



ANALISA *HEAT LOSS* DARI *SCRUBBER* SAMPAI KE *TURBIN* PADA LAPANGAN X PT.PGE AREA LAHENDONG

Dedy Kurniawan¹, Henk Subekti^{1*}

¹Teknik Produksi Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu, Indonesia

*E-mail: kurniawandedy612@gmail.com

ABSTRAK

Melalui analisa *Heat Loss* diketahui bahwa parameter yang dapat mempengaruhi kehilangan panas adalah *suhu* lingkungan, *nominal pipe sizing*, dan diameter dalam pipa. Semakin besar nilai NPS maka semakin besar nilai *heat loss* dan penurunan *temperature* yang terjadi sehingga nilai *temperature inlet turbin* semakin kecil dan sebaliknya jika semakin kecil nilai NPS maka semakin kecil nilai *heat loss* dan penurunan *temperature* yang terjadi sehingga nilai *temperature inlet turbin* semakin besar. dan melakukan perbandingan dengan simulai aplikasi Aspen Hysys, nilai *temperature* untuk NPS 20 dari aplikasi Hysys sekitar 171.5 °C dan actual nilai dari perhitungan microsoft excel sekitar 171.4 °C dan untuk NPS 18 aplikasi Aspen Hysys sekitar 170.9 °C actual perhitungan untuk NPS 171.0 °C, untuk NPS 16 Aspen Hysys 169.5 °C actual perhitungan NPS 16 sekitar 171.5 °C, untuk NPS 12 Aspen Hysys 160.7 °C actual perhitungan NPS Microsoft Excel 171.5 °C. Jadi setiap ukuran NPS yang disimulasikan ada terjadinya penurunan tekanan difaktori oleh ukuran NPS yang digunakan.

Kata kunci: *Heat loss, Scrubber, Turbin*

ABSTRAK

Heat Loss analysis results showed that the parameters that influence temperature reduction are environmental temperature, nominal pipe sizing, and pipe inner diameter. The greater the NPS value, the greater the heat loss value and temperature decrease that occurs so that the turbine inlet temperature value becomes smaller, and conversely, if the NPS value is smaller, the smaller the heat loss value and temperature decrease that occurs so that the turbine inlet temperature value increases. large. The comparison with the Aspen Hysys application simulation showed that the temperature value for NPS 20 from the Hysys application was around 171.5 C while the actual value from Microsoft Excel calculations was around 171.4 C. The NPS 18 value from the Aspen Hysys application was 170.9 °C, while the actual calculation for NPS was 171.0 °C, for NPS 16 Aspen Hysys 169.5 C actual NPS 16 calculation was around 171.5 C, for NPS 12 Aspen Hysys 160.7 C actual NPS calculation Microsoft Excel 171.5 C. So every simulated NPS size exists the occurrence of pressure reduction is factored by the NPS size used.

Keywords: *Heat loss, Scrubber, Turbin*

1. PENDAHULUAN

Pentingnya memahami kehilangan panas dalam proses dari scrubber hingga separator terletak pada efisiensi termal dan ekonomi operasional. Kehilangan panas yang tidak terkontrol dapat meningkatkan biaya energi dan mengurangi efisiensi keseluruhan proses. Oleh karena itu, analisis menyeluruh terhadap mekanisme kehilangan panas dari *scrubber* ke separator adalah kunci untuk memastikan desain sistem dapat mengoptimalkan penggunaan energi dan mencapai kinerja yang diharapkan.

Faktor-faktor seperti konduktivitas termal material, luas permukaan penukar panas, efisiensi peralatan, dan strategi kontrol termal harus dipertimbangkan untuk meminimalkan kerugian energi. Pemilihan material dan teknologi yang tepat juga penting untuk meningkatkan efisiensi proses dan mengurangi dampak lingkungan. Dengan mendalami pemahaman terhadap dinamika termal dalam konteks ini, dapat dikembangkan solusi yang lebih efektif dan berkelanjutan untuk industri, membawa manfaat signifikan dalam pengelolaan energi dan dampak lingkungan dalam jangka panjang.

