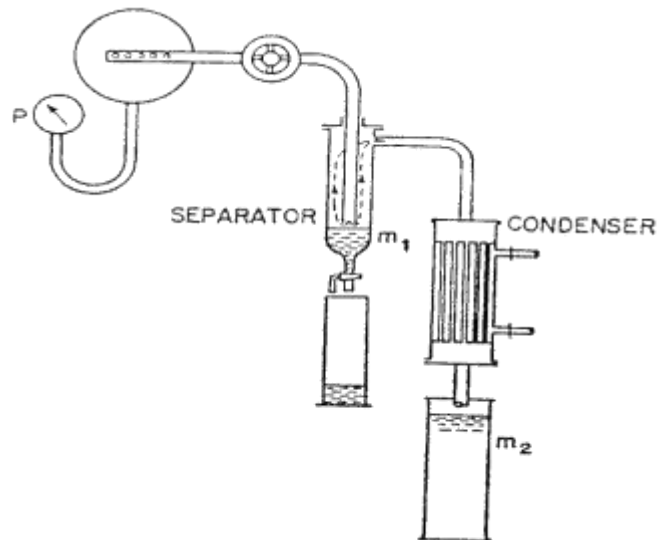
$$SQ = 100 \% - m$$

Keterangan:

- m = kebasahan uap
- H = nilai entalphi berdasarkan tekanan pipa (Kj/Kg)
- h = nilai entalphi berdasarkan $t_{\text{barometrik}}$ (Kj/Kg)
- K = konstanta uap (2,05750 KJ/Kg.K)
- T = suhu yang didapatkan pada pengukuran (K)

- t = suhu barometrik (K)
- SQ = *Steam Quality* (kualitas uap)

II.4.1.3.3 Kalorimeter Jenis *Separating*

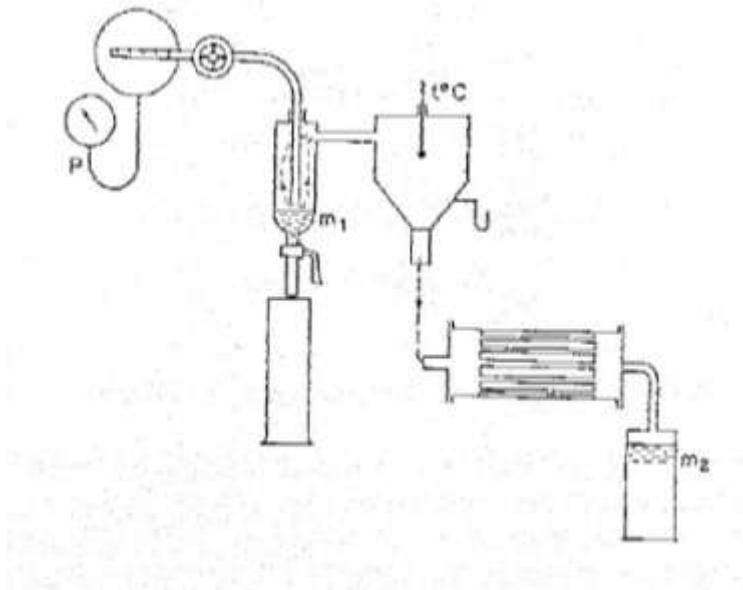


Gambar 2.8 Kalorimeter Jenis *Separating*

Jika uap kering yang dikeluarkan dari separator adalah M_s dan berat air yang dipisahkan atau tertinggal dalam separator dalam waktu yang sama adalah M_a , maka fraksi kekeringan yang di ukur melalui separating kalorimeter ini (X_s) adalah :

$$X_s = M_s / (M_s + M_a)$$

II.4.1.3.4 Kombinasi Kalorimeter Separating dan Throttling



Gambar 2.9 Kombinasi Separating dan Throttling

Jika m adalah jumlah air dalam uap meninggalkan separating calorimeter dan masuk ke throttling calorimeter, maka melalui defisi fraksi kekeringan uap diperoleh sbb:

$$x_1 = (M_s - m) / M_s \text{ dan } m = M_s (1 - x_1)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium PT. Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang, Kecamatan Igun, Kabupaten Bandung. Waktu penelitian di mulai pada bulan April hingga bulan Mei 2015. Sampel uap diperoleh dari jalur pipa sebelum masuk *scrubber* dan sesudah keluar *scrubber* untuk kalorimeter jenis throttling, sedangkan pengukuran dengan kalorimeter jenis barel, sampel uap diambil dari *top valve* di kepala sumur.