Pengembangan panas bumi dapat dilakukan melalui pembangunan pembangkit listrik baru dan peningkatan efisiensi termal pada pembangkit yang sudah ada. PLTP Lahendong di Sulawesi Utara merupakan salah satu pembangkit yang menggunakan fluida panas bumi untuk membangkitkan listrik sejak tahun 2001. Namun, PLTP Lahendong menghadapi masalah disipasi panas (*heat loss*) dan perlu dilakukan analisis khusus untuk mengidentifikasi masalah kehilangan panas pada unit PT.PGE Area Lahendong.

Indonesia, yang berada pada zona subduksi atau *Ring of Fire*, memiliki potensi panas bumi yang besar. Italia telah menjadi contoh yang efektif dalam pemanfaatan energi panas bumi untuk pembangkit listrik dengan menggunakan uap panas bumi, meskipun po-

tensi yang dikelola baru mencapai 4% dari total potensi yang tersedia.[1]

Menurut data terbaru, PLTP Lahendong terdiri dari 10 klaster dengan total 36 sumur. Saat ini, PLTP tersebut telah mampu menghasilkan 80 MW tenaga listrik, yang setara dengan menyuplai sekitar 40% kebutuhan energi di Sulawesi Utara. Peralatan di Lahendong termasuk *wellhead, separator, scrubber, generator, cooling tower, demister, turbin sumur injeksi*, dan alat penukar kalor.

Pipa yang mengalirkan fluida dari *scrubber* ke turbin sangat penting dalam PLTP. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya *heat loss* pada pipa tersebut. Penelitian ini merupakan modifikasi dari penelitian sebelumnya dan membandingkan *heat loss* menurut perhitungan manual dengan *heat loss* aktual. Selain itu, penelitian ini juga membandingkan *heat loss* pada pipa dengan beberapa ukuran menggunakan aplikasi Aspen Hysys.

2. METODE

2.1 Data Penelitian

Variabel-variabel yang disebutkan dalam penelitian ini memiliki peran yang penting dalam analisis dan pengoptimalan proses industri, terutama terkait dengan kehilangan panas dalam sistem. Berikut adalah pembahasan untuk masing-masing variabel:

a. *Heat Loss* (Kehilangan Panas):

Variabel ini merupakan fokus utama dalam penelitian untuk memahami seberapa besar energi panas yang hilang dalam proses dari scrubber hingga separator. Kehilangan panas dapat dipengaruhi oleh konduktivitas termal material yang digunakan dalam konstruksi peralatan, luas permukaan penukar panas, serta efisiensi peralatan tersebut. Analisis terhadap kehilangan panas ini penting untuk mengoptimalkan desain sistem dan mengurangi konsumsi energi seperti ditampilkan pada Tabel 1 [1].

Tabel 1. Hasil Pengamatan di lapangan

No	Parameter Pengamatan	Hasil Pengukuran /Pengamatan	Satuan
1	Laju Alir Massa	330690	lb/h
2	Kapasitas Panas Total Temperatur (Mineral Wool)	0.199914015	BTU/lbF
3	Temperatur Masuk Turbin	340	F
4	Temperatur Lingkungan	64.4	F
5	Panjang pipa (L)	202.61	ft
6	Jari-Jari dinding dalam pipa(r_0)	0.958333335	ft
7	Jari-jari dinding luar pipa(r_1)	0.971033335	ft
8	Luas dalam Pipa (A_0)	2.88378	ft ²
9	Luas luar Pipa (A_i)	2.96072	ft ²
10	Temperatur keluar <i>Scrubber</i>	342	F
11	Koefisien konveksi brine (h_0)	881	btu/hft ² F
12	Koefisien Udara (h_i)	2	btu/hft ² F
13	Koefisien Konduksi bahan (K_{bahan}) (Mineral Wool)	0.3	Btu. In/h.ft ² .K

b. Laju Alir Massa

Laju alir massa mengacu pada jumlah massa fluida yang mengalir melalui sistem dari *scrubber* hingga separator. Variabel ini mempengaruhi laju perpindahan panas dalam sistem. Pemahaman yang baik terhadap laju alir massa memungkinkan pengaturan yang lebih tepat terhadap proses penukar panas untuk memaksimalkan efisiensi energi.