III.2 Variabel

Variabel yang digunakan dalam penelitian terdiri dari dua, yaitu variabel tetap dan variabel berubah.

III.2.1 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang dibuat tidak berubah selama penelitian berlangsung. Adapun variabel – variabel tersebut adalah sebagai berikut :

- Tingkat kebasahan uap

III.2.2 Variabel Berubah

Variabel berubah adalah variabel yang divariasikan pada tiap penelitian agar didapat hasil yang diinginkan. Pada penelitian ini, variabel tersebut adalah sebagai berikut :

- Pengukuran dengan kalorimeter jenis *throttling*
- Pengukuran dengan kalorimeter jenis *barel*

III.3 Alat dan Bahan

III.3.1 Alat

Pada penelitian analisa tingkat kebasahan uap, digunakan kalorimeter jenis *throttling* dan kalorimeter jenis *barel*

III.3.1.1 Alat Untuk Menghitung Tingkat Kebasahan dengan Kalorimeter Jenis *Throttling*.

1. Kalorimeter jenis *throttling*
2. Isolasi.
3. Barometrik.
4. Termometer digital.
5. Kunci inggris
6. APD (Alat Pelindung Diri) secara lengkap.

III.3.1.2 Alat Untuk Menghitung Tingkat Kebasahan dengan Kalorimeter Jenis *Barel*.

1. Isolasi
2. Tangki air
3. Selang untuk *Top Valve*
4. Termoter raksa
5. Kunci inggris
6. Gelas ukur 1000 ml
7. APD (Alat Pelindung Diri) secara lengkap

III.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan:

1. Uap dari reservoir area kamojang sebagai bahan baku utama.
2. Air sebagai bahan baku penolong

III.4 Rancangan Pengukuran Tingkat Kebasahan Uap

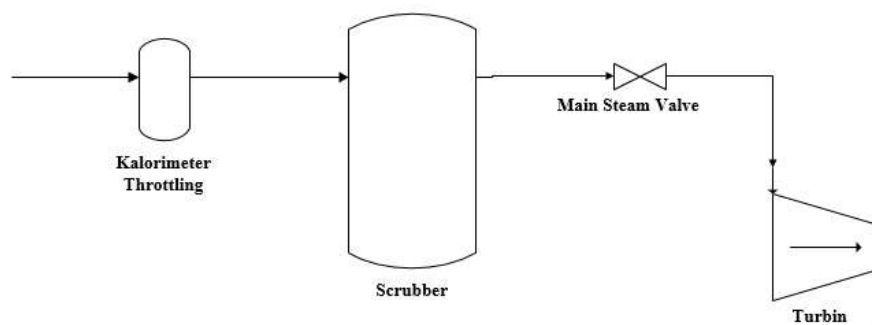
III.4.1 Tahap Preparasi

Pada tahap ini, mempersiapkan alat-alat untuk melakukan pengujian tingkat kebasahan uap seperti alat kalorimeter, air sebagai media pendingin yang ditampung di tangki air, termometer digital dan termometer raksa, dan alat-alat lainnya. Dalam melakukan penelitian tersebut juga diperlukan alat pelindung diri seperti yang diwajibkan oleh PT.Pertamina Geothermal Energi area Kamojang.

III.4.2 Tahap Penentuan Lokasi

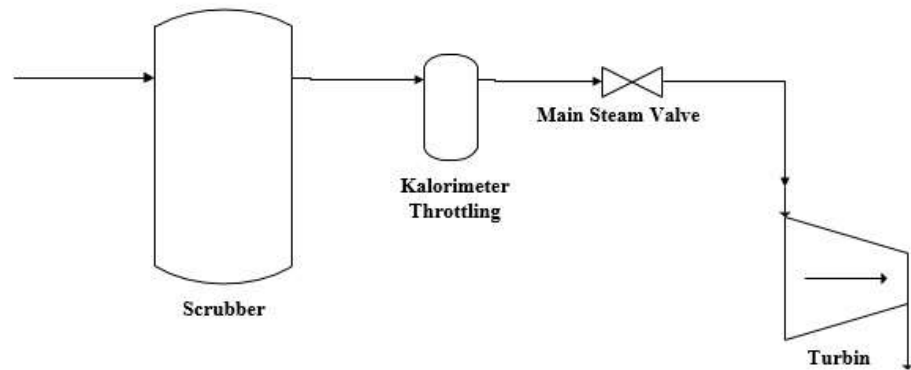
Penentuan lokasi untuk pengambilan data dalam pengukuran tingkat kebasahan, ada dua lokasi untuk melakukan pengukuran tingkat kebasahan uap, yaitu :

- Pengukuran dengan menggunakan kalorimeter jenis *throttling*, dilakukan di jalur pipa uap sebelum scrubber.