c. Temperatur Fluida Masuk

Temperatur fluida masuk ke dalam sistem memiliki dampak langsung terhadap efisiensi proses dan kehilangan panas. Semakin tinggi temperatur fluida masuk, semakin tinggi potensi untuk kehilangan panas jika tidak diatur dengan baik. Variabel ini sering kali menjadi target pengaturan dalam upaya untuk meminimalkan kerugian energi.

d. Temperatur Fluida Keluar

Temperatur fluida keluar dari sistem ada-

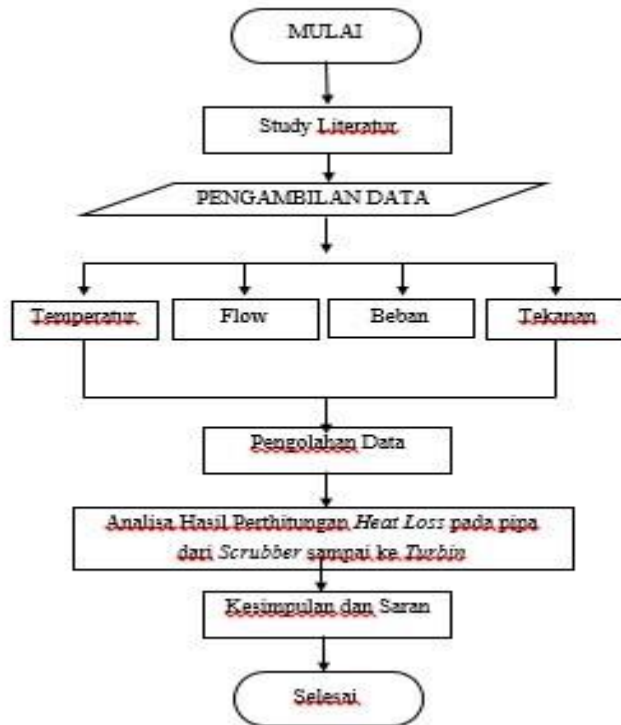
lah hasil dari interaksi dengan penukar panas dan proses lainnya. Pemantauan temperatur fluida keluar penting untuk mengevaluasi efisiensi proses dan untuk memastikan bahwa tujuan proses termal tercapai dengan baik.

e. Temperatur Lingkungan

Variabel ini mempengaruhi laju perpindahan panas antara sistem dengan lingkungannya. Temperatur lingkungan bisa menjadi faktor penentu dalam keefektifan sistem pendinginan atau penghangatan pada proses industri. Pengendalian terhadap temperatur lingkungan dapat membantu dalam mengurangi kehilangan panas yang tidak diinginkan.

Pembahasan mengenai variabel-variabel ini penting untuk mengidentifikasi interaksi dan pengaruhnya terhadap kinerja sistem secara keseluruhan. Dengan memahami karakteristik dan hubungan antar variabel ini, penelitian dapat menghasilkan rekomendasi yang

lebih baik dalam upaya meningkatkan efisiensi energi dan kinerja proses industri secara umum.[2]



Gambar.1 Diagram Alir Teknik Pengolahan Data

2.2 Prosedur Penelitian

Penelitian ini akan membahas tentang hasil pengukuran, pengamatan lapangan dan hasil pengolahan data sesuai dengan variable yang diteliti. Dalam penelitian ini, melakukan penelitian *Heat Loss* dari *Scrubber* sampai Turbin. Data yang diperoleh untuk penelitian ini adalah data pengamatan di lapangan. Mencari nilai *Heat Loss* yaitu dengan menggunakan persamaan (1), untuk menghitung persamaan tersebut peneliti menggunakan bantuan dari *Microsoft Excel* dengan cara memasukan data yang diperlukan [3].

$$Q_{loss} = \frac{(T_{in} - T_{ling})}{\frac{1}{A_{ihi}} + \frac{\ln(\frac{r_0}{r_i})}{2\pi L K_{Bahan}} + \frac{1}{A_{oho}}} \dots\dots\dots(1)$$

3. PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Skema produksi uap di industri panas bumi dimulai dari *wellhead* menuju ke *turbin*. Fluida yang diproduksi dari *wellhead* masih dalam kondisi 2 fasa yaitu *steam* dan *brine*. Kemudian fluida produksi dialirkan menuju ke separator untuk dipisahkan antara *steam* dan *brine*. Setelah itu, *steam* dialirkan menuju ke *scrubber* untuk dipisahkan kembali antara *steam* dan *brine* yang masih terikut. Selain itu, *scrubber* berfungsi untuk memastikan *steam* yang dialirkan menuju ke turbin benar-benar kering. [6] Tujuannya ya-

itu untuk memaksimalkan *temperature* yang masuk ke *turbin* masih tinggi karena semakin tinggi tingkat kekeringan uap maka semakin tinggi juga *temperature* uapnya. [4]

Pada lapangan X jalur uap dari *scrubber* menuju *turbin* memiliki panjang pipa yang lumayan panjang yaitu 202 ft. oleh karena itu perlu dihitung terjadinya penurunan *temperature* uap didalam pipa selama uap mengalir dari *scrubber* menuju ke *turbin*. Untuk mencari nilai penurunan *temperature*, harus menghitung terlebih dahulu *heat loss* yang terjadi, sehingga nanti bisa mendapatkan total penurunan *temperature* selama uap mengalir dari *scrubber* menuju ke *turbin* [5]. Untuk mencari nilai *Heat Loss* dari *Scrubber* sampai ke turbine data yang didapatkan untuk mencari *heat loss* merupakan data pengamatan dilapangan dapat dilihat dari Tabel 1. Rumus untuk menentukan jumlah *temperature*,

$$T_{out} = \frac{T_{in} - Q_{loss}}{m \cdot C_{p_{total}}} \dots\dots\dots(2)$$

Dalam menghitung terjadinya *Heat Loss* dalam pipa menggunakan beberapa parame-

ter, seperti nominal *pipe size*, *diameter* dalam *pipe*, *diameter* luar pipa ini sebagai *diameter* dalam dari jenis *insulator* yang digunakan, kemudian luas penampang dari pipa maupun *insulator*. Tabel 2 merupakan hasil perhitungan terjadinya penurunan *temperature* di dalam pipa NPS didapatkan hasil 0.73 °C. Hasil perhitungan total penurunan *temperature* dari *scrubber* menuju ke *turbin* tergolong mengalami penurunan yang kecil. Pada hasil perhitungan ini, didapatkan analisa yang cukup menarik bahwa *temperature* lingkungan yang digunakan dalam perhitungan ini diambil nilai yang cukup rendah pada kawasan lapangan X yaitu 18 °C.

Dengan mengambil *temperature* yang cukup rendah tersebut, penurunan *temperature* yang terjadi masih tergolong rendah, jadi membuat penelitian ini menarik karena secara teori semakin rendah *temperature* lingkungan akan memperbesar nilai penurunan *temperature* uap didalam pipa. Sehingga tertarik untuk menganalisa parameter lain yang dapat mempengaruhi nilai penurunan *temperature*.