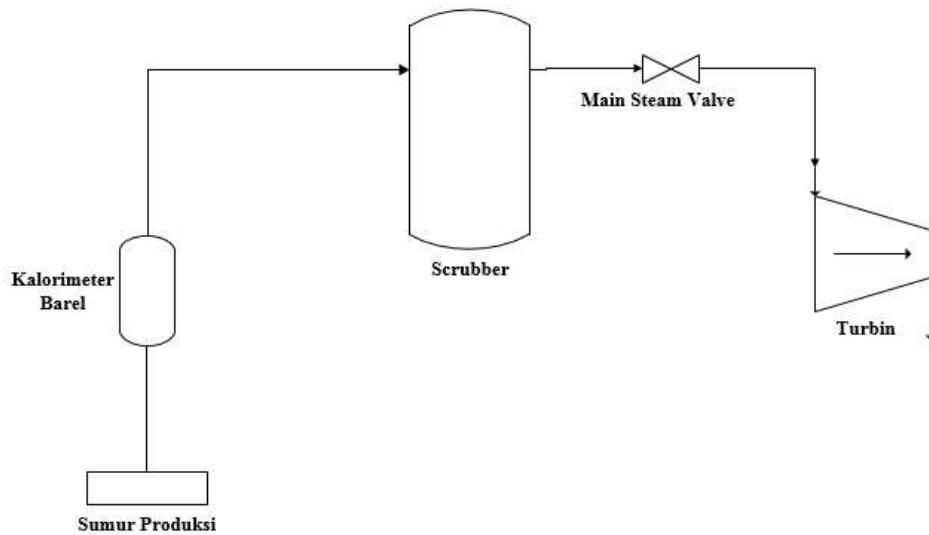
Gambar 3.1 Pengukuran Kebasahan Uap Sebelum *Scrubber*

- Pengukuran dengan menggunakan kalorimeter jenis *throttling*, dilakukan di jalur pipa uap sesudah scrubber.



Gambar 3.2 Pengukuran Kebasahan Uap Sesudah *Scrubber*

- Pengukuran dengan menggunakan kalorimeter jenis *barel*, dilakukan di jalur pipa di dekat kepala sumur, dengan menggunakan *Top Valve* yang sudah terpasang pada jalur pipa.



Gambar 3.3 Pengukuran Kebasahan Uap di Dekat Kepala Sumur

III.4.3 Tahap Pengukuran

Tahap pengukuran adalah tahap untuk memperoleh data-data yang di perlukan dalam pengukuran tingkat kebasahan.

III.4.4 Analisa Perhitungan Tingkat Kebasahan

Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan untuk pengukuran tingkat kebasahan, kemudian di lakukan perhitungan dengan menggunakan *steam table* dan prinsip *iso-enthalpy*.

III.5 Tahap Pengujian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dua kali dengan alat kalorimeter jenis yang berbeda, yaitu jenis *throttling* dan *barel*.

III.5.1 Pengukuran dengan Kalorimeter Jenis Thottling.

1. Mempersiapkan alat-alat yang akan di perlukan dalam pengukuran tingkat kebasahan
2. Buka katup untuk pengukuran tingkat kebasahan sebelum masuk ke *scrubber*, dan buka katup agar uap keluar dan bersih dari kondesat, lalu tutup kembali katup.
3. Pasang alat kalorimeter *throttling* pada katup tersebut dengan mengisolasikan katup terlebih dahulu
4. Sesudah terpasang buka kembali katup agar uap mengalir kedalam kalorimeter.
5. Pasang termometer digital pada alat kalorimeter
6. Gunakan termometer digital untuk pengukuran suhu maksimal pada uap tersebut
7. Setelah data-data di peroleh, tingkat kebasahan dapat di hitung.
8. Lanjutkan pengukuran pada katup pipa sesudah *scrubber*.



Gambar 3.4 Proses Pengukuran dengan Kalorimeter Jenis *Thortlling*.

III.5.2 Pengukuran dengan Kalorimeter Jenis *Barel*.