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan pada Pipa NPS 20

Keterangan	Pipa			
	1	2	3	4
No	1	2	3	4
Pipa (inch)	20	18	16	12
NPS	20	20	20	20
Di (ft)	2	1,4375	1,2708	1,0075
Do (ft)	1,9421	1,5000	1,3333	1,0625
ri (ft)	0,9583	7188	0,635400	0,5038
ro (ft)	0,9710	0,7500	0,6667	0,5313
Ai (ft2)	2,883784731	1,662212891	1,267788632	0,796819159

Ao (ft2)	2,960724015	1,766250005	1,395555556	0,886191409
(T _{in} -T _{ling})	277,6	277,6	277,6	277,6
ln(ro/ri)	0,013165132	0,042559614	0,0489219	0,053152607
1/(A1.H1)	0,163976233	0,291513304	0,372989745	0,593449785
2.pi.L.K _{bahan}	394,4377762	394,4377762	394,4377762	394,4377762
1/(A0.H0)	0,000383316	0,000642544	0,00081322	0,001280641
Q _{loss}	1688,637133	949,8270062	742,3955011	466,6603607
Q _{loss} Total	1688,637133	949,8270062	742,3955011	466,6603607
Temperatur masuk turbin (F)	339,974457	339,9856325	339,9887702	339,9929411
Penurunan Temperature	0,025543007	0,014367467	0,011229774	0,007058893
Temperatur masuk turbin (C)	171,0969206	171,1031292	171,1048723	171,1071895

Tabel 3. Hasil penurunan suhu aktual pada pipa ukuran 20 inc dari scrubber sampai ke turbine

Kondisi Aktual	
Jalur	Nilai
Temperature Outlet Scrubber	172.2 °C
Temperatur Inlet Turbin	171.491 °C
Penurunan Temperature	0.731 °C

Pada tabel 3 menunjukkan perbandingan hasil perhitungan penurunan temperature dengan kondisi aktual. Nilai penurunan *temperature* secara actual lebih kecil daripada nilai penurunan *temperature* secara perhitungan yaitu sebesar 0.656 C. kemudian didapatkan juga

nilai error dari hasil perbandingan yaitu sebesar 1.27%. pada kondisi *actual* ini juga menggunakan *temperature* lingkungan sebesar 18 C. sehingga ini yang makin membuat menarik untuk *parameter* apa yang dapat mempengaruhi nilai penurunan *temperature*.

Untuk parameter yang diambil dalam penelitian ini untuk mengetahui parameter yang menentukan penurunan *temperature* ialah

nominal *pipe sizing*. pada kondisi *actual* pada lapangan X menggunakan nominal *pipe sizing* ukuran 20 inch.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Heat Loss pada Pipa NPS

Jalur	Pipa Sch 20	Pipa Sch 18	Pipa Sch 16	Pipa Sch 12
Temperature Outlet Scrubber	172.2 C	172.14 C	172.147 C	172.147 C
Temperatur Inlet Turbin	171.4 C	171.4830	171.4870 C	171.4847 C
Penurunan Temperature	0.74 C	0.7392	0.7351 C	0.7374 C
Heat Loss		950.079001 Kj/s	742.5691558 Kj/s	466.736321 Kj/s

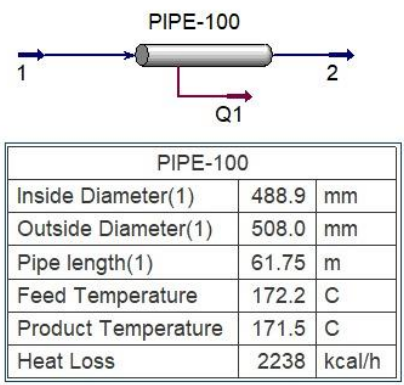
Tabel 4 merupakan hasil perhitungan *heat loss*. Dalam analisa ini menggunakan *NPS* 16, *NPS* 18, dan *NPS* 12. Sehingga nominal *pipe sizing* yang diambil ini lebih kecil dari kondisi *actual* yang menggunakan *NPS* 20. Analisa yang di ambil ini juga sama dengan kondisi *actual* yaitu digunakan dalam mengalirkan uap dari *scrubber* menuju ke *turbin*. Dimulai dari *NPS* 18 mendapatkan hasil penurunan temperature sebesar 0.7392 C, dengan diubahnya nominal *pipe sizing* mendapatkan perbedaan terjadinya penurunan nilai penurunan *temperature* yaitu dari 0.7454 C menjadi 0.7392 C dengan *temperature* lingkungan yang digunakan sama dengan kondisi *actual* yaitu 18 C.

Pada *NPS* 16 mendapatkan hasil penurunan temperature sebesar 0.7351 C, sedangkan untuk *NPS* 12 mendapatkan hasil penurunan *temperature* sebesar 0.7351 C. Hasil analisa ini didapatkan hasil penurunan nilai *temperature* terendah yaitu pada *NPS* 12. Kemudian untuk nilai penurunan *temperature* dengan nilai *temperature* yang masuk ke dalam turbin saling berkebalikan. Semakin kecil nilai penurunan *temperature*, maka semakin besar nilai *temperature* yang masuk ke *turbin*. Ke-

mudian selain pengaruh dari *temperature* lingkungan, penurunan *temperature* dipengaruhi juga oleh nominal *pipe sizing*. Nominal *pipe sizing* ini mempunyai ukuran diameter yang berbeda-beda, semakin besar *NPS pipa* maka semakin besar juga nilai diameter dalam pada pipa. Sehingga parameter yang dapat mempengaruhi nilai penurunan temperature yaitu dari ukuran diameter dalam pipa. Pada *NPS* didapatkan nilai penurunan temperature yang kecil, dengan diameter dalam pipa yaitu 1.0075 ft. pada penelitian ini untuk parameter yang dapat mempengaruhi nilai penurunan temperature yaitu nominal *pipe sizing* pada pipa, temperature lingkungan, ukuran diameter pada pipa.

3.2 Perbandingan Pencarian Manual *Miscrosoft Excel* dengan Simulasi Aplikasi *Aspen Hysys*

Input atau masukan nilai perhitungan *Miscrosoft Excel* kedalam aplikasi *Aspen Hysys*, setelah di input nilai perhitungan dari *Miscrosoft Excel* maka didapat hasil simulai perbandingan dari hasil perhitungan manual dengan menggunakan *Miscrosoft Excel* dan menggunakan aplikasi *Aspen Hysys*.



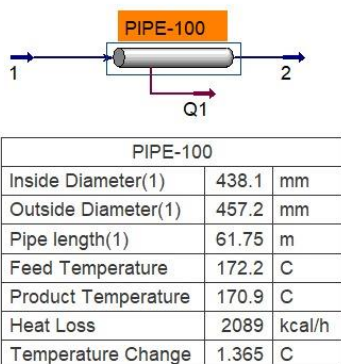
Gambar 2. Hasil Pencarian dengan Aplikasi Aspen Hysys dengan Ukuran NPS 20

Tabel 5. Hasil Perhitungan Manual Untuk NPS 2

Pipa Sch 20	
Jalur	Nilai
Temperature Outlet Scrubber	172.2 C
Temperatur Inlet Turbin	171.4 C
Penurunan Temperature	0.745414852
Heat Loss	1688.Kj/s

Dari Gambar 2 dan Tabel 5 bisa kita lihat untuk pengujian dari nominal pipa 20 inc manual dan input simulasi aspen hysys terdapat perbedaan antara nilai product temperature untuk yang di aplikasi aspen hysys didapat sekitar

171.5 C dan nilai *Heat Loss* sekitar 2238 Kj/h sedangkan perhitungan manual didapatkan nilai Product Temperatur sekitar 171.4 C dan *Heat Loss* 1688. Kj/s .