1. Mempersiapkan alat-alat yang akan di perlukan dalam pengukuran tingkat kebasahan
2. Letakan kalorimeter jenis *barel* pada tempat yang rata dan dekat dengan pipa uap.
3. Pasang termometer Hg pada lubang yang terletak di bagian bawah.
4. Isi kalorimeter jenis *barel* dengan air dari dalam tangki yang bersuhu $< 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai air keluar dari kerangan bagian atas, lalu tutup kerangan.
5. Tutup kalorimeter dan kencangkan tutupnya dengan kunci pas, dan sambungkan selang penghubung ke *top valve* di pipa.
6. Buka katup *top valve* dan uap akan mengisi kalorimeter yang sudah berisi air.
7. Amati suhu pada termometer, jika suhu sudah mencapai 55°C , tutup katup pada *top valve*
8. Buka kerangan bagian atas, lalu tampung air yang keluar dengan gelas ukur, lalu baca dan catat *volume* air yang keluar
9. Keluarkan air yang telah bercampur dengan uap, lalu ulangi selama tiga kali.



Gambar 3.5 Proses Pengukuran dengan Kalorimeter Jenis *Barel*.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Syarat utama untuk uap sebelum masuk kedalam turbin harus memiliki tingkat kebasahan yang rendah, maka dari itu uap harus di ukur tingkat kebasahannya. Tingkat kebasahan uap untuk masuk ke dalam turbin harus dibawah 0,1 %, syarat ini berdasarkan standar kualitas uap satu fasa (*dominated vapor*) yang ditentukan oleh PT Pertamina Geothermal Energi, syarat ini diadopsi dari New Zealand (Selandia Baru), karena New Zealand (Selandia Baru) merupakan pembangkit listrik energi panas bumi (pltp) terbaik dengan uap satu fasa (*dominated vapor*). Bila nilai kebasahan uap tinggi akan mengganggu kinerja sudu-sudu turbin untuk memutar generator dan menghasilkan energi listrik.

Hasil perhitungan yang dilakukan dari data-data yang dipeloreh dari hasil pengukuran tingkat kebasahan uap dengan dua jenis alat kalorimeter yaitu, sebagai berikut :

1. Tingkat kebasahan dengan kalorimeter jenis throttling (sebelum uap masuk kedalam scrubber).

Pada tekanan uap	= 1040 kPa
Suhu uap dalam pipa	= 457,75 K
Suhu barometrik saat pengukuran	= 368,36 K
Suhu yang didapatkan dari pengukuran	= 423,82 K

Dari hasil perhitungan, didapatkan hasil sebagai berikut:

H (entalpi berdasarkan tekanan)	= 2777,653 $\frac{KJ}{Kg}$
h (entalpi berdasarkan suhu barometrik)	= 2668,436 $\frac{KJ}{Kg}$
L (panas laten di <i>steam line</i>)	= 2007,474 $\frac{KJ}{Kg}$

Dengan demikian tingkat kebasahan uap (m) di PLTP 60 MW, sebelum uap masuk ke *Scrubber* sebesar -0,24 %.

2. Tingkat kebasahan dengan kalorimeter jenis throttling (sesudah uap masuk kedalam scrubber).

Pada tekanan uap = 1040 kPa

Suhu uap dalam pipa = 457,75 K

Suhu barometrik saat pengukuran = 368,36 K

Suhu yang didapatkan dari pengukuran = 422,71 K

Dari hasil perhitungan, didapatkan hasil sebagai berikut:

H (entalpi berdasarkan tekanan) = $2777,653 \frac{KJ}{Kg}$

h (entalpi berdasarkan suhu barometrik) = $2668,436 \frac{KJ}{Kg}$

L (panas laten di *steam line*) = $2007,474 \frac{KJ}{Kg}$

Dengan demikian tingkat kebasahan uap (m) di PLTP 60 MW, sebelum uap masuk ke *Scrubber* sebesar -0,129 %.

3. Tingkat kebasahan dengan kalorimeter jenis barel dilakukan tiga kali pengukuran.

Pada tekanan uap = 1776 kPa

Parameter	Simbol	Satuan	Rumus	Pengukuran			Rata-Rata
				1	2	3	
volume air awal	V_1	Liter		32.154	32.154	32.154	32.15
suhu air awal	T_1	°C		18.9	18.67	18.13	18.57
volume spesifik air awal	vf_1	cm ³ /gr		1.0019	1.0016	1.0011	1.00
berat air awal	W_1	Kg	$V_1 \times 1/vf_1$	32.093	32.103	32.119	32.10
entalpi air awal	hf_1	KJ/Kg	hf_1	79.262	78.301	76.043	77.87
energi air awal	H_1	KJ	$W_1 \times hf_1$	2543.76	2513.67	2442.40	2499.94
pertambahan volume	dV	Liter	dV	2.165	2.2	2.17	2.18
volume air akhir	V_2	Liter	$dV + V_1$	34.319	34.354	34.324	34.33
suhu air akhir	T_2	°C		52.83	52.5	52.87	52.73
volume spesifik air akhir	vf_2	cm ³ /gr		1.0138	1.0135	1.01387	1.01
berat air akhir	W_2	Kg	$V_2 \times 1/vf_2$	33.852	33.896	33.854	33.87
entalpi air akhir	hf_2	KJ/Kg	hf_2	221.086	219.7	221.254	220.68
energi air akhir	H_2	KJ	$W_2 \times hf_2$	7484.169	7447.039	7490.43	7,473.88
pertambahan berat	dW	Kg	$W_2 - W_1$	1.759	1.794	1.736	1.76
pertambahan energi	dH	KJ	$H_2 - H_1$	4940.41	4933.37	5048.03	4973.94
perubahan entalpi	ho	KJ/Kg	dH / dW	2808.933	2750.291	2908.238	2822.49

Berdasarkan tekanan uap dalam pipa sebesar 1776 kPa, dan melihat steam table didapatkan hasil sebagai berikut:

- $hg = 2794,52 \frac{KJ}{Kg}$
- $hf = 881,51 \frac{KJ}{Kg}$
- $hfg = 1913,01 \frac{KJ}{Kg}$

Dengan demikian, fraksi uap (x) dan tingkat kebasahan (wetness) sebagai berikut:

- *Fraksi uap (x)* = 101,4 %
- *Kebasahan uap (wetness)* = -1,4 %

Pada pengukuran dengan menggunakan kalorimeter jenis throttling hasil yang diperoleh, jauh lebih kecil dibandingkan pengukuran dengan kalorimeter jenis barel. Karena uap yang berasal dari katup langsung dialirkan ke dalam kalorimeter jenis throttling dan uap akan mengisi *chamber* pada kalorimeter jenis throttling, dan uap akan mengalir keluar tanpa perlu menggunakan media air pendingin terlebih dahulu, dengan air pendingin seperti pada pengukuran dengan kalorimeter jenis barel. Pada pengukuran tingkat kebasahan dengan kalorimeter jenis barel, hasil yang didapatkan lebih besar dibandingkan dengan pengukuran dengan kalorimeter jenis throttling, atau dapat dikatakan uap dalam fasa *superheated*.

Hasil pengukuran tingkat kebasahan uap dengan dua jenis kalorimeter yang berbeda ini, menghasilkan nilai tingkat kebasahan uap yang berbeda, dapat dilihat dari gambar 4.1



Gambar 4.1 Perbandingan Tingkat Kebasahan Kalorimeter Throttling dan Barel

Perbedaan besarnya tekanan uap dikarenakan adanya perbedaan lokasi pada pengukuran, pengukuran dengan kalorimeter jenis barel dilakukan dekat dengan lokasi kepala sumur, karena dari itu tekanan uap yang dihasilkan masih cenderung lebih besar dibandingkan saat pengukuran dengan kalorimeter jenis throttling yang lokasinya jauh dari kepala sumur dan mengakibatkan pengurangan tekanan dari *reservoir*. Pengurangan besarnya nilai tekanan dikarenakan uap dari *reservoir*, masih harus menempuh perjalanan yang cukup jauh untuk sampai ke separator dan uap akan kehilangan panasnya, karena bila melihat dari *steam table*, nilai tekanan uap berbanding lurus dengan nilai suhu uap, atau dapat dikatakan semakin besar nilai tekanan uap, semakin besar pula nilai suhu uap.

Hasil pengukuran tingkat kebasahan uap dengan kalorimeter jenis barel dan throttling didapatkan uap dalam kondisi sangat kering (*superheated*), maka uap tidak akan merusak kinerja dari sudu-sudu turbin untuk menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik. Dari hasil pengukuran tingkat kebasahan dengan kalorimeter jenis barel dan throttling didapatkan nilai tingkat kebasahan uap, yang masih dibawah ambang batas syarat uap untuk masuk kedalam turbin sebesar 0,1 %.