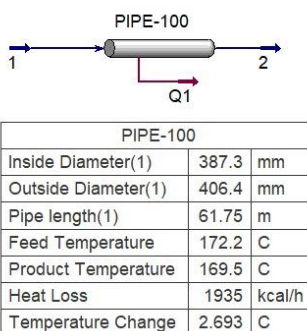
Gambar 3. Hasil Simulasi di Aplikasi Aspen Hysys NPS 18

Tabel 6 Hasil Perhitungan Manual Untuk NPS 18

Pipa Sch 18	
Jalur	Nilai
Temperature Outlet Scrubber	172.2 C
Temperatur Inlet Turbin	171.4 C
Penurunan Temperature	0.73 C
<i>Heat Loss</i>	950.07Kj/s

Dari hasil tabel 6 dan gambar 3 bisa kita liat untuk pengujian dari nominal pipa 18 inc manual dan input simulasi aspen hysys terdapat perbedaan antara nilai product temperature untuk yang di aplikasi aspen hysys di

dapat sekitar 170.5 C dan nilai *Heat Loss* sekitar 2089 Kj/s sedangkan perhitungan manual didapatkan nilai Product Temperatur sekitar 171.4 C Penurunan Temperature 0.73 C dan *Heat Loss* 950.07. Kj/h .



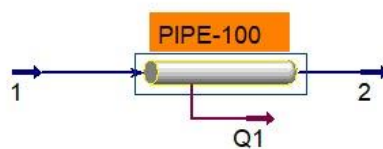
Gambar 4 Hasil Simulai Aspen Hysys NPS 16

Tabel 7 Hasil Perhitungan Manual Untuk NSP 16

Pipa Sch 16	
Jalur	Nilai
Temperature Outlet Scrubber	172.2 C
Temperatur Inlet Turbin	171.4 C
Penurunan Temperature	0.73 C
<i>Heat Loss</i>	742.5 Kj/s

Dari hasil gambar 4 dan Tabel 7 bisa kita liat untuk pengujian dari nominal pipa 16 inc manual dan input simulasi aspen hysys terdapat perbedaan antara nilai product temperature untuk yang di aplikasi aspen hysys di

dapat sekitar 169.5 C dan nilai *Heat Loss* sekitar 2089 Kj/s sedangkan perhitungan manual didapatkan nilai Product Temperatur sekitar 171.4 C , Penurunan Temperature 0.73 C dan *Heat Loss* 950.07. Kj/h .



PIPE-100		
Inside Diameter(1)	307.1	mm
Outside Diameter(1)	323.9	mm
Pipe length(1)	61.75	m
Feed Temperature	172.2	C
Product Temperature	160.7	C
Heat Loss	1658	kcal/h
Temperature Change	11.55	C

Gambar 5. Hasil Simulai Hysys Aspen NPS 12

Tabel 8 Hasil Perhitungan Manual NPS 12

Pipa Sch 12	
Jalur	Nilai
Temperature Outlet Scrubber	172.2 C
Temperartur Inlet Turbin	171.4 C
Penurunan Temperature	0.73 C
<i>Heat Loss</i>	466.73Kj/h

Dari hasil tabel 8 dan gambar 5 bisa kita liat untuk pengujian dari nominal pipa 12 inc manual dan input simulasi aspen hysys terdapat perbedaan antara nilai product temperature untuk yang di aplikasi aspen hysys didapat sekitar 160.7 C dan nilai *Heat Loss* sekitar 1658 Kj/s sedangkan perhitungan manual didapatkan nilai Product Temperatur sekitar 171.4 C. Penurunan temperature 0.73 C dan *Heat Loss* 466.73. Kj/h, dari perban-

dingan pencarian manual dan aplikasi aspen hysys Jadi setelah melakukan perbandingan antara perhitungan manual dan *Aspen Hysys* disetiap ukuran size pipa dari yang actual 20 , dan ukuran perbandingannya dengan ukuran 18, 16, dan 12 di dapatkan banyak perbedaan antara perhitungan manual dan simulai dengan aplikasi *aspen hysys* dan perbedeaanya itu terleak dari temperature dan hasil *heat loss* yang didapatkan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dalam penelitian ini, beberapa kesimpulan dapat ditarik sebagai berikut:

1. Kehilangan Panas dan Penurunan

Temperatur

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kehilangan panas yang terjadi dalam proses dari scrubber hingga turbin adalah sebesar 1688.6 Kj/s. Penurunan temperatur dari inlet turbin adalah sebesar 0.74°C. Hasil perbandingan dengan kondisi aktual

menunjukkan adanya deviation error sebesar 1.94%, yang menunjukkan adanya perbedaan antara hasil perhitungan dengan kondisi yang sebenarnya.