Namun pengukuran tingkat kebasahan uap dengan kalorimeter jenis barel dibutuhkan air yang banyak, sehingga tidak efisien dan terkesan boros air, karena sesudah pengukuran, air yang telah bercampur dengan uap harus dibuang untuk dilakukan percobaan sekali lagi, agar didapatkan hasil yang lebih akurat. Sedangkan pada pengukuran menggunakan kalorimeter jenis throttling, kita lebih menghemat air, karena tidak diperlukan air sebagai media pendingin untuk mendapatkan nilai tingkat kebasahan uap, dan proses pengukuran tingkat kebasahan uap dengan kalorimeter jenis barel membutuhkan waktu yang banyak.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Syarat utama uap untuk menggerakkan turbin dan memutar generator, dan membangkitkan energi listrik pada sistem pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) adalah tingkat kebasahan uap (*wetness*) dibawah 0,1 %, atau uap dalam kondisi sangat kering (*superheated*).

Kalorimeter dibutuhkan untuk menentukan tingkat kebasahan uap dan *enthalpy discharge*. Nilai tingkat kebasahan uap yang didapatkan pada saat pengukuran, dengan dua jenis kalorimeter yang berbeda, yaitu kalorimeter jenis barel dan kalorimeter jenis throttling menunjukkan uap masih dalam kondisi sangat kering (*superheated*) atau tingkat kebasahan uap masih dibawah syarat utama uap untuk menggerakkan turbin pada sistem pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) yaitu sebesar 0,1 %.

Hasil perhitungan yang dilakukan dari data-data yang dipeloreh dari hasil pengukuran tingkat kebasahan uap dengan dua jenis alat kalorimeter yaitu, sebagai berikut :

4. Tingkat kebasahan dengan kalorimeter jenis throttling
 - Sebelum uap masuk ke scrubber = - 0,24 %
 - Sesudah uap keluar dari scrubber = - 0,129 %
5. Tingkat kebasahan dengan kalorimeter jenis barel sebesar = - 1,41 %

Terjadi perbedaan hasil pada saat pengukuran tingkat kebasahan uap, dikarenakan adanya perbedaan lokasi pengukuran. Pengukuran tingkat kebasahan uap dengan menggunakan kalorimeter jenis barel dilakukan dekat dengan lokasi kepala sumur, sedangkan pengukuran tingkat kebasahan uap dengan menggunakan kalorimeter jenis throttling jauh dari lokasi kepala sumur atau lebih dekat dengan separator, hal ini menyebabkan terjadinya perbedaan besarnya tekanan pada saat dilakukannya pengukuran.

Hasil pengukuran tingkat kebasahan dengan kalorimeter jenis thorttling lebih kecil dibandingkan pengukuran dengan kalorimeter jenis barel, dikarenakan suhu uap mengalami penurunan karena adanya proses pencekikan (throttling), dan pada proses throttling semakin tinggi tekanan uap yang masuk ke dalam kalorimeter jenis throttling, maka jumlah air kondesat akan semakin tinggi juga. Uap yang masuk kedalam chamber pada kalorimeter jenis

throttling mengalami kehilangan panas, panas uap merambat pada lapisan luar kalorimeter throttling, yang ditandai dengan panasnya lapisan luar kalorimeter.

V.II SARAN

Setelah melakukan penelitian di PT.Pertamina Geothermal Energi area Kamojang, maka ada beberapa saran yang dapat kami berikan untuk PT.Pertamina Geothermal Energi area Kamojang, yaitu :

Pada proses pengukuran tingkat kebasahan dengan kalorimeter jenis barel.

- Melakukan perawatan pada alat pendukung pada pengukuran, yaitu selang penghubung dari *top valve* ke tabung kalorimeter. Karena masih ada uap yang lolos keluar dari sambungan *Top Valve* kedalam tabung kalorimeter, sehingga penambahan uap yang sebenarnya tidak dapat kita ketahui dengan tepat.
- Menjaga suhu air didalam tabung kalorimeter jenis barel tidak melebihi 55 °C, karena bila suhu air didalam tabung kalorimeter melebihi 55 °C, air yang ada didalam tabung kalorimeter akan menguap sebagian. Dengan demikian penambahan volume yang sebenarnya tidak dapat kita ketahui dengan tepat.

Pada proses pengukuran tingkat kebasahan dengan kalorimeter jenis throttling.

- Menambah ketebalan insulasi pada kalorimeter jenis throttling, agar panas uap tidak merambat ke lapisan luar permukaan kalorimeter jenis throttling.