2. Pengaruh NPS (Nominal Pipe Sizing):
Variasi dalam NPS (18, 16, dan 12) memberikan hasil yang berbeda dalam kehilangan panas dan penurunan temperatur. NPS yang lebih besar (NPS 18) menunjukkan kehilangan panas yang lebih tinggi (949.82 Kj/s) dibandingkan dengan NPS yang lebih kecil (NPS 12 dengan 466.66 Kj/s). Hal ini juga berpengaruh pada penurunan temperatur, di mana NPS yang lebih besar menghasilkan penurunan temperatur yang lebih signifikan.
3. Parameter yang Mempengaruhi:
Berdasarkan analisis, parameter seperti temperatur lingkungan, nominal pipe sizing (NPS), dan diameter dalam pipa memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan temperatur dalam proses. Semakin besar nilai NPS, semakin besar kehilangan panas dan penurunan temperatur yang terjadi, yang pada gilirannya mempengaruhi nilai temperatur inlet turbin.
4. Perbandingan dengan Simulasi Aspen Hysys
Setelah dibandingkan dengan simulasi menggunakan Aspen Hysys, terdapat perbedaan seperti deviation error yang menunjukkan ketidaksesuaian antara hasil perhitungan dan simulasi. Terdapat juga perbedaan dalam jumlah temperatur yang tercatat, menunjukkan adanya variabilitas antara hasil eksperimental dan prediksi simulasi.
5. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan pemahaman mendalam tentang dinamika termal dalam sistem dari scrubber hingga turbin, serta menyoroti pentingnya parameter seperti NPS dalam mengelola

kehilangan panas dan penurunan temperatur dalam proses industri. Hasil analisis dan perbandingan dengan simulasi menunjukkan bahwa meskipun terdapat perbedaan, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan operasional dalam penggunaan energi termal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Mulyana, C., Aswad H. Saad, Nasrudin. (2014). Perhitungan Heat Loss pada pipa transmisi uap di PLTU Cilacap Ditjen EBTKE Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2012), Profil Potensi Panas Bumi Indonesia.
- [2]. Muntolib, & Rusdiyantoro. (2014). Analisa Bahan Isolasi Pipa Saluran Uap Panas Pada Boiler untuk Minimalisir Heat Loss. Jurnal Teknik Waktu, Vol. 12, No. 02.
- [3]. Muson, Bruce R., Young, Donald F., Okishi, Theodore H. (2005). Mekanika Fluida Edisi Keempat Jilid 1 & 2. Terj. Harianaldi Budiarso. Jakarta: Erlangga.
- [4]. Purwaningsih, F., Abdurrahman, G. (2016). Geothermal Brine, From Waste to Alternative Thermal Energy Source.
- [5]. Kreith, Frank; Manglik, Raj M., Bohn, Mark S. (2003). Principles of Heat Transfer. Seventh Edition. Cengage Learning, Stamford.
- [6]. Russell, James. Heat Loss dan Pressure-drop Balance for Geothermal Steam Transmission.
- [7]. Saptaji, N. M. (2001). Teknik Panas Bumi. Bandung: Institut Teknologi Bandung (ITB).
- [8]. Kreith, Frank; Manglik, Raj M., Bohn, Mark S. (2003). Principles of Heat Transfer. Seventh Edition. Cengage Learning, Stamford.
- [9]. Incropera, Frank P., DeWitt, David P. (1990). Fundamentals of Heat and Mass Transfer. John Wiley & Sons, Inc.
- [10]. Science. (1989). Heat Transfer Principles in Engineering. Retrieved from <https://www.pirobloc.com/en/blog-en/heat-transfers-principles-engineering/>